

최 종
연구보고서

성페로몬을 활용한 사과해충들의
발생예찰과 방제체계 개발

Development of strategies for monitoring
and control of lepidopteran apple insect
pests with their sex pheromones.

사과해충들의 성페로몬 기초연구 및 발생예찰 모형 수립
Basic research on sex pheromone composition and
construction of predictional models for apple pest
insects

성페로몬을 이용한 사과해충종합관리의 실용화방안 연구
Practical use of sex pheromone for integrated pest
management of apple pest insects

연 구 기 관

서울대학교 농업생명과학대학
원에연구소 대구사과연구소

농 립 부

제 출 문

농림부 장관 귀하

본 보고서를 “성페로몬을 활용한 사과해충들의 발생예찰과 방제체계 개발” 과제의 최종보고서로 제출합니다.

2001. 10. 31.

주관연구기관명: 서울대학교
총괄연구책임자: 부 경 생
연 구 원: 임 명 순
연 구 원: 김 동 순
연 구 원: 한 경 식
연 구 원: 최 경 희
협동연구기관명: 대구사과연구소
협동연구책임자: 이 순 원

요 약 문

I. 제 목

성페로몬을 활용한 사과해충들의 발생예찰과 방제체계 개발

II. 연구개발의 목적 및 중요성

사과는 주요 경제작물로서 무역자유화 시대에 세계 주요 생산국과 경쟁하기 위해서는 고품질의 안전한 사과를 생산해야 하며 지속 가능한 사과 생산을 위해서는 친환경적인 재배 및 병해충의 방제와 생산비용의 절감 등이 필요하다. 그러나 지금까지 사과과수원에서 해충을 방제할 때 가장 큰 문제점은 해충의 발생시기와 발생량과는 무관하게 관행적으로 약제를 살포함으로써 약제살포 횟수가 증가한다는 점이다. 현재 사과해충을 방제하기 위하여 유기합성살충제를 살균제와 살비제 등과 섞어 해충들의 발생정도를 고려하지 않고 과다 살포하고 있다(년 간 살충제 10회, 살비제 5~6회, 살균제 13~14회). 살충제 살포에만 의존하는 해충방제는 잔류독성에 의한 인축독성, 호르몬 교란물질로서의 환경오염, 천적생태계의 파괴, 약제저항성의 유발 및 잠재해충의 주요 해충화 등 여러 가지 문제들을 야기한다. 현재 사과원에서 가장 문제시되는 응애류가 대표적인 경우로서 살충제의 남용으로 천적이 사라지자 곧 바로 문제해충으로 등장한 것이다. 이러한 살충제 사용의 부작용을 줄이기 위해 병해충종합관리(Integrated Pest Management/IPM) 개념이 도입되었다. 특히, 1992년 국제환경회의에서 합의한 리오선언에 따라 각국은 환경농업 실천을 위하여 농약사용을 50% 이상 절감하는 방안을 마련하여 제시하고 실천하여야 되었다. 우리나라는 2004년까지 1993년 기준으로 농약사용을 30% 절감한다는 목표를 설정하였고, 사과에서는 2010년까지 농약 사용량을 50% 절감하는 세부 목표가 되어 이러한 목표달성을 위한 방안으로 IPM이 제시되

었다.

IPM의 가장 중요한 선행요건은 방제가 필요한지, 필요하다면 언제 방제를 해야하는지를 결정하기 위해 해충들의 발생상황을 정확히 조사하는 일이다. 최근 널리 주목받고 있는 발생예찰 방법은 끈충의 성페로몬을 이용한 발생예찰법으로 성페로몬을 이용한 해충관리는 강력하고 경제적이고 환경오염이 없으며, 천적을 죽이지 않고 대상 해충만 포획하는 장점들이 있다.

사과의 주요 나비목 해충들은 과실을 직접 가해하는 심식충류로 경제적 피해가 매우 크며 사과수출 시 검역대상 해충인 복숭아심식나방(*Carposina sasakii*), 복숭아순나방(*Grapholita molesta*), 및 복숭아명나방(*Dichocrocis punctiferalis*)과 사과잎을 가해하며 상시 대발생하는 해충들인 사과굴나방(*Phyllonorycter ringoniella*)과 은무늬굴나방(*Lyonetia prunifoliella*), 및 잎을 가해하는 동시에 과실 표면에도 피해를 주는 사과애모무늬잎말이나방(*Adoxophyes orana*)과 사과무늬잎말이나방(*Archippus breviplicanus*)으로, 이들의 방제를 위하여 매년 많은 양의 살충제가 처리되고 있어 재배농가의 경제적 부담이 커지고 있다. 따라서 이들 7종의 나비목 해충 모두를 대상으로 성페로몬 연구와 예찰체계를 정립하여야 실질적으로 해충발생예찰을 이용한 살충제 절감을 포함한 친환경 사과재배라는 목표가 달성될 수 있다. 또한 성페로몬을 해충의 발생예찰 도구로 이용하는 예방적 개념에서 더 나아가 성페로몬의 종 특이적 통신기능을 이용하는 교미교란 방제방법이 여러 나라에서 해충을 실제 방제하는데 활용되어 우수한 방제효과를 나타내었고 환경 친화적인 농생태계 유지라는 측면에서 주목받고 있고 특히, 친환경 농업으로 추진하고 있는 병해충 종합관리(IPM)와 과실종합생산(IFP) 체계에 있어서 농약을 획기적으로 절감하고 옹애류의 생물적 방제를 가능케 하는 핵심기술로 이용되고 있다. 따라서 성페로몬을 이용한 발생예찰로 살충제 사용을 절감하고, 이에 더 나아가 성페로몬을 이용하여 교미교란을 실시하여 해충을 방제하여

살충제 사용을 획기적으로 줄이는 것이 국내에 적용해야할 핵심적인 친환경 해충방제기술이다.

Ⅲ. 연구개발 내용 및 범위

이상의 연구 목적을 달성하기 위해 첫째, 아직까지 국내에서 성페로몬 연구가 전혀 없는 사과애모무늬잎말이나방과 은무늬굴나방(연구 목표 외 추가), 그리고 연구가 미비한 복숭아명나방의 성페로몬 조성과 활성을 밝혀 사과를 가해하는 나비목 주요 해충 7종의 각각의 성페로몬 조성을 확립하여 예찰 및 교미교란에 적용이 가능하도록 하였다. 둘째, 실제로 농가에서 성페로몬을 이용하기 위한 발생예찰체계를 확립하기 위한 하드웨어로 예찰용 성페로몬과 트랩의 이용성을 검정하였고 성페로몬의 국내제조체계 및 트랩자재를 국산화하며 대량생산과 보급체계를 수립하였다. 또한 성페로몬을 이용한 발생예찰체계를 운영하는 프로그램(소프트웨어)으로 해충발생량의 정량적 평가 및 예찰발생모형을 작성하여 방제 필요성과 방제적기를 판단하도록 하였다. 셋째, 나방류의 발생량과 발생소장 조사, 발생예찰 체계의 확립 시험 및 성페로몬 발생예찰에 의한 농약절감과 방제효율의 향상에 관한 조사 등을 실시하였고 제작된 성페로몬 미끼와 트랩을 농가에 보급, 사용하여 개별 농가에서 해충 발생 상황을 직접 조사하도록 하였으며 발생예찰 자료에 근거해 해충을 방제하도록 하였다. 넷째, 우리나라 사과원에서 나방류에 대한 성페로몬 교미교란 방제 가능성을 검증하고, 농약절감 효과를 구명하기 위하여, 사과굴나방에 대한 교미교란 시험을 실시하였으며 또한 과제 목표 외에 추가로 사과 과실을 가해하여 경제성을 직접적으로 감소시키는 심식충류인 복숭아순나방, 복숭아심식나방과 과실 표면을 가해하는 사과애모무늬잎말이나방이 실질적으로

해충 방제에 중요하였기에, 이들 해충을 대상으로 교미교란 시험을 실시하였다.

이러한 일련의 연구의 목적은 성페로몬을 활용한 해충의 발생예찰과 그 결과에 따른 방제 결정 시스템을 구축하여 이용하며, 성페로몬을 해충방제 수단으로 적절하게 사용하여 살충제 사용을 획기적으로 절감할 수 있도록 하는 것이다. 그 결과 해충방제 비용(시간, 노동력, 금액)이 절감되고 안전한 농업 생산물을 생산할 수 있고 더 나아가 농업생태계가 회복되어 웅애류와 진딧물류는 천적을 이용한 생물학적 방제로 경제적 피해허용 수준 이하의 밀도로 관리할 수 있을 것으로 기대된다.

IV. 연구개발결과 및 활용에 대한 건의

1. 연구개발결과

가. 사과주요해충의 성페로몬 성분 동정 및 조성 규명

1. 사과에모무늬잎말이나방의 성페로몬 조성을 연구해 본 결과, (*Z*)11-tetradecenylacetate와 (*Z*)9-tetradecenylactate이 95:5의 비율로 구성되어 있고 이 조성으로 발생예찰이 가능함을 확인하였다.

1. 은무늬굴나방의 성페로몬 조성연구 결과, 10,14-dimethyloctadec-1-ene만이 수컷성충에게 유인력이 있었고 이 성분의 네 가지 광학이성질체 중 SS형편이 유인력이 있었다. 그러나 10,14-dimethyloctadec-1-ene의 이성질체 혼합체로도 많은 수의 수컷성충이 유인되었고 2개월간 사용을 위해 약 100ug가 적절한 것으로 나타났다.

3. 복숭아명나방 예찰용 성페로몬 조성은 두 성분 (*E*)10-hexadecenal와

(Z)10-hexadecenal이 75:25의 비율일 때 유인력이 높다는 것이 확인되었고, 성페로몬샘 추출물에서 발견되는 hexadecenal은 성페로몬 활성이 없었다. 상기 조성을 이용하면 실제 농가에서 복숭아명나방 발생예찰이 가능한 것으로 여겨지며 종래 발생예찰 수단인 유아등에 비해 비용과 편리성에서 우수한 것으로 판단된다

나. 성페로몬을 이용한 발생예찰체계의 확립과 대량보급체계의 수립

1. 복숭아심식나방, 복숭아순나방, 사과굴나방, 복숭아명나방, 사과애모무늬잎말이나방, 사과무늬잎말이나방, 및 은무늬굴나방을 예찰하기 위한 성페로몬 미끼를 국내에서 제작하여 사용하였으며 트랩도 국산을 제작하여 효율을 검증한 후 수입품을 대체하였고 각 연구기관에서 성페로몬 미끼와 교미교란용 성페로몬 방출제를 제조할 수 있도록 전 제조과정을 확립하여 공개하였다.

3. 예찰체계의 운영기반인 발생량과 피해수준에 대한 발생예찰 모델을 작성하므로 개별 농가 단위에서도 방제여부를 판단할 수 있도록 하였고, 방제시 방제적기를 추정할 수 있도록 하였다

다. 성페로몬을 활용한 사과원 해충 종합관리 타당성 평가

1. 성페로몬을 이용한 발생예찰법과 이를 근거로 한 방제체계를 실용화하기 위하여 실제로 사과원에서 문제되는 7종 나비목 해충들에 대한 발생예찰 성페로몬 트랩을 1997년부터 2001년 동안 주산단지 사과원에 보급하고 예찰에 필요한 기술에 대한 대농민 교육 및 훈련을 실시하여, 이들 해충의 시기별 발생밀도와 과실의 피해정도 및 농민의 성페로몬 트랩 활용 의견과 방제 실태를 조사하였다. 또한 해충 발생량에 대한 정보를 공유하고 해석할 수 있도록 발생예찰 결과의 입력프로그램을 전산망을 통해 운영하였으며 방제여부

판단과 방제적기 산정 프로그램을 보급하였다. 그 결과, 관행방제 사과원의 평균 농약살포 회수는 살충제 10.3회, 응애약 4.5회였으나, 성페로몬 트랩 이용 예찰방제 사과원에서는 살충제 7.5회, 응애약 3.5회로 감소하여 방제효율도 높이고 살충제도 3~4회 이상 절감할 수 있음이 입증되었고, 농가 소득증대효과면에서도 살충제 방제비용 절감과 병해충 방제에 의한 생산수량 증가뿐 아니라 생산과실이 '저농약품질인증'을 받음으로서, 사과 가격을 관행재배 농민들이 받는 1,110원/kg보다 훨씬 높은 1,500원/kg 정도를 받아 이로 인한 추가 소득증대가 가능하였다.

2. 성페로몬을 이용한 교미교란 방제시험 결과, 사과 잎을 가해하는 사과굴나방은 처리 면적이 1,000평 미만으로 적었던 1997년과 1998년에는 방제효과가 적었으나, 계속되는 실험으로 1999년부터 2001년까지 군위지역의 동일 사과원에서 연속하여 시험하였을 경우나 처리면적이 3,000평 이상으로 넓었던 경우에는 교미교란 방제효과가 있었다. 또한 사과 과실을 가해하여 경제성을 직접적으로 감소시키는 심식충류인 복숭아순나방과 복숭아심식나방, 및 과실 표면을 가해하는 사과애모무늬잎말이나방을 대상으로 교미교란 효과를 검증한 시험은 과제 목표 외에 추가로 실시하였음에도 관행방제 사과원에 비해 방제 효과가 높은, 분명한 교미교란 효과를 얻어 연 1회에서 3회 정도의 살충제 살포만으로도 사과를 정상적으로 생산할 수 있어 교미교란 방제 가능성을 검증하였다.

2. 활용에 대한 건의

1. 과수농가의 해충방제 시, 성페로몬을 이용한 예찰 결과를 활용하는 신진 농업관리체계로 전환을 위한 지속적으로 시범사업을 추진.
2. 성페로몬을 이용한 해충관리방식으로 생산된 사과과실에 대한 인증 및 품질관리 제도의 확립.

3. 성페로몬 예찰용 미끼와 교미교란용 방출제의 산업적인 생산 체계 수립.
4. 성페로몬을 이용한 교미교란 방제와 같은 환경친화적인 해충 방제 방법의 보급 확대.
5. 지속방출형 교미교란 방출제 제조를 위한 재질과 구조에 대한 공동연구 추진.
6. 각 사과원 특성에 따라 교미교란 방제 외에 대량포획(mass trapping) 또는 유인치사(lure and kill) 방법의 도입에 대한 효과 검정연구.
7. 농약사용 절감에 대체하여 천적, 미생물살충제 이용 등 살충제 이외의 다른 해충방제 방법의 개발.
8. 성페로몬을 교미교란제 농약으로 등록 시 생물농약으로 등록할 수 있는 등록간편화의 필요성 검토.
9. 사과원 주변지역이 사과원 해충발생에 미치는 영향을 평가하여 주변지역의 관리와 농가간의 공동 관리 유도.
10. 해충 발생 정보수집원으로 성페로몬을 이용하는 과수농가의 활용.
11. 성페로몬을 활용한 예찰과 교미교란 등 직접 방제로 살충제 절감을 지속적으로 유도.
12. 예찰자료의 인터넷 입출력프로그램을 활용한 온라인 방제지도 모델의 확대개발과 보급.
13. 복숭아, 배, 감, 배 등 타 과실작물의 해충관리 방법으로 페로몬의 적용 가능성 검토.
14. 수출단지의 검역대상 해충발생에 대한 수출요구자료 작성 및 수입농산물에 대한 무역장벽으로 이용.

SUMMARY

Title: Development of strategies for monitoring and control of lepidopteran apple insect pests with their sex pheromones.

In Korea, a lot of organic synthetic insecticides are sprayed, almost regularly and unconsciously, in apple orchards every year, without consideration of the amount and time of insecticide spraying due to the lack of tools for proper monitoring of the insect pests, to control major apple insect pests, such as the Oriental fruit moth (*Grapholita molesta*), the peach fruit moth (*Carposina sasakii*), & the yellow peach moth (*Dichocricis punctiferalis*) damaging fruits, two leafminers of the apple leafminer (*Phyllonorycter ringiniella*) & the apple lyonetid (*Lyonetia prunifoliella*), and two leafrollers of the summer fruit tortrix (*Adoxophyes orana*) & the Asiatic leafroller (*Archippus breviplicanus*) attacking apple leaves and fruits. This research, therefore, was conducted to develop the strategies for monitoring and control of these apple insect pests with their sex pheromones, in order to reduce a great amount of pesticide to be sprayed.

First, we have investigated sex pheromone composition of *A. orana*, *L. prunifoliella* and *D. punctiferalis*. The sex pheromone of *A. orana* was found to be composed of *Z*11-tetradecenyl acetate and *Z*9-tetradecenyl acetate, with the ratio of 95:5. And sex pheromone chemicals of *L. prunifoliella* was investigated for their stereochemistry, after finding of three different components including the major component of

10,14-dimethyloctadec-1-ene. The *S,S*-isomer among 4 stereoisomers of 10,14-dimethyloctadec-1-ene was only active in attracting *L. prunifoliella* males. The sex pheromone composition of *D. punctiferalis* was 75:25 between *E*10-hexadecenal and *Z*10-hexadecenal, but hexadecanal showed no activity, even though it was found to be present in her pheromone gland extract. This sex pheromone lure was much more effective in monitoring the moth population than the light trap was.

Second, trap efficiency on monitoring was tested and predictional models were constructed. *C. sasakii* males caught in pheromone trap increased with increasing doses of pheromone and the lure having about 1.5mg was good enough in attracting *C. sasakii* males for 30 to 40 days. An oviposition model of *C. sasakii* was constructed to predict the fruit damage through trap catches based on temperature-dependent development of adults. Three temperature-dependent components, age-specific oviposition rate, total fecundity, and age specific survival rate, were incorporated into the oviposition model. The prediction of fruit damage was carried out under a defined area of 0.22ha. Actual number of females was estimated using the weight values based on trap efficacy, and then the female numbers were used to calculate total egg population by the oviposition model. The total egg numbers were converted to the percentage of fruit damaged from the relationship between the mean egg density per fruit and egg-infested fruits. Model outputs were accurately fitted with actual data. The model output showed spray timing at the trap catch of 7.3 males during 5 to 10 days at 20°C when an economic threshold was 1.0% of damaged fruit.

G. molesta males caught in pheromone trap decreased with increasing doses of pheromone, and showed a plateau at 1.0mg. The lure of 1.0mg kept its attractivity up to 50 days after trap installation. Accumulative degree-days from January 1 to the first adult emergence(biofix) were 46.7DD at the base temperature of 8°C. Thus *G. molesta* trap placement at 20DD was recommend in order to monitor the first adult. The degree-days from the first biofix to the first adult peak and the first egg peak (overwintering generation) were 108.4DD and 166.8DD, respectively. The first egg peak date was met with the first egg hatch date. In the first generation, adult peak timing was coincided with the egg peak. Thus *G. molesta* spray timing was recommended at 166.8DD from biofix for overwintering generation and adult peak dates for later generations.

Third, field monitoring was conducted for seven major fruit moths using the sex pheromone traps. The compositions of sex pheromones for monitoring were Z8-dodecenyl acetate : E8-dodecenyl acetate : Z8-dodecenol (95:5:1) for *G. molesta*, Z7-eicosen-11-one only for *C. sasakii*, Z10-tetradecenyl acetate : E4,Z10-tetradecadienyl acetate (4:6) for *P. ringiniella*, Z11-tetradecenyl acetate : Z9-tetradecenyl acetate (95:5) for *A. orana* and E11-tetradecenyl acetate : Z11-tetradecenyl acetate (7:3) for *A. breviplicanus*, 10,14-dimethyloctadec-1-ene for *L. prunifoliella* and E10-hexadecenal and Z10-hexadecenal (75:25) for *D. punctiferalis*. To distribute sex pheromone lure for monitoring and pheromone dispenser for mating disruption, a manual was prepared.

The number of moths caught in trap were checked periodically and these data were analyzed by a computer program and communicated each

other through the web. Using these data obtained from monitoring traps, the farmers could decide whether to spray or not and timing of insecticide treatment, if yes. Insecticides and acaricides were sprayed about 10.3 and 4.5 times, respectively, in conventionally managed orchards in 1993, but pheromone monitoring allowed them to reduce their application to 7.5 and 3.5 times, respectively in 1999. Most of Korean apple growers now accept that the pheromone traps are essential for monitoring the fruit moths, but hope that scouts of governmental Rural Extension Center or Apple Grower's Cooperative conduct monitoring works for them. They also regard that pheromone trap data can be used for timing of insecticide treatment (51.1%), for deciding to spray or not (33.3%), and detecting presence or absence of the pest insect (15.6%).

Finally, we have investigated to find out the feasibility of mating disruption in directly controlling the population of pest insects, concomitant with biological control of spider mites using the predatory mites. During five years we deployed rubber septa or polyethylene tubes containing sex pheromones premixed at the rate of 100-150g/ha for *C. sasakii*, *G. molesta* and *P. ringiniella*. The preliminary results were not comparable to those by insecticide treatments yet, partly due to small size of orchards. But, with a larger scale at farmers' orchards conducted during the last two years, all the tests indicated that mating disruption with sex pheromone with only one or two insecticide treatments could control infestation by the moths as efficiently as commercial insecticide sprays.

Therefore, we believe that the strategies for monitoring and control of these apple insect pests with sex pheromones, including mating disruption,

can be useful to enforce a sound IPM program that help us reduce a great amount of pesticide to be sprayed for apple production in Korea.

CONTENTS

| | |
|--|----|
| Chapter 1. Introduction | 18 |
| Section 1. Purpose and range of the Research | 18 |
| Section 2. Goal and contents of the Research | 24 |
| Literatures cited | 25 |
| Chapter 2. Sex pheromone Composition and Activity of <i>Adoxophyes orana</i> | 26 |
| Section 1. Introduction | 26 |
| Section 2. Materials and Methods | 30 |
| Section 3. Results and Discussion | 37 |
| Section 4. Conclusion | 58 |
| Literatures cited | 59 |
| Chapter 3. Sex pheromone Composition and Activity of <i>Lyonetia</i> <i>prunifoliella</i> | 64 |
| Section 1. Introduction | 64 |
| Section 2. Materials and Methods | 65 |
| Section 3. Results and Discussion | 69 |
| Section 4. Conclusion | 81 |
| Literatures cited | 83 |
| Chapter 4. Sex pheromone Composition and Monitoring of <i>Dichocricis punctiferalis</i> | 85 |
| Section 1. Introduction | 85 |
| Section 2. Materials and Methods | 87 |
| Section 3. Results and Discussion | 90 |
| Section 4. Conclusion | 98 |
| Literatures cited | 99 |

| | |
|--|-----|
| Chapter 5. Production of Pheromone Dispensers for Monitoring and Mating disruption of Apple Pest Insects and Design of Trap ... | 102 |
| Section 1. Introduction | 102 |
| Section 2. Production of Pheromone Dispenser for Monitoring | 104 |
| Section 3. Production of Pheromone Dispenser for Mating disruption .. | 117 |
| Literatures cited | 126 |
| Chapter 6. Construction of Predictional Models for Apple Pest Insects | 128 |
| Section 1. Introduction | 128 |
| Section 2. Materials and Methods | 129 |
| Section 3. Results and Discussion | 144 |
| Section 4. Conclusion | 185 |
| Literatures cited | 187 |
| Chapter 7. Population Monitoring of Apple Pest Insects with Sex Pheromone | 190 |
| Section 1. Introduction | 190 |
| Section 2. Materials and Methods | 193 |
| Section 3. Results and Discussion | 197 |
| Section 4. Conclusion | 238 |
| Literatures cited | 240 |
| Chapter 8. Mating Disruption of Apple Pest Insects with Sex Pheromone .. | 243 |
| Section 1. Introduction | 243 |
| Section 2. Historical Review | 246 |
| Section 3. Materials and Methods | 254 |
| Section 4. Results and Discussion | 257 |
| Section 5. Conclusion | 269 |
| Literatures cited | 271 |
| Chapter 9. General Conclusion | 273 |
| Appendix | 278 |

목 차

| | |
|---|-----|
| 제 1 장. 서 론 | 18 |
| 제 1 절. 연구개발의 목적과 범위 | 18 |
| 제 2 절. 연구개발의 목표 및 내용 | 24 |
| 인용문헌 | 25 |
| 제 2 장. 사과애모무늬잎말이나방의 성페로몬 조성파 활성화 | 26 |
| 제 1 절. 서 설 | 26 |
| 제 2 절. 재료 및 방법 | 30 |
| 제 3 절. 결과 및 고찰 | 37 |
| 제 4 절. 결 론 | 58 |
| 인용문헌 | 59 |
| 제 3 장. 은무늬굴나방의 성페로몬 조성파 활성화 | 64 |
| 제 1 절. 서 설 | 64 |
| 제 2 절. 재료 및 방법 | 65 |
| 제 3 절. 결과 및 고찰 | 69 |
| 제 4 절. 결 론 | 81 |
| 인용문헌 | 83 |
| 제 4 장. 복숭아명나방의 성페로몬 조성파 예찰에의 이용 가능성 | 85 |
| 제 1 절. 서 설 | 85 |
| 제 2 절. 재료 및 방법 | 87 |
| 제 3 절. 결과 및 고찰 | 90 |
| 제 4 절. 결 론 | 98 |
| 인용문헌 | 99 |
| 제 5 장. 발생예찰 및 교미교란용 성페로몬 방출제 제조와 국산트랩 고안 .. | 102 |

| | |
|--|-----|
| 제 1 절. 서 설 | 102 |
| 제 2 절. 발생예찰용 성페로몬 방출제 제조 | 104 |
| 제 3 절. 교미교란용 성페로몬 방출제 제조 | 117 |
| 인용문헌 | 126 |
| 제 6 장. 사과 주요해충들의 발생예찰 모형 수립 | 128 |
| 제 1 절. 서 설 | 128 |
| 제 2 절. 재료 및 방법 | 129 |
| 제 3 절. 결과 및 고찰 | 144 |
| 제 4 절. 결 론 | 185 |
| 인용문헌 | 187 |
| 제 7 장. 성페로몬을 이용한 사과해충들의 발생예찰 실용화 | 190 |
| 제 1 절. 서 설 | 190 |
| 제 2 절. 재료 및 방법 | 193 |
| 제 3 절. 결과 및 고찰 | 197 |
| 제 4 절. 결 론 | 238 |
| 인용문헌 | 240 |
| 제 8 장. 성페로몬을 이용한 교미교란 방제 실증 시험 | 243 |
| 제 1 절. 서 설 | 243 |
| 제 2 절. 연구사례 | 246 |
| 제 3 절. 재료 및 방법 | 254 |
| 제 4 절. 결과 및 고찰 | 257 |
| 제 5 절. 결 론 | 269 |
| 인용문헌 | 271 |
| 제 9 장. 종합결론 | 273 |
| 부 록 | 278 |

제 1 장. 서 론

제 1 절. 연구개발의 목적과 범위

사과는 2만9천 헥타아르(2000년)의 재배면적과 48만9천 톤(2000년)의 생산량을 차지하는 주요 경제작물로서 우수품종 및 재배기술의 개발과, 병해충의 방제 및 생산비용의 절감 등 체계적인 품질관리와 시장개척이 필요하고 이를 달성한다면 대외경쟁력을 지닌 우수한 전략 작목으로 기대되고 있다.

지금까지 사과과수원에서 해충을 방제할 때 가장 큰 문제점은 해충의 발생 시기와 발생 량과는 무관하게 농민의 경험적 판단에 따라서 약제를 살포함으로써 약제살포 횟수가 증가한다는 점이다. 현재 사과해충을 방제하기 위하여 유기합성살충제를 살균제 및 살비제 등과 섞어 해충들의 발생정도를 고려하지 않고 과다 살포하고 있다(년 간 살충제 10회, 살비제 5~6회, 살균제 13~14회). 살충제 살포에만 의존하는 해충방제는 잔류독성에 의한 인축독성, 호르몬 교란물질로서의 환경오염, 천적생태계의 파괴, 약제저항성의 유발 및 잠재해충의 주요 해충화 등 여러 가지 문제들을 야기한다. 현재 사과원에서 가장 문제시되는 응애류가 대표적인 경우로서 살충제의 남용으로 천적이 사라지자 곧 바로 문제해충으로 등장한 것이다(백, 1990). 이러한 살충제 사용의 부작용을 줄이기 위해 병해충종합관리(Integrated Pest Management, IPM) 개념이 도입되었다. IPM은 농업의 생산성 향상을 위해 과도하게 투입되는 농약사용을 줄임으로서 토양오염, 수질오염 등 환경에 나쁜 영향을 경감시킴과 동시에 자연환경 보전을 목적으로 한다. 다시 말해서 IPM은 농약에 주로 의존하던 방제에서 한 걸음 더 나아가 사용 가능한 방제방법을 농생태계에 맞게 조화롭게 활용하는 환경농업 실천방안인 것이다.

특히, 1992년 국제환경회의에서 합의한 리오선언에 따라 각 국은 환경농업 실천을 위하여 농약사용을 50% 이상 절감하는 방안을 마련하여 제시하고 실천하여야 되었다. 우리나라는 2004년까지 1993년 기준으로 농약사용을 50% 절감한다는 목표를 설정하였고, 사과에서는 2010까지 농약 사용량을 50% 절감하는 세부 목표가 되어 이러한 목표달성을 위한 방안으로 IPM이 제시되었다(농촌진흥청, 2001).

IPM은 해충에 대한 식별과 각 해충의 발생예찰, 해충의 생활사와 생태, 경제적 피해수준, 과수원의 재배관리 및 사회경제적 요인 등을 기반으로 하고 있고 이 중 가장 중요한 선행요건은 해충의 발생상황을 정확히 조사하는 일이다. 방제가 필요한지, 필요하다면 언제 방제를 해야하는지에 대한 결정과 또는 방제가 잘 되었는지를 판정하기 위해서는 해충의 피해와 발생정도를 일정 시기별로 조사해야만 알 수 있기 때문이다. 최근 널리 주목받고 있는 발생예찰 방법은 곤충의 성페로몬을 이용한 발생예찰법으로, 성페로몬이 특정 곤충의 성충을 유인하여 이들 곤충밀도를 추측할 수 있다는 사실이 밝혀진 이래 성페로몬은 대부분의 나방류 해충들에 대하여 사용되어 오던 전통적인 예찰수단을 대체하게 되었고, 더 나아가 성페로몬을 이용한 교미교란과 대량 포획 기술들을 통하여 해충방제에도 관심이 집중되고 있다(Jutusm *et al.*, 1989). 특히 최근에 국내 생산 작물 및 수입작물에서 허용량 이상의 잔류농약이 검출되는 사례가 빈번해지고 있어 안전한 식량확보에 대한 소비자의 욕구가 증대되고 있으며 과도한 살충제 살포와 잔류농약 문제 및 수출 시 검역해충의 발생자료 미비 문제 등은 해충 예찰체계 미비와 무분별한 살충제 사용을 지속해 온 국내의 농업환경에서 성페로몬을 활용한 예찰 혹은 방제가 절실히 이루어져야 될 과제이고 세계적으로도 역시 성페로몬 활용을 토대로 한 살충제살포 횟수 감소와 천적보호가 추세이다. 성페로몬을 이용한 해충관리는 경제적이고 환경오염이 없으며, 천적을 죽이지 않고 대상 해충만 포획하

는 장점들이 있지만, 반드시 대상 곤충의 성페로몬에 대한 연구가 선행되어야 한다는 조건이 있다.

사과의 주요 나비목 해충들은 과실을 직접 가해하는 심식충류로 경제적 피해가 매우 크며 사과수출 시 검역대상 해충인 ①복숭아심식나방(*Carposina sasakii*), ②복숭아순나방(*Grapholita molesta*), ③복숭아명나방(*Dichocrocis punctiferalis*)과 사과잎을 가해하며 상시 대발생하는 해충들인 ④사과굴나방(*Phyllonorycter ringoniella*), ⑤은무늬굴나방(*Lyonetia prunifoliella*)과 잎을 가해하는 동시에 과실 표면을 가해하는 ⑥사과애모무늬잎말이나방(*Adoxophyes orana*)과 ⑦사과무늬잎말이나방(*Archippus breviplicanus*)으로, 이들의 방제를 위하여 매년 많은 양의 살충제가 처리되고 있어 재배농가의 경제적 부담이 커지고 있다. 사과원 경영비 중 농약대 및 고용노력 방제비가 18% 이상으로 높은 비중을 차지하고 있으며 자가 방제시간이 과다하여 과실의 품질향상을 위한 관리작업에 노력을 집중적으로 투입하기 어려운 실정이다.

이전까지 성페로몬 연구를 통해 이들 나비목 사과해충 중 복숭아심식나방(부, 1996), 복숭아순나방(부, 1996), 복숭아명나방(부, 1996)과 사과굴나방(Boo and Jung, 1998), 사과무늬잎말이나방(부, 2000)의 성페로몬 조성이 밝혀졌고 국내에서 발생예찰에 사용할 수 있음이 증명되었으나, 성페로몬의 국내제조 기술 미비와 관련기관의 보급체제 불안정 및 이용 프로그램인 예찰체계의 미 확립 등의 이유로 쉽게 실용화되지 못하였다. 또한 사과원에서 IPM을 통해 살충제 살포횟수를 줄이고 친환경농업체제로 나아가기 위해서는 이미 연구된 5종의 해충 뿐 아니라, 문제가 되어 이들을 방제하기 위해 살충제가 사용되고 있는 7종의 나비목 해충 모두에 대한 성페로몬 연구와 예찰체계가 정립되어야만 실질적으로 해충발생예찰을 이용한 살충제 절감을 포함한 친환경 사과재배라는 목표가 달성될 수 있다. 당초 본 과제의 목표를 설정할 당시에는

①복숭아심식나방, ②복숭아순나방, ③복숭아명나방, ④사과굴나방, ⑤사과에 모무늬잎말이나방에 대해 성페로몬을 이용한 예찰 체계를 확립하고자 하였으나 연구를 진행함에 따라 은무늬굴나방과 사과무늬잎말이나방에 대해서도 예찰체계를 확립하는 것이 목표달성을 위해 반드시 필요하다고 판단되어 추가로 이 두 종에 대한 연구를 진행하였다.

또한 성페로몬을 해충의 발생예찰 도구로 이용하는 예방적 개념에서 더 나아가 성페로몬의 종 특이적 통신기능을 이용하는 교미교란(mating disruption) 방법이 여러 나라에서 해충을 실제 방제하는데 활용되어 우수한 방제효과를 나타내었고 환경 친화적인 농생태계 유지라는 측면에서 주목받고 있다. 야외 포장에서 성페로몬 방출원을 설치하여 인위적으로 성페로몬 농도를 높여주면 수컷이 암컷을 찾아가는데 있어 감각기의 습관화나 혼란을 야기해 배우자를 찾을 수 가 없어 교미를 할 수 없게되고 이 결과는 다음세대의 밀도가 감소되어 살충제를 사용하지 않아도 되도록 하기 때문이다. 성페로몬을 이용한 교미교란 방제는 문제해충의 방제를 가능케 할 뿐 아니라 상기와 같은 살충제의 생태계 파괴적인 악순환 고리를 차단할 수 있는 새로운 개념의 해충 방제 대책으로 급부상되고 있다. 특히, 친환경 농업으로 추진하고 있는 병해충 종합관리(IPM)와 과실종합생산(IFP) 체계에 있어서, 성페로몬을 이용한 교미교란 방제는 농약을 획기적으로 절감하고 응애류의 생물적방제를 가능케 하는 핵심기술로 이용되고 있다.

성페로몬을 이용한 발생예찰로 살충제 사용을 절감하고, 이에 더 나아가 성페로몬을 이용하여 교미교란을 실시하여 해충을 방제하여 살충제 사용을 획기적으로 줄이는 것은 이 과제의 목표이며 국내에 적용해야할 핵심적인 친환경 해충방제기술이다. 성페로몬을 이용한 교미교란은 우선 임시적으로 사과굴나방에 대해 적용하여 이용 가능성을 탐색하는 것이 본 과제의 목적으로 연구초기에는 사과굴나방에 대해 교미교란을 실시하였으나 실현가능성이 높

다고 판단되어, 실질적으로 해충 방제에 중요한, 사과 과실을 가해하는 심식충류인 복숭아순나방, 복숭아심식나방과 과실 표면을 가해하는 사과애모무늬잎말이나방을 대상으로 교미교란 시험은 실시하여 교미교란 방제 가능성을 검증하였고 국내 사과 재배환경에 대한 향후 이용 방향성을 제시하였다.

이상의 본 과제의 연구분야를 크게 나누어보면 첫째, 아직까지 국내에서 성페로몬 연구가 전혀 없는 사과애모무늬잎말이나방과 은무늬굴나방, 그리고 연구가 미비한 복숭아명나방의 성페로몬 조성과 활성을 밝혀 사과를 가해하는 나비목 주요 해충 7종의 각각의 성페로몬 조성을 확립하여 예찰 및 교미교란에 적용이 가능하도록 하였다. 성페로몬 조성에 대한 국내 연구가 필요한 이유는 선행연구가 많은 유럽과 미국의 경우 국내 서식 종과의 차이와 변이로 인해 (서식하는 종이 다른 경우 포함) 사용이 불가능하고, 우리나라와 서식하는 종이 유사한 일본의 경우도, 사과굴나방 및 사과애모무늬잎말이나방용으로 시판되는 일본제품은 우리나라에서 사용할 때 유인력이 저조하여 사용이 불가능하였기 때문이었다. 가격 측면에서도 일본과 미국, 유럽의 제품은 고가로 5종의 사과해충을 예찰하기 위해 일본산 제품 (¥ 20,000 / 종)을 사용 시 약 100만원 이상의 예찰비용이 농가 당 소요되고, 미국 및 유럽의 제품을 사용 시 (\$ 90 / 종) 약 60만원 가량의 예찰 비용이 추가된다. 상기의 가격은 부가세 및 수입업자 비용을 제외한 것으로 본격적으로 수입하는 경우 더욱 비용 상승이 예상되었다. 더욱 큰 문제점은 외국으로부터 기술도입을 하는 경우, 국내 서식 종에 대한 생물학적 정보가 모두 외국으로 유출되는 경우 (생물 종 다양성 협약에 역행하는 현상) 와 기술의 종속으로 인해 향후 문제 해충의 발생 시 모든 연구와 적용을 외국기술에 의존해야 하므로 빠른 대처가 불가능해진다는 점이다. 따라서 상기 점들을 고려할 때, 국내 문제 해충에 대해서는 국내 기술에 의한 연구가 이루어질 수밖에 없으며 이는 농업기술 확보와 검역 등 외국에 대처하는 기술에서도 독자성을 확보하고 경제

성을 확보하는 길이 될 것이다.

둘째, 실제로 농가에서 성페로몬을 이용하기 위한 발생예찰체계를 확립하기 위한 하드웨어로 예찰용 성페로몬과 트랩의 이용성을 검정하였고 성페로몬의 국내제조체계 및 트랩자재를 국산화하며 대량생산, 보급체계를 수립하였다. 또한 성페로몬을 이용한 발생예찰체계를 운영하는 프로그램(소프트웨어)으로 해충발생량의 정량적 평가 및 예찰발생모형 작성하여 방제 필요성 판단과 방제적기를 판단하도록 하였다.

셋째, 나방류의 발생량과 발생소장 조사, 발생예찰 체계 확립 시험 및 성페로몬 발생예찰에 의한 농약절감 방제효율 향상에 관한 조사 등을 실시하였고 제작된 성페로몬 미기와 트랩을 농가에 보급, 사용하여 개별 농가에서 해충 발생 상황을 직접 조사하도록 하였으며 발생예찰 자료에 근거해 해충을 방제하도록 하였다.

넷째, 우리나라 사과원에서 나방류에 대한 성페로몬 교미교란 방제 가능성을 검증하고, 농약절감 효과를 구명하기 위하여, 사과굴나방에 대한 교미교란 시험을 실시하였으며 또한 과제 목표 외에 추가로 사과 과실을 가해하여 경제성을 직접적으로 감소시키는 심식충류인 복숭아순나방, 복숭아심식나방과 과실 표면을 가해하는 사과애모무늬잎말이나방이 실질적으로 해충 방제에 중요하였기에, 이들 해충을 대상으로 교미교란 시험을 실시하였다.

이러한 일련의 연구의 목적은 성페로몬을 활용한 해충의 발생예찰과 그 결과에 따른 방제 결정 시스템을 구축하여 이용하며, 성페로몬을 해충방제 수단으로 적절하게 사용하여 살충제 사용을 획기적으로 절감할 수 있도록 하는 것이다. 그 결과 해충방제 비용(시간, 노동력, 금액)이 절감되고 안전한 농업 생산물을 생산할 수 있고 더 나아가 농업생태계가 회복되어 응애류와 진딧물류는 천적을 이용한 생물학적 방제로 경제적 피해허용 수준 이하의 밀도로 관리할 수 있을 것으로 기대된다.

제 2 절. 연구개발의 목표 및 내용

1. 사과주요해충의 성페로몬 성분 동정 및 조성 규명

- 가. 사과애모무늬잎말이나방의 성페로몬 조성연구
- 나. 은무늬굴나방의 성페로몬 조성연구(목표 외 추가)
- 다. 복숭아명나방 성페로몬의 야외 유인력 검정

2. 성페로몬을 이용한 발생예찰체계 확립 및 대량보급체계 수립

- 대상해충: ① 복숭아심식나방, ② 복숭아순나방, ③ 사과굴나방,
④ 복숭아명나방, ⑤ 사과애모무늬잎말이나방,
⑥ 사과무늬잎말이나방(목표 외 추가),
⑦ 은무늬굴나방(목표 외 추가)
- 가. 발생예찰 및 교미교란용 성페로몬 방출제 제조와 국산트랩 고안
- 나. 트랩효율성 평가 및 설치방법의 표준화
- 다. 성페로몬에 의한 해충 발생량의 정량적 평가 및 예찰발생 모형 작성

3. 성페로몬을 활용한 사과원 해충 종합관리 타당성 평가

- 가. 농가단위에서 성페로몬 트랩에 의한 발생예찰 및 방제 실증
- 나. 성페로몬 활용의 경제성 및 효율성 평가
- 다. 과수농가 및 과수관련단체의 페로몬활용 방제체계 수립:
 - 조직화, 지도공무원 및 농민교육, 자료관리 온라인화 프로그램
- 라. 성페로몬을 이용 교미교란방제
 - 사과굴나방,
 - 복숭아심식나방, 복숭아순나방, 사과애모무늬잎말이나방(목표 외 추가)

인용문헌

- 농촌진흥청. 2001, 농업과학기술 중장기 연구개발계획. 315pp. 상록사. 수원
- 백운하. 1990. 신고해충학. pp.353-360. 향문사.
- 부경생. 1996. 사과해충 종합관리를 위한 기반기술 개발. 농촌진흥청 농업특
정연구 보고서. pp. 151-215.
- 부경생. 2000. 사과무늬잎말이나방 (*Archippus breviplicanus*)의 성페로몬 조
성과 활성. 한국과학재단 핵심전문연구 보고서. 30pp.
- Boo, K. S. and C. H. Jung. 1998. Field tests of synthetic sex pheromone
of the apple leafminer moth, *Phyllonorycter ringoniella*. J. Chem. Ecol.
24: 1939-1947.
- Boo, K. S. 1998. Variation in sex pheromone composition of a few selected
lepidopteran species. J. Asia-Pacific Entomol. 1: 17-23.
- Jutsum, A. R. and R. F. S. Gordon. 1989. Introduction. Pheromone:
Importance to insects and role in pest management., In Insect
pheromones in plant protection. eds. by A. R. Jutsum and R. F. S.
Gordon. John Wiley & Sons Ltd. New York. pp. 1-13.

제 2 장. 사과애모무늬잎말이나방의 성페로몬 조성과 활성

제 1 절. 서 설

사과애모무늬잎말이나방(*Adoxophyes orana*)은 잎과 열매를 동시에 가해하는 해충으로 사과무늬잎말이나방과 더불어 사과원의 대표적인 잎말이나방 해충 중의 하나이다. 한국곤충명집(한국곤충학회와 한국응용곤충학회, 1994)에는 *Adoxophyes*속에 애모무늬잎말이나방(*Adoxophyes orana*) 1종만이 기재되어 있으나 본 연구를 진행하던 중 사과를 가해하는 애모무늬잎말이나방은 배와 차를 가해하는 애모무늬잎말이나방과는 성페로몬 조성과 생태적인 특징에 차이가 있음을 발견하여 본 보고서에는 이를 구분하기 위해 사과를 가해하는 애모무늬잎말이나방을 가칭 사과애모무늬잎말이나방으로 기술하였다.

현재 국내에서는 사과해충을 방제하기 위하여 유기합성 살충제를 살균제 및 살비제 등과 섞어 해충들의 발생정도를 고려하지 않고 과다 살포하고 있어(년간 살충제 8~9회, 살비제 5~6회, 살균제 13~14회) 천적생태계의 파괴, 약제 저항성의 유발 및 잠재해충의 주요해충화 등 여러가지 문제들을 야기시키고 있다(백, 1990). 따라서 이와 같은 문제점들을 해결하기 위해서는 사과원에서의 살충제 사용량과 사용횟수를 줄이는 것이 필수적이고 이를 위해서는 해충의 생리, 생태에 관한 조사와 발생밀도를 정확히 예찰하는 것이 필요하다.

주로 새로 나온 사과잎과 열매를 가해하여 큰 피해를 입히는 사과애모무늬잎말이나방의 성페로몬은 Z11-teradecenyl acetate(Z11-14Ac)와

Z9-teradecenyl acetate(Z9-14Ac)가 주성분으로 되어 있음이 일본에서 처음으로 밝혀졌으며 두 성분간 조성비는 10:90으로 보고되었다(Tamaki 등, 1971a). 그러나 국내에서 사과를 가해하는 사과애모무늬잎말이나방은 일본산 성페로몬 미끼에 전혀 유인이 되지 않아 이 종에 대해 성페로몬 연구가 기초 연구부터 필요하였다. 실제로 많은 경우, 같은 종이라 하더라도 국가간, 지역간 성페로몬 조성에 변이가 발생하여 외국에서 보고된 성페로몬 조성이 국내 집단의 경우와 꼭 일치하는 것이 아니라는 것이 보고되어(Sorenson *et al.*, 1992), 국내에 분포하는 사과애모무늬잎말이나방의 성페로몬 조성파와 활성에 대한 연구가 필요하게 되었다.

사과애모무늬잎말이나방이 사과에 피해를 주는 시기는 유충기로서 유충밀도의 추정엔 성충밀도를 파악할 때 가능하다. 대부분의 사과해충들이 여러 가지 곤충류에 일반적으로 사용되는 유아등에 유인되지 않을 뿐더러 피해과실의 조사 혹은 피해잎의 조사 등 다른 밀도 추정방법도 밀도추정이 부정확하거나 많은 인력과 시간이 소요되는 단점이 있는 등 국내에서는 아직 합리적인 밀도추정 방법이 확립되어 있지 못한 실정이다. 따라서 장차 사과원에서 효율적인 사과해충 방제방안을 고안하기 위해서는 해충밀도의 추정방법과 이를 지속적으로 예찰할 수 있는 수단이 마련되어야 하는데, 이를 위해서는 종 특이적으로 그리고 미량으로 직용하여 특정해충만을 유인하여 추정할 수 있는 성페로몬을 활용하는 것이 매우 바람직한 방법이다.

페로몬은 같은 종내의 한 개체가 외부로 방출하는 물질로 다른 개체에 의해 감각되어 특이한 행동반응 - 예, 명확한 행동 또는 발육과정 - 을 보이게 하는 물질로 정의된다(Karlson *et al.*, 1959). 따라서 페로몬의 종류는 특이한 행동반응에 기초하여 성페로몬, 집합페로몬, 경보페로몬, 길잡이페로몬, 분산페로몬 등으로 나뉘고, 이중 가장 많이 연구되고, 해충방제에 적극적으로 이용되어 온 것은 작을 찾는 데 쓰이는 성페로몬이다. 최초로 분리되고 동정된

페로몬은 누에(*Bombyx mori*)의 성페로몬인 Bombycol(Butenandt *et al.*, 1959)로, 이 후 1980년대 중반까지 약 천여 종의 곤충 중에서 성페로몬이 동정되었다. 1967년 Shorey 등에 의해 최초로 나비목 해충에서 교미교란에 의미있는 시도가 적용되는 등 실제 작물보호에서 페로몬의 이용 가능성이 수용된 것은 20여년 전에 불과하였는데, 이후 미량성분들의 분리기술, 핵자기공명 기술의 발달로 페로몬의 구조가 밝혀질 수 있게 됨에 따라 페로몬에 대한 관심이 증가되었고, 이는 해충방제에 더 선택적인 방법을 선호하는 공공의 요구에 의해 더욱 가속되었다.

성페로몬에 관한 연구로부터 깨달은 중요한 사실은 많은 곤충에서 성페로몬이 단 하나의 성분으로만 되어 있지 않다는 사실이었다. 하나의 성분으로 되어있는 대표적인 종은 누에이지만, 대다수의 종에 있어서 성페로몬은 둘 또는 그 이상의 화합물로 구성되어 대개 3개 내지 4개, 때로는 6개의 화합물로 구성되어 있다(Tumlinson *et al.*, 1987). 이렇게 여러가지 성분으로 구성되는 성페로몬은 이들이 모두 같이 작용할 때 짝의 반응을 가장 효율적으로 유도할 수 있거나(Linn *et al.*, 1986), 각 성분은 짝의 유도에서부터 교미에 이르기까지 여러 단계에서 각기 특유의 역할을 하고 있는 것으로 알려져 있다(Cardé *et al.*, 1975).

성페로몬이 특정 곤충의 성충을 유인하여 이들 곤충밀도를 추측할 수 있다는 사실이 밝혀진 이래 성페로몬은 대부분의 나방류 해충들에 대하여 사용되어 오던 전통적인 예찰수단을 대체하게 되었고, 더 나아가 성페로몬을 이용한 교미교란과 대량포획 기술들을 통하여 해충방제에도 관심이 집중되고 있다(Jutusm *et al.*, 1988). 이와 같은 관심 때문에 성페로몬을 이용하는 여러 형태의 트랩과 미끼가 개발되어 상업적으로 제작되고 활발히 이용되고 있다.

국내에서의 성페로몬 연구는 1980년대 후반까지 복숭아심식나방의 발생조사(최 등, 1987), 이화명나방에 대한 교미교란(이 등, 1981), 솔잎혹파리 성페

로몬의 실내 및 야외검정(장 등, 1985) 등 몇가지 해충 중에 대해서 수행되었는데, 이때까지는 국내자체의 연구없이 외국에서 개발된 것을 도입하여 발생조사나 교미교란 효과를 알아보는 정도에 지나지 않았다. 이후 외국과의 협동연구를 통해 국내의 솔껍질각지벌레(*Matsucoccus thunbergianae*)에 대한 성페로몬 분리와 수컷 반응이 조사되었고(박 등, 1994; Park *et al.*, 1986), 담배나방(*Helicoverpa assulta*)에 대해서 생식행동, 성페로몬의 동정과 측각전도(EAG/electroantennogram)측정, 풍동 및 야외포획 실험 등에서 비교적 자세한 연구가 진행된 것이 최초의 국내 자체의 성페로몬 연구였다(Cork *et al.*, 1992; Koh *et al.*, 1995; Park *et al.*, 1994; Park *et al.*, 1994). 이외에 조명나방(*Ostrinia furnacolis*)의 생식행동과 유인조성에 대해 조사되었고(Park *et al.*, 1994), 진딧물의 성페로몬(Boo 등, 미발표자료) 등의 연구가 진행된 바 있다. 그러나 아직까지 국내에서는 사과애모무늬잎말이나방에 대한 성페로몬 연구는 전무하였고, 이 해충에 대한 예찰수단이 필요하게 됨에 따라 성페로몬 연구와 이용가능성이 주목받게 되었다.

성페로몬은 두 가지 이상의 화합물로 되어 있으며 한 곤충의 성페로몬을 구성하는 성분들은 그 곤충에 대하여 항상 일정한 비율로 작용하는 특성을 갖는데 이는 종간 생식적 격리의 주요 요인이기도 하다. 이와 같이 종 특이적으로 작용하는 특성으로 인해 성페로몬의 이용은 생태계 내에 다른 동식물에 미치는 영향을 최소화할 수 있어, 목적 해충의 발생예찰과 교미교란, 대량포획 등이 생태계 지속형의 안전한 해충방제 기술로 대두되고 있으며 이 중 선결조건으로서의 정확한 해충의 발생예찰의 중요성이 강조되고 있다(Jutsum and Gordon, 1989). 성페로몬을 연구하기 위해서는 우선 실험곤충의 안정적인 공급을 위한 대량사육체계의 확립, 성충의 우화행동 및 생식행동의 조사, 성페로몬 분비샘의 조사와 성페로몬 동정이 이루어져야 한다. 성페로몬의 구성성분은 성페로몬 샘플 추출하거나 공기 중에 방출되는 성페로몬 성분들을

포집하여 성분별로 분리하면서 생물검정을 통하여 동정된다.

생물검정 방법은 성페로몬에 특이적인 곤충의 반응을 관찰하여 정량화하는 것으로서 실내에서 곤충의 정위반응이나 비행반응을 보거나 촉각감각기의 전기전도 변화를 탐지하는 EAG(electroantennography)와 SCE(single-cell recording)을 이용한다. 또 곤충들의 성페로몬은 여러 가지 성분으로 되어 있는 경우가 많고 이들 성분간의 조성은 대상곤충에 특이적이므로, 대상해충의 행동을 특이적으로 유기하는 조성을 찾아야 하는데 이때는 위와 같은 생물검정 방법을 통해서 그리고 최종적으로 야외에서의 유인실험을 통하여 적정조성을 검정 확립하여 실제 야외포장에서 사용될 성페로몬 미끼를 개발하는 것이 성페로몬의 주된 연구과정이다.

그러나 지금까지의 연구결과는 같은 곤충종이라 하더라도 경우에 따라서는 외국에서 보고된 성페로몬 조성이 국내집단의 경우와 꼭 일치하는 것이 아니라는 것이 밝혀졌다(Boo, 1998). 성페로몬이 종 특이성을 갖고 있음에도 불구하고, 해충 종에 따라 지역적 격리가 심한 장소에서는 지역 간에 그 곤충종의 성페로몬 성분과 조성비가 크게 다른 것에서 그 원인을 찾아볼 수 있어 성페로몬을 국내에서 활용하기 위해서는 반드시 국내 자체의 연구가 전제되어야 한다.

본 연구는 성페로몬을 사과원에서 종합적으로 활용하기 위해 이 해충의 성페로몬 성분과 조성을 확인하고자 교미행동을 조사하고 성페로몬 샘플을 추출하여 분석을 실시하였고 확인된 합성성페로몬을 이용한 야외포획실험으로 적절한 성페로몬 조성을 검정하였다.

제 2 절. 재료 및 방법

1. 실험곤충

경기도 수원시 여기산, 경북 군위 및 경북 영천지역 사과원의 사과잎에서 채집한 사과애모무늬잎말이나방 유충들을 사육실(온도 $26\pm 1^{\circ}\text{C}$, 광주기 16L:8D, 상대습도 80%)로 옮겨서 Ankersmit(1985)의 인공사료를 약간 변형시킨 반 합성 인공사료(표 1)를 이용하여 사육하였다. 용이 된 후 암수를 각각 나누었으며 성충으로 우화할 때 10% 설탕 수용액을 공급하였다. 모든 실험은 우화 후 2-5일 되는 미 교미 암 수컷을 사용하였다.

2. 교미행동 관찰

미교미 암컷이 성페로몬을 방출하는 행동을 관찰하기 위해 우화 후 1일과 2일된 암컷 각각 10마리를 아크릴 상자 ($30\times 30\times 30\text{cm}$)에 넣고 성페로몬샘 들출 행동을 볼꺼진 뒤 16L:8D의 광조건(온도 $26\pm 1^{\circ}\text{C}$, 상대습도 80%)에서 관찰하였다. 교미행동은 같은 사육조건에서 키운 암수 20쌍을 볼 꺼지기 3시간 전에 아크릴 교미상자($60\times 60\times 60\text{cm}$)에 넣고 10% 설탕 수용액을 공급한 상태에서 조사하였다. 이때 적색등을 볼 꺼지기 1시간 전부터 켜 놓아 불빛에 대한 실험곤충의 환경적 반응을 최소화하도록 적용시켰다. 관찰은 1시간 간격 또는 30분 간격으로 하였다.

야외 과수원에서 수컷 성충이 성페로몬 트랩에 유인되는 시간은 2000년 8월 22일 경북 청도에 위치한 청도복숭아시험장 내 복숭아포장에 성페로몬 트랩을 설치하여 트랩에 유인되는 수컷 성충 수를 30분 간격으로 조사하였다. 사과애모무늬잎말이나방 성페로몬 성분 Z11-14:Ac과 Z9-14:Ac를 95:5 비율로 만든 미끼를 윈트랩에 설치하였다.

3. 성페로몬 추출 및 조성 확인

사과애모무늬잎말이나방 성페로몬샘은 복부 8번째와 9번째 마디 사이의 판

표 1. 사과애모무늬잎말이나방의 인공사료 조성 일부

| 사료종류 | A-2-1 | A-5-1 | A-6-1 | A-Fix* |
|--|-------|-------|-------|--------|
| Water (Distilled, ml) | 850 | 850 | 850 | 950 |
| Agar (g) | 20 | 20 | 20 | 20 |
| Glucose | 5 | | | 5 |
| Cellulose | 10 | 5 | 10 | 10 |
| Wheat germ | 25 | 35 | 35 | 25 |
| Corn powder | | 10 | | |
| Casein | 35 | | | 35 |
| Milk powder(전지분유) | | 30 | 35 | |
| Cholesterol | 5 | 20 | 5 | 5 |
| Sugar | 20 | 20 | 30 | 20 |
| Yeast | 20 | 30 | 30 | 20 |
| Corn oil (ml) | 2 | 4 | 5 | 2 |
| Choline chloride | 2 | 4 | 4 | 2 |
| Sorbic acid | 1 | 1 | 1 | 1 |
| <i>p</i> -Hydroxybenzoic acid methyl ester | 1 | 1 | 1 | 1 |
| Vitamine mixture | 0 | 1 | 0 | 0.5 |

* 1999년부터 누대사육에 사용된 인공사료 조성임

절간막(intersegmental membrane)에 위치하고 있다. 우화 후 2~3일 된 처녀 암컷을 볼 켜지기 1시간 전에 이산화탄소로 마취시킨 후 복부 끝을 지긋이 눌러 페로몬샘이 노출되도록 한 후 미세가위로 페로몬샘을 잘라, 10ppm의

Z8-dodecenyl acetate(내부기준물질)가 포함된, 헥산 20 μ l가 담긴 작은 원추형 유리병에 담가서 적어도 한시간 동안 담구어 성페로몬 성분들을 추출하였다. 추출물은 HP6890 가스크로마토그래피(Hewlett-Packard, USA)에 설치된 Column (60m \times 0.25 mm id, Rtx[®]-225, Restek, 50% cyanopropyl 50% phenylmethyl polysiloxane)으로 분석하였다. 이 때의 오븐 온도는 80 $^{\circ}$ C에서 2분 유지한 후 120 $^{\circ}$ C까지 분당 5 $^{\circ}$ C씩 상승시키고 1분간 유지하고, 다시 150 $^{\circ}$ C까지 분당 10 $^{\circ}$ C씩 상승 후 1분 유지, 190 $^{\circ}$ C까지 분당 20 $^{\circ}$ C씩 상승 후 20분 유지하였다. 운반기체인 He은 분당 40ml 씩 흐르게 하였다. 주입구 온도는 200 $^{\circ}$ C, FID 검출기 온도는 250 $^{\circ}$ C에 설정하였다. 추출물의 성분들을 표준물질들인 E11-tetradecenyl acetate(E11-14:Ac), Z11-tetradecenyl acetate(Z11-14:Ac), tetradecyl acetate(14:Ac) (IPO-DLO, The Netherlands) 등의 머무름 시간(retention time)과 비교하였다. 최종적으로 추출물의 성분들을 확인하기 위하여 암컷 성충 복부추출물을 GC-MS(Hewlett-Packard, JHX-AX505WA)로 검정하였다.

성페로몬 합성의 일일주기를 조사하기 위해서는 1시간 간격으로 성페로몬샘을 잘라 같은 방법으로 추출하여 분석하였다. 우화 후 성충 나이별 성페로몬 합성량을 알아보기 위해서는 우화 후 1일부터 7일까지의 미 교미 암컷 성충의 성페로몬샘을 블 켜지기 1시간 전에 잘라 분석하였다.

4. 촉각전기전도 반응(EAG)과 GC-EAD(Electroantenna-detector)

촉각에 존재하는 화학감각 수용체들이 성페로몬과 같은 휘발성 물질들의 자극을 인지할 때 발생하는 전위차의 총합인 DC 전위차를 측정하는 촉각전기전도(EAG) 장치 (Syntech, The Netherlands)(그림 1)를 이용하여 성페로몬 성분을 탐색하였다. 우화 후 1일 또는 2일된 샐과애모무늬일말이나방 미 교미 수컷 촉각의 기부를 잘라 EAG 기준전극에 연결하고 촉각 끝 부분을 자른

후 기록전극에 접촉시켰다. 촉각과 전극 사이에는 전기 젤(electric gel)인 Spectra 360 (Paker Laboratories, Inc., NJ, USA)으로 연결하여 촉각내의 혈 림프가 건조되는 것을 막는 동시에 전류가 흐르도록 하였다. 촉각의 건조를 막기 위해 습한 공기를 연속적으로 불어 넣어주면서, 실험 물질을 묻힌 거름 종이를 파스퇴르 피펫에 넣고 1초간 뿜어주어 연속적인 공기흐름과 함께 촉각에 전달되도록 하였다.

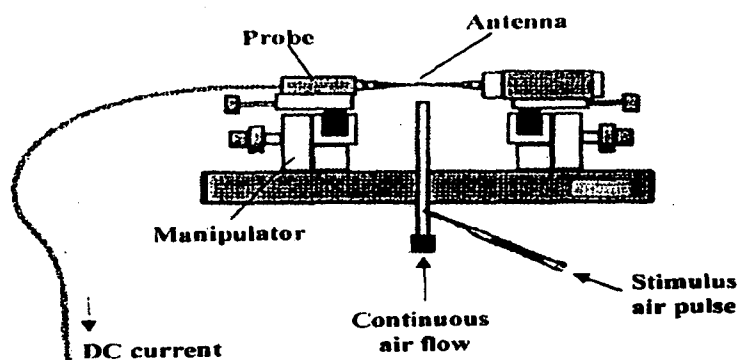


그림 1. 촉각전기전도 반응 (EAG) 장치

우선 단일 추정 성페로몬 성분 및 두 가지 성분(Z11-14:Ac와 Z9-14:Ac)의 혼합물 자극에 대한 EAG 반응을 조사하였다. 이때 각각 처리한 총 양은 100ng이었으며 처리는 성페로몬 성분을 헥산에 녹여 거름종이 묻힌 후 파스퇴르 피펫을 이용하였다. 성페로몬샘 추출물에서 수컷 촉각에 전기전도반응을 일으키는 활성 성분을 찾고자 GC-EAD를 사용하였다. GC(Shimadzu GC14A, Japan) (DB225 capillary column: 35m x 0.25mm I.D; 온도 설정:

80-180℃, 5℃/분 상승; 운반기체(He)의 흐름속도(1.5kg/cm²)에 설치된 분석용 컬럼(DB225)을 Y형 유리연결관으로 분지하여 한쪽은 GC의 FID에 연결하고 다른 한쪽은 GC 외부에 연결된 EAD로 연결하여 FID 반응결과와 EAD반응 결과를 비교하여 활성이 있는 성분을 탐색하였다.

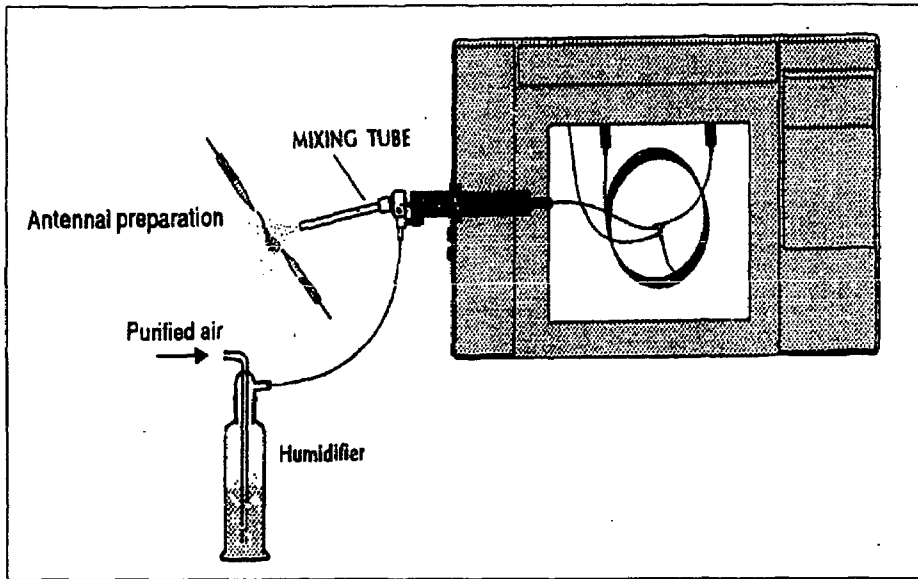


그림 2. GC와 연결된 EAD(Electroantennodetector) 장치

5. 성페로몬 성분조합에 대한 실내 행동반응

사육할 때와 같은 실내조건에서 두 화합물을 고무격막에 흡수시킨 후 복숭아순나방의 성페로몬 연구에서 사용한 장치(Boo 등, 1996) 안에서 페로몬기류를 정화된 공기에 실어 수컷을 자극하고 상승비행반응(flying upwind response)과 유인(attraction) 반응을 관찰하였다. 관찰은 우화 후 2-3일된 8마리의 수컷 미교미 성충을 소등 10시간 전에 장치 안에 방사하고 소등 후 시간별로 반응을 보이는 개체 수를 셈하였다.

6. 야외포획

성페로몬 미끼는 성페로몬 성분 Z11-14:Ac와 Z9-14:Ac(IPO-DLO, The Netherlands)를 여러가지 비율로 배합하여 헥산에 녹인 후 고무격막(rubber septum)에 침적시켜 제조하였으며 대조구는 용매인 헥산만을 이용하였고 산화방지제로 BHT(butylated hydroxytoluene)를 첨가하였다. 성페로몬 성분은 사용 전에 GC로 99%이상의 순도를 확인한 후 사용하였다. 미끼제조에 사용된 성페로몬의 총 양은 0.5mg 또는 1mg으로 하였다.

1997년 7월 18일에서 8월 11일 동안에 성페로몬 성분 Z11-14:Ac와 Z9-14:Ac의 비율 100:0에서 0:100로 제조된 성페로몬 미끼가 설치된 트랩을 경북 군위 소재 대구사과연구소 내 포장에 설치하여 유인되는 수컷 성충 수를 조사하였다. 계속되는 실험으로 1997년 8월 14일에서 8월 28일 기간에 두 성분 비율 95:5, 90:10, 85:15, 80:20, 75:25, 70:30, 65:35, 60:40으로 제조된 성페로몬 미끼를 트랩에 설치하였으며 대조구로 헥산 외에 미 교미 암컷 성충 2마리를 설치하여 유인되는 수컷 수를 조사 비교하였다. 1998년 5월 25일에서 8월 20일 기간에는 두 성분 비율 99:1, 97:3, 95:5, 93:7, 91:9로 제조된 성페로몬 미끼를 트랩에 설치하여 보다 세밀한 조성에서의 유인되는 수컷 성충 수를 조사하였다. 사용된 트랩은 윙트랩(Wing, IPM Technology Co.)이었고, 트랩은 지상으로부터 약 1.5m 높이에 있는 사과나무 가지에 설치하였다. 방향의 영향을 방지하기 위하여 조사시마다 트랩 위치를 바꾸어 주었다.

북송아원에 애모무늬잎말이나방의 성페로몬 조성을 알아보려고 경북 청도에 있는 청도북송아시험장 내 북송아원에서, 2000년 6월 9일에서 7월 21일까지 성페로몬 성분 Z11-14:Ac와 Z9-14:Ac의 비율 100:0에서 0:100로 제조된 성페로몬 미끼를 설치하였으며 2000년 8월 11일부터 8월 23일까지는 성페로몬 성분 Z11-14:Ac와 Z9-14:Ac의 비율 97:3, 95:5, 93:7, 90:10, 85:15로 제조된 성페로몬 미끼를 윙트랩에 설치하여 유인되는 수컷성충 수를 조사하였다.

설치 방법은 사과원의 경우와 동일하였다. 유럽과 일본에서 보고된 애모무늬 잎말이나방 성페로몬 미량성분인 10-methyl dodecyl acetate(10me-12:Ac)와 E11-tetradecenyl acetate(E11-14:Ac)가 우리나라 사과원에 발생하는 사과애모무늬잎말이나방 수컷 유인에 미치는 영향을 조사하기 위해 성페로몬 성분 Z11-14:Ac와 Z9-14:Ac의 비율 95:5(총량 1mg)로 제조된 성페로몬 미끼에 두 성분 량에 대해 10me-12:Ac를 0, 1, 10, 100% 비율로 첨가하고 E11-14:Ac는 두 성분 량에 대해 0, 1, 5, 10% 비율로 첨가하여 경기도 수원 농촌진흥청 여기산 사과원에서 2001년 8월 3일부터 9월 4일까지 수컷유인 수를 조사하였다.

상기의 실험은 1997년 7월 18일에서 8월 11일까지의 실험을 제외하고는 모두 3반복 이상으로 실시하였으며 조사된 수컷 포획 수는 95% 신뢰수준에서 Duncan multiple range test(DMRT)로 처리간 유의성을 검정하였다.

제 3 절. 결과 및 고찰

1. 실험곤충사육

실험곤충을 안정적으로 확보하기 위해 1997년 야외 사과원에서 채집한 사과애모무늬잎말이나방 유충을 인공사료로 사육한 결과, 유충의 생존율은 A-2-1 사료에서 가장 높았다(표 2, 3). 일부 사료를 변경하여 1999년부터 A-Fix로 사육한 결과, 성충까지의 우화율이 암컷 80%, 수컷 74%로 누대사육에 적합하다고 판단되어 이후 누대사육은 A-Fix 조성의 인공사료로 개체사육 컵을 이용하여 사육, 실험곤충을 안정적으로 공급할 수 있었다.

유충은 어린 유충(1령)일 때 가장 많이 죽었으며 3령 이후에는 거의 사망하지 않고 성충까지 우화할 수 있었다. 성충의 경우 교미 성공을 위해서는

습도가 가장 중요하였는데 성충기간 동안 상대습도를 80% 이상으로 유지하여야 암컷의 성페로몬 방출행동이 관찰되었고 교미가 가능하였다.

산란된 알의 경우에도 습도 유지가 중요하여 상대습도 90% 이상을 유지해야 성공적으로 부화할 수 있어 가습 이외에도 부화상자 내에 물을 자주 뿌려주는 것이 필요하였다. 인공사료로 사육된 사과애모무늬잎말이나방의 각 단계별 기간은 알기간이 약 9일, 유충기간은 암 수 각각 28일과 30일, 용기간은 암수 모두 7일 정도로 알에서 성충이 되기까지의 기간은 암 수 각각 44일과 46일이 소요되었다(표 3).

표 2. 인공사료로 사육한 사과애모무늬잎말이나방 유충의 생존율

| 사료종류 | A-2-1 | A-5-1 | A-6-1 |
|-----------|---------|--------|--------|
| 조사기간 | 17일 | 17일 | 16일 |
| 생존유충수/접종수 | 139/180 | 73/180 | 60/180 |
| 생존율(%) | 77.2 | 40.6 | 30.0 |

표 3. 인공사료로 키운 사과애모무늬잎말이나방 유충의 발육기간과 우화율

| 성별(우화 수/부화유충 수) | 암컷(200/250) | 수컷(184/250) |
|------------------|-------------|-------------|
| 유충기간(일) | 28.0±3.3 | 29.6±2.1 |
| 용기간(일) | 6.7±1.1 | 7.0±1.1 |
| 부화에서 우화까지 성공율(%) | 80.0 | 73.6 |

2. 교미행동 관찰

사과애모무늬잎말이나방 암컷은 광조건 16L:8D에서 불이 꺼진 뒤 5시간째 (불 켜지기 1시간 전)부터 성페로몬샘을 들출시키는 유인행동을 시작하여 불 꺼진 뒤 7시간째에 최대 유인행동을 나타내었다(그림 3).

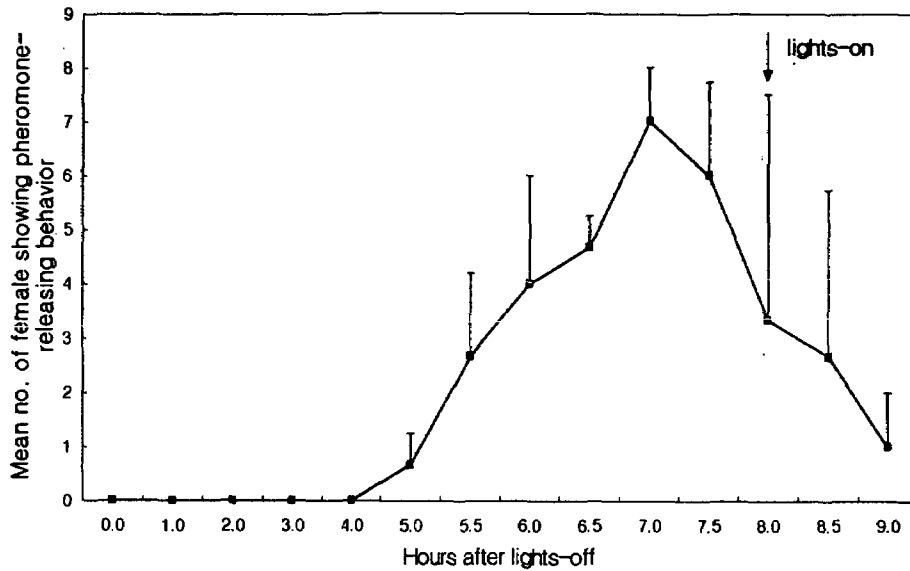


그림 3. 광조건 16L:8D하에서 시간대 별 사과애모무늬잎말이나방 암컷의 성페로몬 방출행동

유인행동은 이 후 불켜진 뒤 1시간까지 계속되었다(그림 3). 교미는 불 꺼진 뒤 7시간에 가장 많이 이루어져 이 시간대에 성페로몬이 가장 활발히 분비되는 것으로 여겨졌다(그림 4). 그러나 불 켜진 뒤에는 더 이상 교미가 이루어지지 않아 사과애모무늬잎말이나방의 교미 종료는 빛이 관여할 가능성이 높았다. 실제 야외에서 사과애모무늬잎말이나방 수컷이 페로몬 트랩에 유인되는 시간을 조사한 결과도 이와 유사하여 해 뜨기 한시간 전에 대부분의 수

컷이 성페로몬 트랩에 유인되었다. 따라서 수컷의 행동 역시 일일주기성을 가지고 성페로몬에 반응함을 알 수 있었다(그림 5).

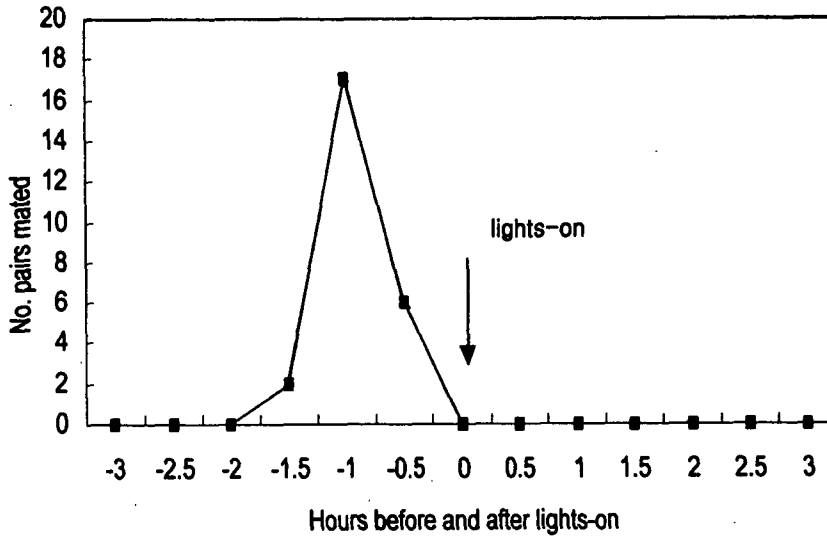


그림 4. 시간대별 교미하는 사과애모무늬잎말이나방의 쌍 수

일본의 사과과수원에 발생하는 사과애모무늬잎말이나방(*A. orana fasciata*)은 불 켜진 후에 교미를 하는 것으로 보고되어(Tamaki 등, 1976; Monti 등, 1997), 우리나라에 발생하는 사과애모무늬잎말이나방은 주변국의 같은 종과 다른 생식행동 주기를 보여 같은 종이라도 성페로몬 조성변이 뿐 아니라 생식행동 주기에서도 변이가 발생하였음을 알 수 있다. 그러나 일본의 차 재배 지역에 발생하는 차애모무늬잎말이나방(*Adoxophyes* sp. - 일본에서는 최근 *A. honmai*로 명명(Yasuda, 1998)) 및 대만의 차재배지에 발생하는 차애모무늬잎말이나방(*A. sp.*)은 불 켜지기 직전에 교미를 하는 것으로 보고되어

(Kou 등, 1990) 우리나라에 발생하는 사과애모무늬잎말이나방과 비슷한 행동 주기를 보였다.

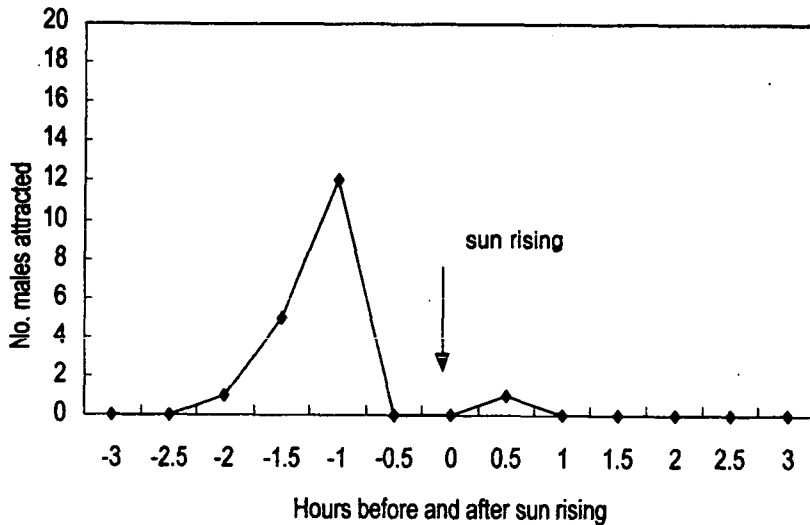


그림 5. 시간대별 성페로몬 트랩에 유인되는 사과애모무늬잎말이나방 수컷의 수(경북 청도, 2000. 8. 22)

3. 성페로몬 추출 및 조성 확인

사과애모무늬잎말이나방의 성페로몬 조성을 확인하기 위해 지금까지의 실험을 통해 확인된 교미시간대에 성페로몬샘을 절단하고 헥산으로 추출하여 GC로 분석하였다(그림 6). 미 교미암컷 성충들의 구애행동 최고시간대에 추출된 암컷 복부 끝에는 tetradecanyl acetate(14:Ac), Z9-tetradecenyl acetate(Z9-14:Ac), Z10-tetradecenyl acetate(Z10-14:Ac), Z11-tetradecenyl acetate(Z11-14:Ac), Z9-hexadecenyl acetate (Z9-16:Ac) 등이 검출되었고(표

4), 불 꺼진 뒤의 구애행동 및 교미행동의 최고시간대 근처에서 추출된 시료가 불 꺼지기 직전(낮 시간대)에 추출된 시료보다 각 성분의 추출량이 훨씬 많아 생식행동시기와 성페로몬 합성 방출시기가 일치함을 시사하였다(표 4).

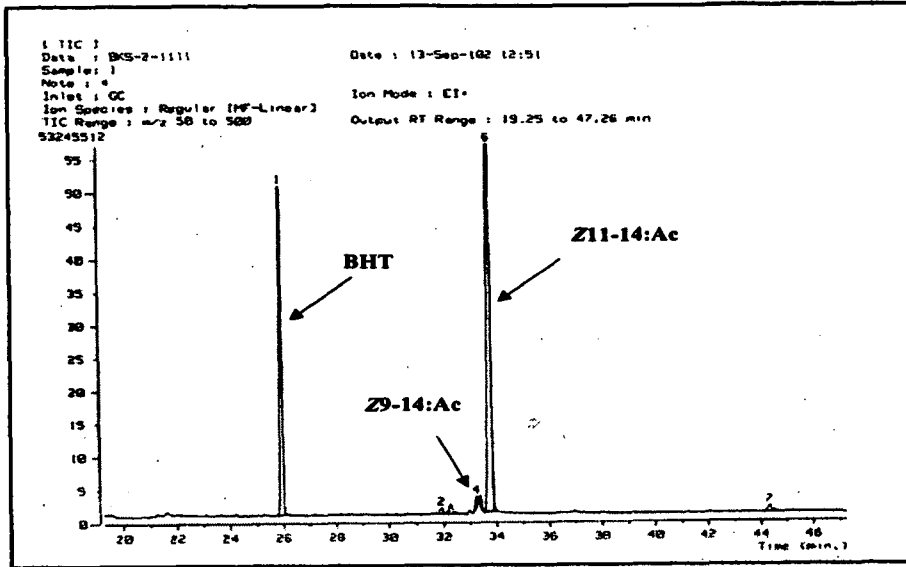


그림 6. 사과애모무늬잎말이나방 암컷에서 추출한 성페로몬 성분들에 대한 GC gram

이렇게 분석된 시료를 GC-MS로 검정한 결과, Z9-14:Ac(그림 7)와 Z11-14:Ac이 확인되었다(그림 8). 이 두 성분은 *E11-tetradecenyl acetate* (*E11-14:Ac*)와 함께 많은 잎말이나방과의 곤충들이 성페로몬 성분으로 이용하고 있다고 보고되고 있다. 특히 사과애모무늬잎말이나방과 같은 아과에 속해있는 많은 근연 종에서 Z9-14:Ac와 Z11-14:Ac를 성페로몬으로 이용하고 있어 종 간의 생식격리를 유지하기 위해서는 각 종마다 서로 다른 특정한 조성의 성페로몬을 이용하거나 다른 미량성분을 같은 종의 유인 또는 다른 종

에 대한 기피의 기능으로 이용할 가능성이 높다. GC분석 결과, Z11-14:Ac와 Z9-14:Ac의 비율은 약 95:5로 이 두 성분이 이 부근의 조성에서 성페로몬의 기능을 나타낼 것으로 여겨졌다.

표 4. 추출시간별 사과애모무늬잎말이나방 암컷 복부끝 추출물의 GC분석에서 나타난 피크들과 성분들

| Retention time (min.) | Compounds identified | Mean ratio (mean amount(ng)/female) | |
|-----------------------|--|---|--|
| | | 2 hrs. before lights-on (7 ¹) | 1 hr before lights-off (9 ¹) |
| 12.02 | Tetradecanyl acetate (14:Ac) | 0.3 (0.7) | 0 (0) |
| 12.57 | (Z)-9-Tetradecenyl acetate (Z9-14:Ac) | 6.6 (10.3) | 13.8 (0.63) |
| 12.65 | (Z)-10-Tetradecenyl acetate (Z10-14:Ac) ² | Not calculated | Not calculated |
| 12.78 | (Z)-11-Tetradecenyl acetate (Z11-14:Ac) | 100 (162.9) | 100 (4.54) |
| 15.77 | (Z)-9-Hexadecenyl acetate (Z9-16:Ac) | 3.7 (5.2) | 33.9 (1.54) |

¹ 반복수

² 이 화합물은 retention time의 일치로 추정된 것임.

성페로몬 합성과 방출의 일일주기성을 알아보기 위해 1시간 간격으로 성페로몬샘을 추출하여 분석한 결과, 성페로몬의 주성분인 Z11-14:Ac의 경우 불꺼진 뒤 7시간(불 켜지기 1시간 전)에서 9시간째에 가장 많은 양이 합성되어 분비됨을 알 수 있었고 이는 생식행동 주기와 일치하였다(그림 9). 성페로몬 분비량을 보면 생식활동 최고 시간대(성페로몬 방출량이 최대가 되는)에 주성분인 Z11-14:Ac은 암컷 1 마리 당 약 100ng 정도였다 그러나 생식 활동이 일어나지 않는 낮기간 동안에도 적은 양이지만 성페로몬이 검출되었다.

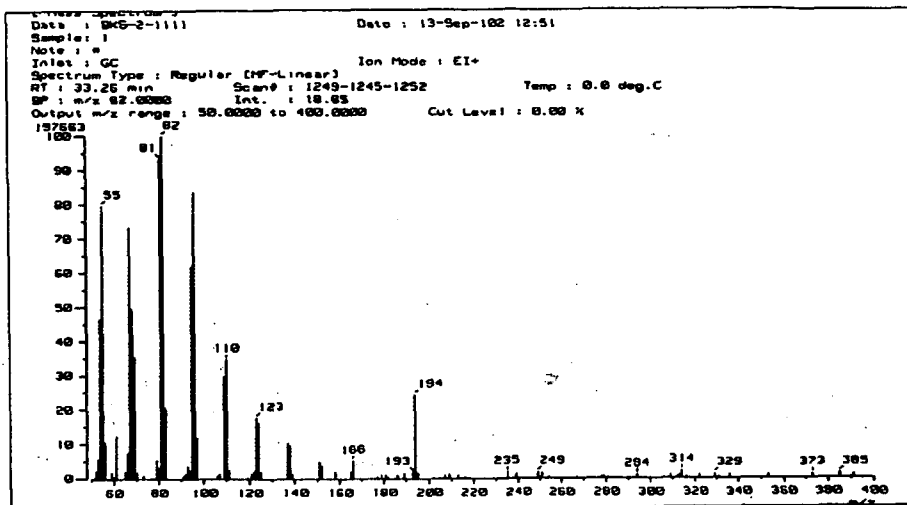


그림 7. 사과애모무늬잎말이나방 성페로몬 주성분 Z9-14:Ac의 GC-MS 스펙트럼

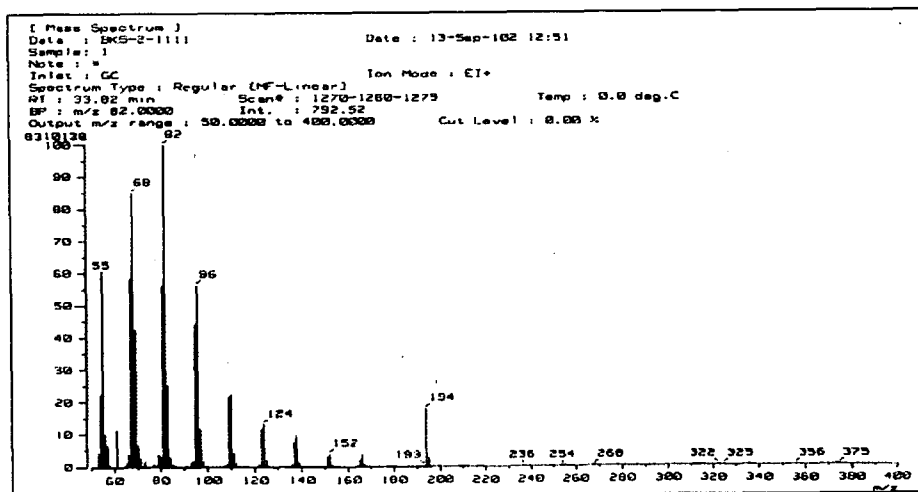


그림 8. 사과애모무늬잎말이나방 성페로몬 주성분 Z11-14:Ac의 GC-MS 스펙트럼

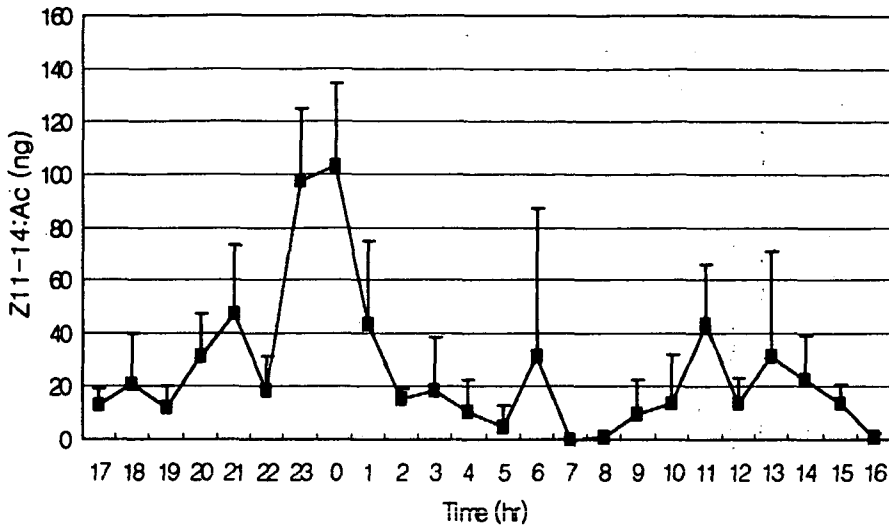


그림 9. 하루동안의 사과애모무늬잎말이나방 성페로몬의 합성과 방출리듬

비 생식 시간대에 성페로몬 성분이 검출되는 현상은 담배나방이나 파밤나방 등 밤나방과 해충에서는 나타나지 않아 일반적인 경우는 아니나 대만에서 사과애모무늬잎말이나방과 근연 종인 차를 가해하는 애모무늬잎말이나방(*A. sp.*)의 사례에서도 보고된 바 있어(Koh 등, 1990), 잎말이나방과의 특성일 가능성이 높다.

암컷 성충 나이별 성페로몬 양은 우화 후 2일째부터 증가하기 시작하여 우화 6일째까지 지속되었다(그림 10). 이 기간동안 성페로몬의 성분 Z9-14:Ac의 비율은 5%를 넘지 않아 두 가지성분의 비율은 일정하게 유지되었다(그림 11). 우리나라에서 발생하는 사과애모무늬잎말이나방의 페로몬샘 추출 결과, 그 조성은 아래에 기술된 야의 포획실험 결과를 통해 얻어진 수컷 애모무늬잎말이나방의 최적 유인 조성파 일치하였다. 이 조성비(Z11-14Ac

와 Z9-14Ac의 비가 95:5)는 유럽과 동북아시아에서 발생하는 애모무늬잎말이나방의 기존 보고된 조성과 차이가 있었다. 이에 대한 자세한 논의는 아래 야외포획 결과와 같이 다를 것이다.

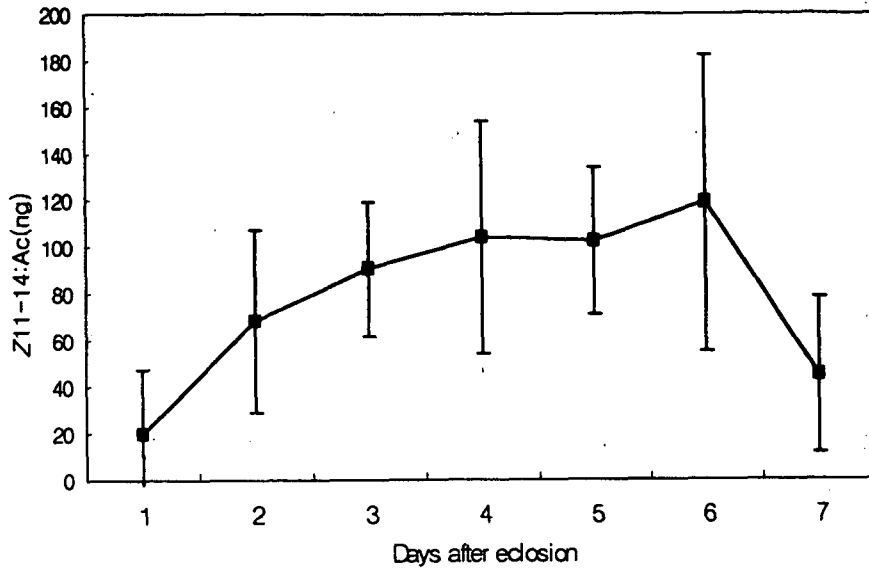


그림 10. 사과애모무늬잎말이나방 암컷의 나이별 성페로몬 성분 Z11-14:Ac의 합성/방출량

4. 촉각전기전도 반응 (Electroantennogram, EAG)과 GC-EAD (Electroantennodetector) 검정

사과애모무늬잎말이나방 성페로몬 성분들을 확인하기 위해 미 교미 암컷 성충의 성페로몬샘을 절단하고 헥산으로 추출하여 GC-EAD로 검정하였다. GC의 FID와 GC와 연결된 EAD조사는 GC를 통해 분리되는 각각의 성분들을 별도로 순수분리함이 없이 실험관중의 촉각에 전기적 활성을 일으키는지

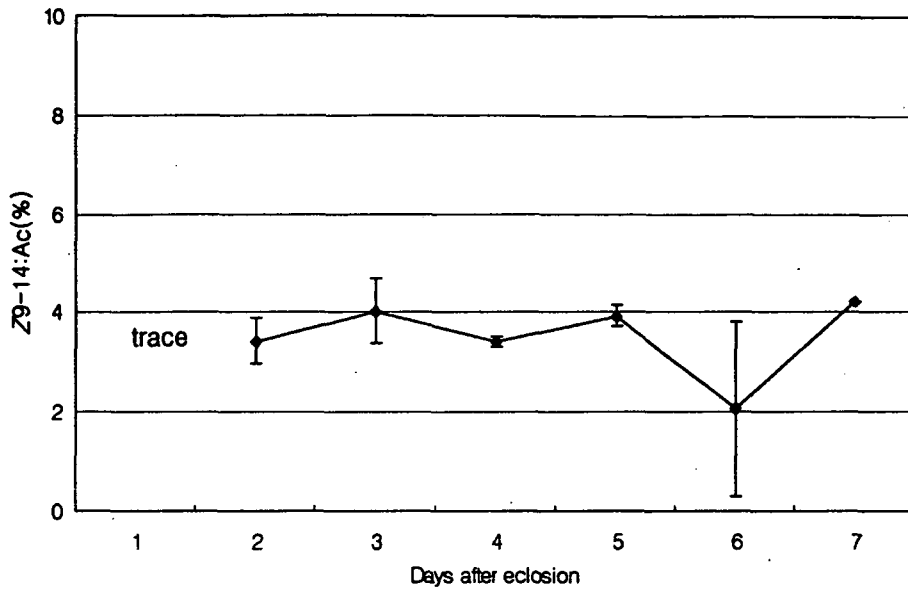


그림 11. 사과애모무늬잎말이나방 암컷의 나이별 성페로몬 성분 Z9-14:Ac의 함량비

를 탐색하여 활성성분을 검색한 방법이다. 사과무늬잎말이나방 수컷 성충 감각기에 대한 촉각 전도반응과 GC의 FID 반응을 비교한 결과 촉각전도반응을 일으키는 물질은 Z9-14:Ac와 Z11-14:Ac로 확인되었고 다른 성분들은 유의한 반응을 일으키지 않았다(그림 12).

GC분석과 GC-EAD의 결과로 알 수 있는 성페로몬성분 Z11-14:Ac와 Z9-14:Ac, 및 그 유사성분, 그리고 차를 가해하는 애모무늬잎말이나방의 성페로몬성분인 10me-12:Ac 등 단일성분에 대한 촉각전기전도 반응(EAG) 결과, Z11-14:Ac가 가장 높은 전기전도반응을 일으켰고 Z9-14:Ac도 높은 반응을 일으켜 수컷 촉각이 이 두 성분을 감지함을 알 수 있었다. E11-14:Ac의 경우 주성분에 대해 유의성은 없었으나 다른 성분에 비해 상대적으로 높은

반응을 일으켜 생물적 기능이 있을 것으로 예상되고 있다(그림 13).

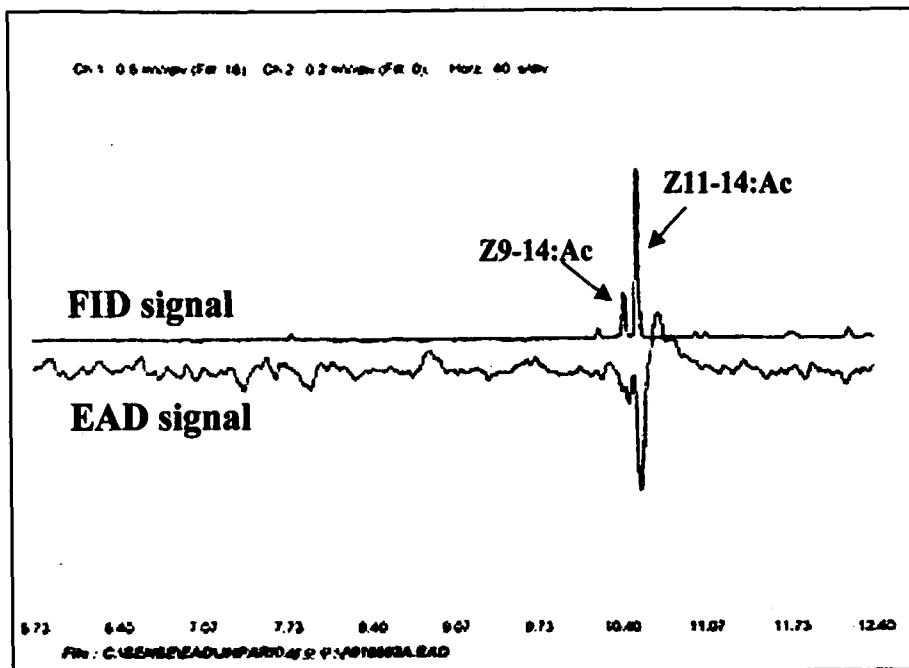


그림 12. 성페로몬샘 추출물에 대한 GC-EAD 그림

이 결과는 우리나라에 서식하는 사과애모무늬잎말이나방의 경우 유럽에 서식하는 애모무늬잎말이나방과 달리 Z11-14:Ac와 Z9-14:Ac 두 성분만을 성페로몬으로 이용하고 있고 이는 일본에 서식하는 차를 가해하는 차애모무늬잎말이나방과도 차이가 있음을 말해 주고 있다.

성페로몬의 두 가지 성분 Z11-14:Ac와 Z9-14:Ac에 대한 EAG 반응성은 모두 양이 증가함에 따라 반응크기가 증가하는 경향을 나타내었다(그림 14). 두 성분 Z11-14:Ac와 Z9-14:Ac의 각기 다른 조합에 대한 사과애모무늬잎말이나방 수컷 촉각 감각기 반응은 Z11-14:Ac만이 처리되었을 때 가장 높았으며 Z9-14:Ac가 첨가될수록 감소하는 경향을 나타내었다(그림 15). 이를 통해

제 2성분인 Z9-14:Ac의 첨가비율이 높지 않을 것으로 여겨지며 이는 GC분석 결과 성페로몬샘에 방출되는 Z9-14:Ac의 양이 상대적으로 미량인 사실과 부합된다.

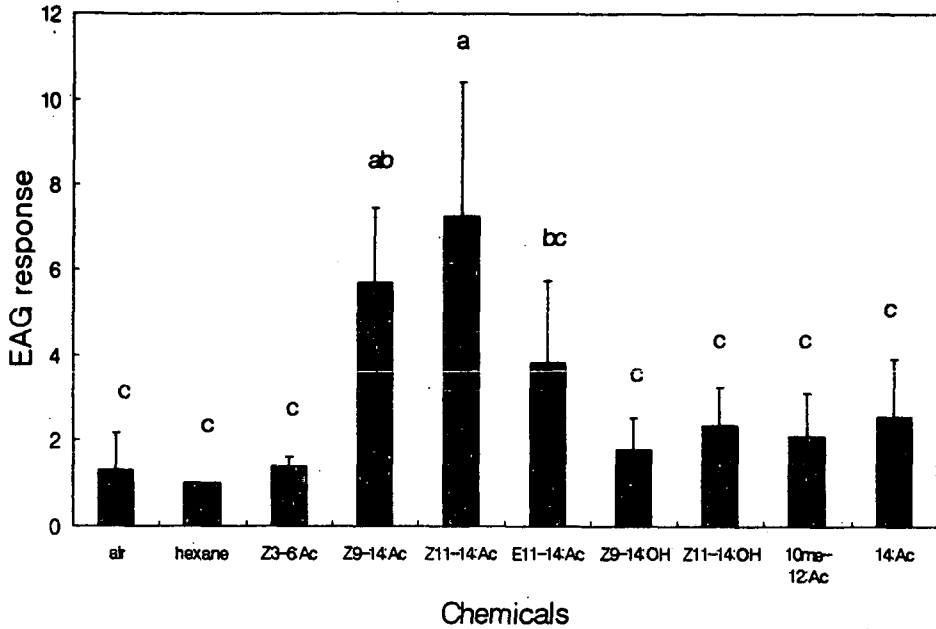


그림 13. 사과애모무늬잎말이나방 수컷의 EAG 반응

5. 행동실험

사과애모무늬잎말이나방 성페로몬 성분 Z9-14:Ac와 Z11-14:Ac의 각기 다른 조성에 대한 수컷의 반응은 조성비 95:5와 75:25사이에서 가장 높은 반응을 나타내어 이 사이의 조성이 사과애모무늬잎말이나방 수컷을 유인할 수 있음을 시사하였다(그림 16).

또한 Z9-14:Ac의 함량이 높아질수록 유인반응은 감소하였으며 제3성분으로 예상되던 14:Ac는 성페로몬 활성이 없는 것으로 여겨졌다.

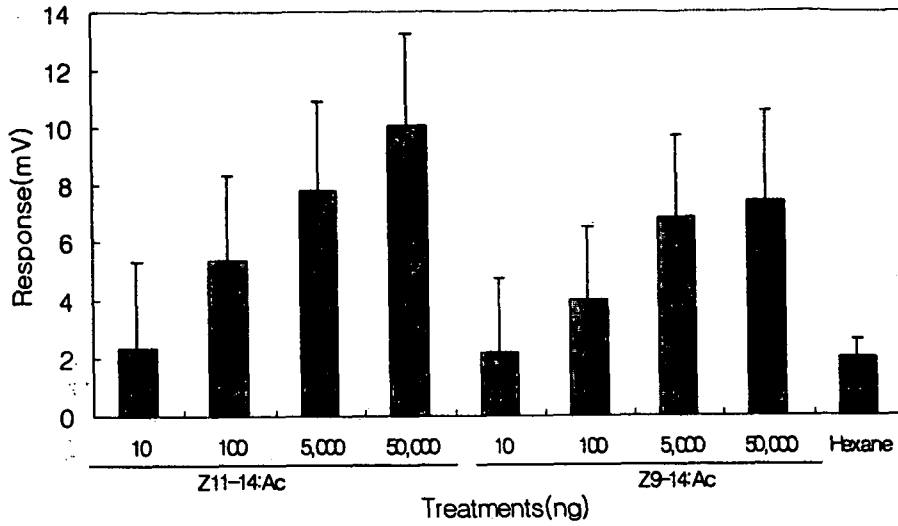


그림 14. 성페로몬 두 가지 성분(Z11-14:Ac와 Z9-14:Ac) 량별 사과애모무늬잎말이나방 수컷 촉각의 EAG 반응

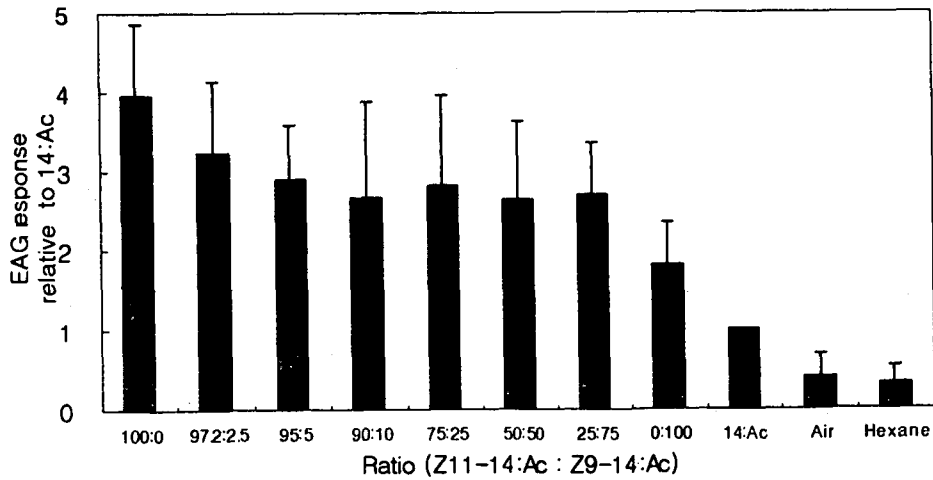


그림 15. 성페로몬 두 가지 성분(Z11-14:Ac와 Z9-14:Ac)의 배합비율에 따른 사과애모무늬잎말이나방 수컷 촉각의 EAG 반응

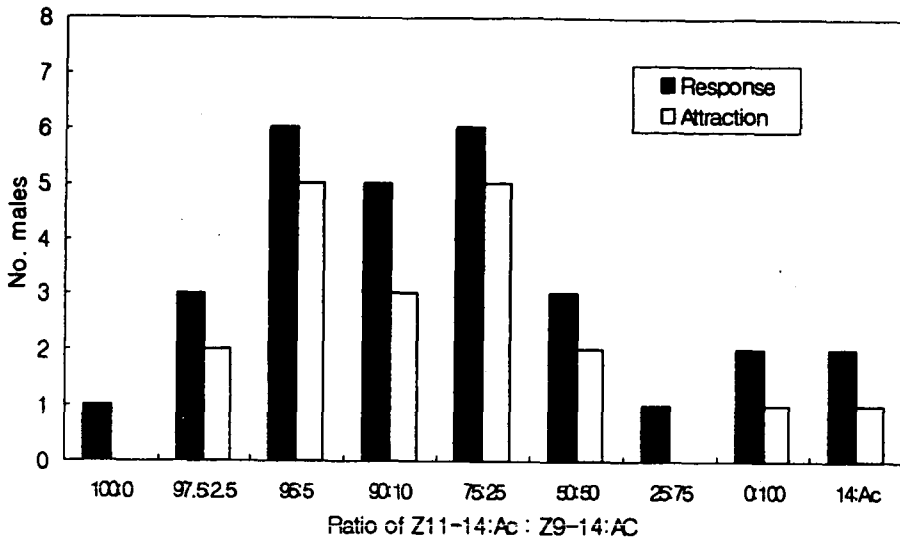


그림 16. 성페로몬의 두가지 성분의 조성비에 따른 사과애무늬잎말이나방 수컷의 행동반응

6. 야외포획

1997년도 경북 군위 소재 대구사과연구소 포장 내에 실시된 야외포획 실험에서 두가지 성분 Z11-14:Ac와 Z9-14:Ac의 90:10 비율에서 많은 수컷들이 포획되어 이 조성비 부근에서 성페로몬 조성이 결정될 가능성을 보여주었다(그림 17). 이를 좀 더 세분화시켜 95:5의 비율에서부터 60:40의 비율까지의 미끼에 대한 수컷 성충의 유인 수를 조사한 결과 95:5의 비율에서 가장 많이 포획되었다(그림 18). 비교미 암컷 2마리와의 유인력 비교에서도 더 많은 수의 수컷 성충을 유인하여 95:5 조성이 사과애무늬잎말이나방을 유인하고 예찰하는데 적합한 조성으로 판단되었고 이는 성페로몬샘 분석 결과와도 일치하였다. 1998년에 계속되는 실험으로 99:1, 97:3, 95:5, 93:7, 91:9의 비율로

조사한 결과 이 범위의 조성간에는 유인된 수컷 수에서 유의차는 찾을 수 없었으나 97:3부터 93:7의 조성 미끼에 더 많은 수컷이 유인되었다(그림 19).

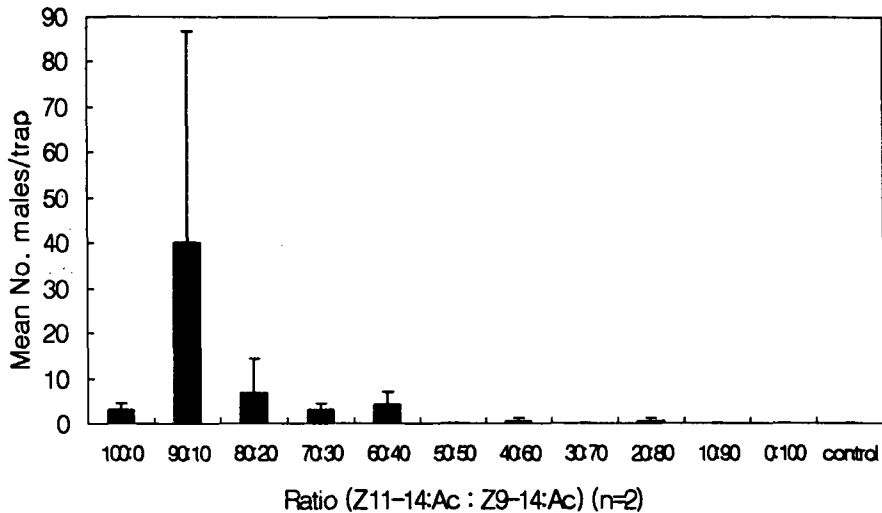


그림 17. 성페로몬 트랩에 포획된 사과애모무늬잎말이나방 수컷 수
(경북군위 사과원, 1997. 7. 18 - 8. 11)

2000년도 경북 청도 소재 청도복숭아시험장 내 복숭아원에서 실시된 야의 포획 실험에서는 경북 군위 사과원의 결과와 마찬가지로 두가지 성분 Z11-14:Ac와 Z9-14:Ac의 90:10 비율에서 많은 수컷들이 포획되었고(그림 20) 계속되는 실험으로 97:3, 95:5, 93:7, 90:10, 85:15의 비율로 조사한 결과 95:5의 조성이 가장 많은 수의 수컷을 유인해(그림 21) 복숭아를 가해하는 애모무늬잎말이나방은 사과애모무늬잎말이나방과 같은 종류의 집단으로 판단되었다. 따라서 복숭아원에서도 역시 이 조성의 성페로몬을 이용하여 사과애모무늬잎말이나방을 예찰하고 방제할 수 있을 것으로 여겨진다.

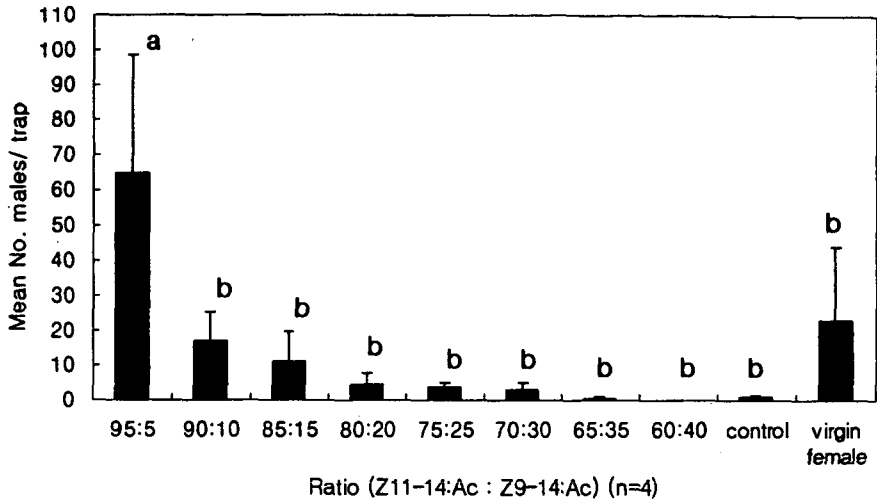


그림 18. 성페로몬 트랩과 암컷트랩에 포획된 사과애무늬잎말이나방 수컷 수 (경북 군위 사과원, 1997. 8. 14 - 8. 28)

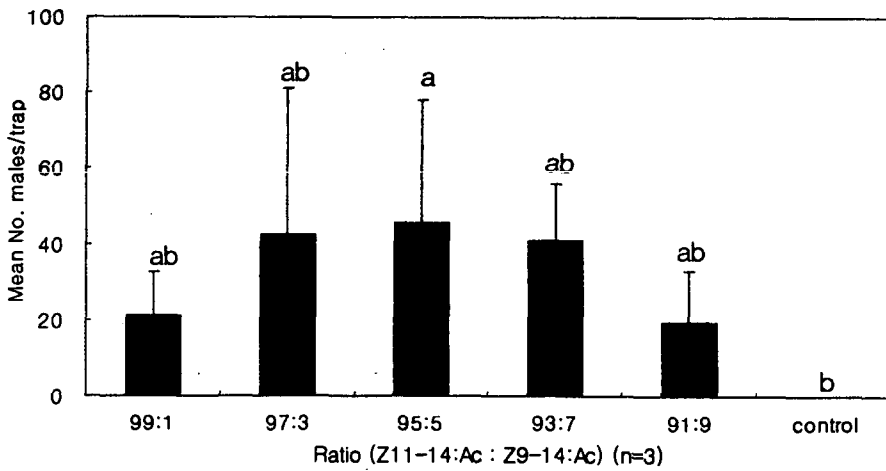


그림 19. 성페로몬 트랩에 포획된 사과애무늬잎말이나방 수컷의 수 (경북 군위 사과원, 1998. 5. 25 - 8. 20)

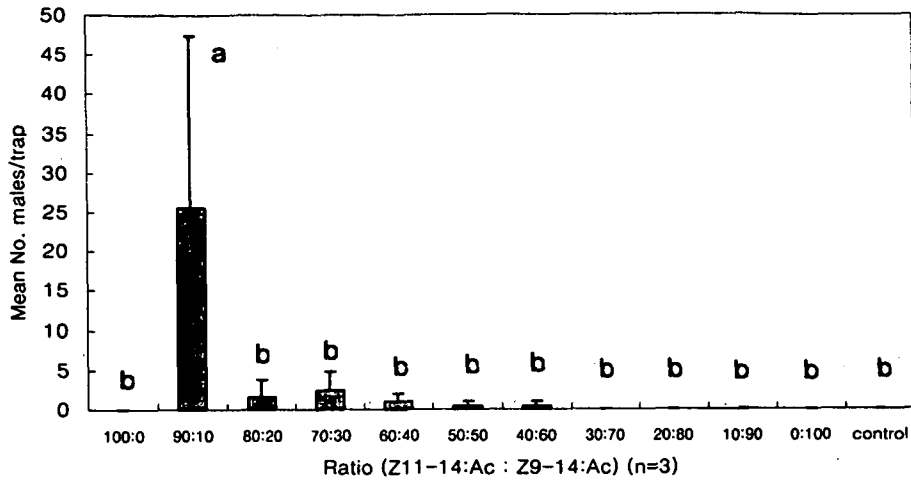


그림 20. 성페로몬 트랩에 포획된 사과애모무늬잎말이나방 수컷의 수
(경북 청도 복숭아원, 2000. 6. 9 - 7. 21)

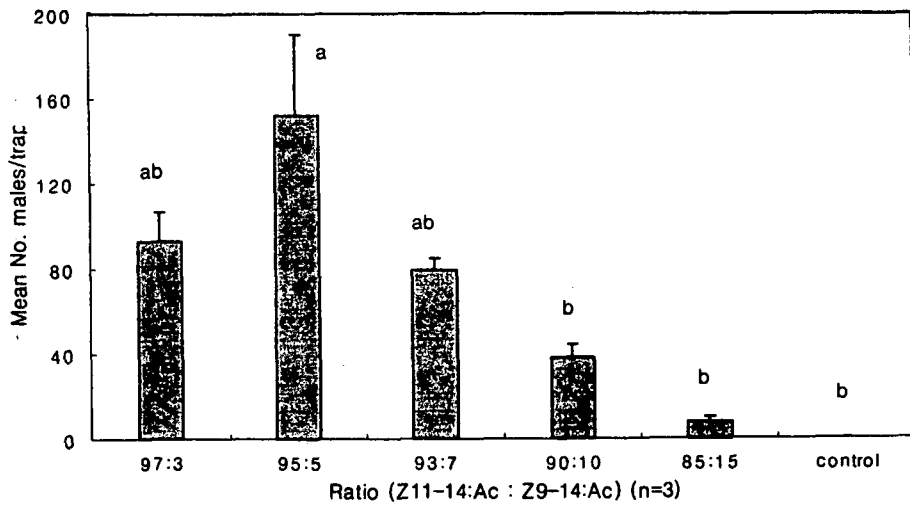


그림 21. 성페로몬 트랩에 포획된 사과애모무늬잎말이나방 수컷 수
(경북 청도 복숭아원, 2000. 8. 11 - 8. 23)

유럽(Guerin 등, 1986)과 일본(Tamaki *et al.*, 1971b, 1980)에서 보고된 애모무늬잎말이나방 성페로몬 미량성분인 10me-12:Ac와 E11-14:Ac가 우리나라 사과원에 발생하는 사과애모무늬잎말이나방 수컷 유인에 미치는 영향을 조사하기 위한 야외 유인실험에서, 10me-12:Ac는 1%나 10%의 첨가시에 수컷 유인력에 영향을 주지 않는 것으로 나타났고(그림 22), E11-14:Ac는 5% 이상 첨가시 수컷 유인력이 급격히 감소하고 10% 첨가시 수컷이 전혀 유인되지 않는 기피효과를 나타내어(그림 23) 이 성분은 근연종의 잎말이나방이 사과애모무늬잎말이나방과의 생식격리에 이용되는 성분인 것으로 여겨진다.

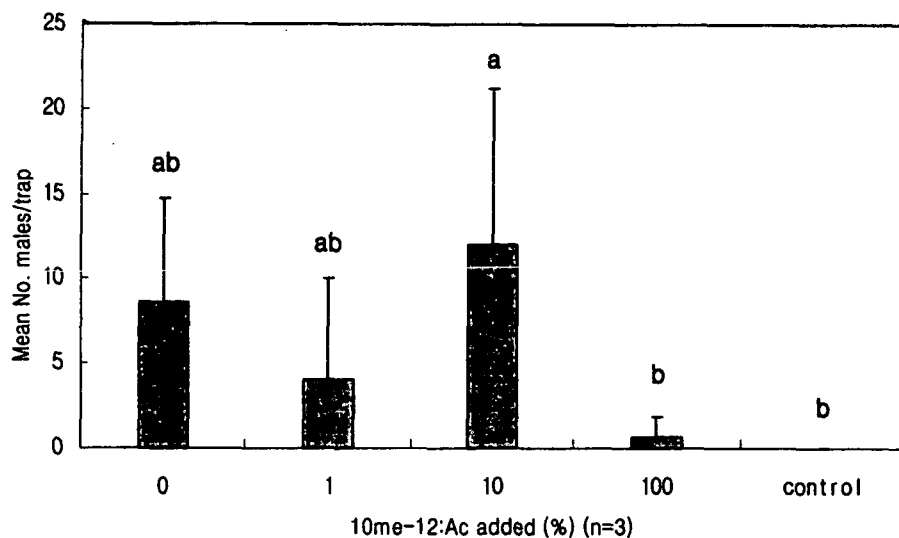


그림 22. 10me-12:Ac가 첨가된 트랩에 포획된 사과애모무늬잎말이나방 수컷의 수 (경기 수원 사과원, 2001. 8. 3 - 9. 4)

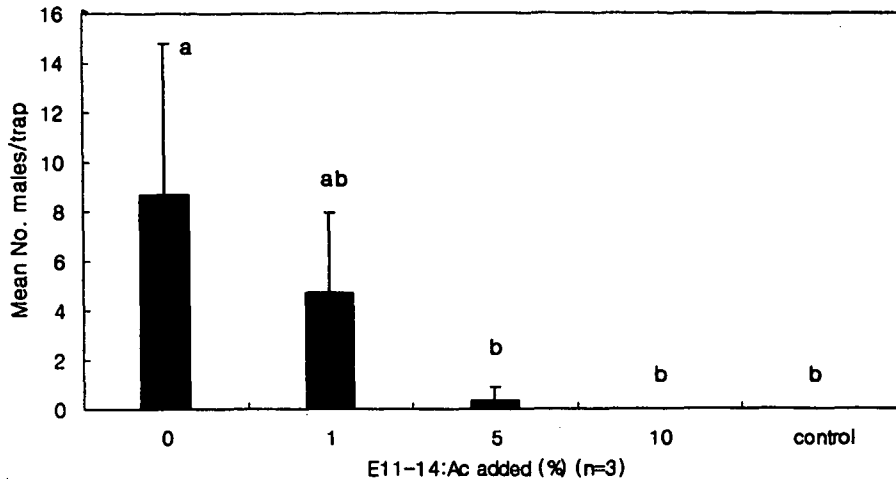


그림 23. E11-14:Ac가 첨가된 트랩에 포획된 사과애모무늬잎말이나방 수컷의 수 (경기 수원 사과원, 2001. 8. 3 - 9. 4)

우리나라 사과와 복숭아 과수원에서 발생하는 애모무늬잎말이나방의 야외 포획실험 결과는 페로몬샘 추출 실험과 동일한 조성 결과를 얻었다. 즉, 이들 애모무늬잎말이나방(사과애모무늬잎말이나방)은 암컷 나방이 합성하는 페로몬 조성이나 수컷들이 최적으로 유인되는 조성이 동일하였다. 그 조성은 일본, 중국의 사과과수원에서 발생하는 애모무늬잎말이나방과 차이를 보였다(일본에서는 사과에서 주로 발생하는 사과애모무늬잎말이나방과 차에서 발생하는 애모무늬잎말이나방을 다른 종으로 분류를 하는데 반해 중국은 동일 종 내의 아종으로 분류를 한다. 대만에서는 아직 이들의 차이에 대한 보고가 없다). 국내 사과애모무늬잎말이나방의 경우 Z11-14Ac와 Z9-14Ac의 비가 95:5로 일본의 사과애모무늬잎말이나방(10:90) (Tamaki 등, 1971a)과 중국에서 사과와 복숭아를 가해하는 애모무늬잎말이나방의 20:80 (Fu 등, 1999)과 거의 반대되는 조성비를 보여주었다. 또한 일본의 차애모무늬잎말이나방 (30:70) (Tamaki *et al.*, 1971b, 1980), 대만의 차애모무늬잎말이나방 (64:36) (Kou *et al.*, 1990), 중국에서 차와 목화를 가해하는 것으로 보고된 애모무늬잎말이나방(75:25)과도 다른 페로몬 성분비를 보여주어 우리나라에서

특이적으로 분화하고 발생하는 것으로 여겨진다(표 5). 더구나 국내 차와 배 과수원에서 발생하는 애모무늬잎말이나방의 페로몬 조성과도 다른 것으로 최근 본 연구실에서 확인하였다(60:40). 이처럼 근연종 또는 같은 종 내의 지역적 페로몬 조성 차이는 이들 말고도 담배나방, 조명나방, 복숭아심식나방, 복숭아명나방, 사과굴나방 등에서 보고되었다(Boo, 1998). 따라서 다양한 해충들에 대해 정보통신물질을 이용한 예찰이나 방제를 하고자 할 때, 보다 효과적인 결과를 얻기 위해서는 이러한 지역적 변이를 고려한 연구가 언제나 선행되어 우리나라에서 발생하는 해충 종에 대한 정확한 성페로몬 조성을 알아야 할 필요성은 다시 확인 할 수 있다.

표 5. 동북아시아지역에 발생하는 애모무늬잎말이나방의 성페로몬 조성

| 국가명 | 곤충명 | 기주식물 | 성페로몬 조성 | 인용 |
|-----|--------------------------|---------|---------|-----------------|
| 한국 | <i>Adoxophyes orana</i> | 사과, 복숭아 | 95 : 5 | 본 연구결과 |
| | <i>A. orana</i> | 배, 차 | 60 : 40 | Han 등, 1998 |
| 일본 | <i>A. orana fasciata</i> | 사과 | 10 : 90 | Tamaki 등, 1971a |
| | <i>A. honmai</i> | 차 | 30 : 70 | Tamaki 등, 1979 |
| | <i>A. sp.</i> | 차 | 80 : 20 | Tamaki 등, 1971b |
| 중국 | <i>A. orana</i> | 사과, 복숭아 | 20 : 80 | Fu 등, 1999 |
| | <i>A. orana</i> | 차, 목화 | 75 : 25 | Fu 등, 1999 |
| 대만 | <i>A. sp.</i> | 차 | 60 : 40 | Kou 등, 1990 |

제 4 절. 결 론

사과 잎과 과실을 가해하는 주요 해충의 하나인 사과애모무늬잎말이나방을 성페로몬을 이용하여 발생정도를 예찰하고 교미교란방법을 이용하여 방제하기 위해 이 나방의 성페로몬 조성과 활성에 대한 연구를 수행한 결과,

1. 사과애모무늬잎말이나방 암컷은 광조건 16L:8D에서 불 꺼진 뒤 5시간째부터 성페로몬샘을 들출시키는 유인행동을 시작하여 불 꺼진 뒤 7시간째(불 켜지기 1시간 전)에 최대 유인행동을 나타내었고, 시간별로 성페로몬을 추출하여 분석하였을 때, 불 꺼진 뒤 7시간 (불 켜지기 1시간 전)에서 8시간째에 가장 많은 양의 성페로몬이 합성되어 생식행동 주기와 일치하였다 수컷이 성페로몬 미기에 유인되는 시간도 이와 유사하게 해 뜨기 한시간 전에 최대 유인경향을 보여 암 수컷 모두 성페로몬 방출과 인지에 동일한 주기성을 나타내었다.

2. 교미시간대에 성페로몬샘을 절단하고 hexan으로 추출하여 GC-MS로 분석한 결과, Z11-tetradecenylacetate(Z11-14:Ac)와 Z9-tetradecenylactate(Z9-14:Ac)이 확인되었다. 성페로몬 성분 분비량은 주성분 Z11-14:Ac의 경우 약 100ng 정도였으며 Z11-14:Ac와 Z9-14:Ac의 비율은 약 95:5 이었다. 암컷 성충 나이별 성페로몬 양은 우화 후 2일째부터 증가하기 시작하여 우화 6일째까지 지속되었다

3. 분석된 성분의 생물활성을 알아보기 위해 GC-EAD와 EAG를 실시한 결과, Z11-14:Ac와 Z9-14:Ac만이 유의성있는 활성을 나타내었고, 행동반응 검정에서는 조성비 95:5에서 75:25사이에서 가장 높은 수컷 반응을 나타내었다.

4. 유럽과 일본에서 보고된 애모무늬잎말이나방 성페로몬 미량성분인 10me-12:Ac와 E11-14:Ac, 14:Ac의 성페로몬 활성은 EAG와 야외 유인실험

에서 나타나지 않아 성페로몬 성분이 아닌 것으로 판명되었고 E11-14:Ac는 수컷이 유인되지 않는 기피효과를 나타내었다

5. 사과원에서 실시된 순차적인 야외포획 실험에서 두가지 성분 Z11-14:Ac와 Z9-14:Ac의 95:5 비율에서 가장 많은 수컷이 유인되었고 미 교미 암컷과의 유인력 비교에서도 더 많은 수의 수컷 성충을 유인하여 95:5 조성이 사과애모무늬잎말이나방을 유인하고 예찰하는 데 적합한 조성으로 판단되었다.

6. 복숭아원에서 실시된 야외포획 실험에서도 두가지 성분 Z11-14:Ac와 Z9-14:Ac의 95:5 조성이 가장 많은 수의 수컷을 유인해 복숭아를 가해하는 집단은 사과를 가해하는 집단과 같은 종류로 판단되었다. 따라서 복숭아원에서도 역시 이 조성의 성페로몬을 이용하여 사과애모무늬잎말이나방을 예찰하고 방제할 수 있을 것으로 여겨진다.

7. 우리나라의 사과애모무늬잎말이나방 성페로몬 조성은 일본과 중국에서 식하는 사과애모무늬잎말이나방의 성페로몬 조성과는 전혀 다른 고유한 조성으로 우리나라에서 제조된 성페로몬 미끼만이 수컷을 유인할 수 있다. 이 성페로몬 조성으로 현재 전국 사과원에서 발생하는 사과애모무늬잎말이나방을 성공적으로 예찰할 수 있었다.

인용문헌

- 박승찬, 위안진, K. Mori. 1994. 솔겹질각지벌레 수컷 성충의 비행습성 및 합성페로몬에 대한 반응. 한국응용곤충학회지. 33: 250-256.
- 백운하. 1990. 신고해충학. pp.353-360. 향문사.
- 이정운, 박중위, 고현관, 김정환, 전종갑. 1981. 성pheromone에 의한 이화명나방의 교미착란에 관한 연구. 한국식물보호학회지. 20: 25-30.

- 장훈, 이해풍. 1985. 솔잎혹파리(*Thecodiplosis japonensis*)의 성유인 물질과
촉각의 미세구조에 관한 연구. 한국곤충학회지. 15: 31-40.
- 최귀문, 김석환, 이순원, 이문홍. 1987. 유인물질에 의한 경제작물해충 예찰에
관한 연구. 농기연시연보(생물부편). pp.407-411.
- Ankersmit, G. W. 1985. Artificial diet for *Adoxophyes orana*. pp. 165-176.
in Handbook of insect rearing. Vol. 2, eds. by P. Singh and R. F.
Moore. 514pp. Elsevier Amsterdam.
- Boo, K. S. 1998. Variation in sex pheromone composition of a few selected
lepidopteran species. J. Asia-Pacific Entomol. 1: 17-24.
- Butenandt, A., R. Beckmann, D. Stamm and E. Hecker. 1959. Über den
sexual Lockstoff des Seidenspinners *Bombyx mori*. Reidanstellung und
Konstitution. Z. Naturforsch. 14: 283-284.
- Cardé, A. M., T. C. Baker and W. L. Roelofs. 1975. Behavioral role of
individual components in a multichemical system in the oriental fruit
moth. Nature. 253: 348-349.
- Cork, A., K. S. Boo, E. Dunkelblum, D. R. Hall, K. Jee-Rajunga, M.
Kehat, E. K. Jie, K. C. Park, P. Tepgidagarm and L. Xun. 1992. Female
sex pheromone of oriental tobacco budworm, *Helicoverpa assulta*
(Guenee) (Lepidoptera: Noctuidae): Identification and field testing. J.
Chem. Ecol. 18: 403-418.
- Fu, W., S. Wu, J. Zhou, X. Xia and H. Qiu. 1999. Studies on the sex
pheromone polymorphism and cytogenetics of the summer fruit tortrix,
Adoxophyes orana in China. Proceedings of the "First Asia-Pacific
conference on chemical ecology". p. 71, Shanghai, China.
- Guerin, P. M., H. Arn, H. R. Buser and P. J. Charmillot. 1986. Sex

- pheromone of *Adoxophyes orana*: additional components and variability in ratio of (Z)-9- and (Z)-11-tetradecenyl acetate. J. Chem. Ecol. 12: 763-772.
- Han, K. S., J. K. Jung, K. H. Choi, C. Y. Yang, S. W. Lee and K. S. Boo. 1998. Field attraction of smaller tea tortrix, *Adoxophyes orana*, with sex pheromone in areas of Kyungpook and Chonnam. Proceeding of The annual joint meeting of the Entomological Society of Korea and Korea Society of Applied Entomology. P. 81, Seoul, Korea.
- Jutsum, A. R. and R. F. S. Gordon. 1989. Introduction. Pheromone: Importance to insects and role in pest management., In Insect pheromones in plant protection. eds. by A. R. Jutsum and R. F. S. Gordon. John Wiley & Sons Ltd. New York. pp.1-13.
- Karlson, P. and M. Luscher. 1959. 'Pheromones' A new term for a class of biologically active substances. Nature. 183: 55-56.
- Koh, Y. H., K. C. Park and K. S. Boo. 1995. Antennal sensilla in adult *Helicoverpa assulta* (Lepidoptera: Noctuidae): Morphology, distribution, and ultrastructure. Ann. Entomol. Soc. Amer. 88: 519-530.
- Kou, R., D. S. Tang, Y. S. Chow and H. K. Tseng. 1990. Sex pheromone components of female smaller tea tortrix moth, *Adoxophyes* sp. (Lepidoptera: Tortricidae) in Taiwan. J. Chem. Ecol. 16: 1409-1415.
- Linn, G. E. Jr., M. G. Campbell and W. L. Roelofs. 1986. Male moth sensitivity to multicomponent pheromones: Critical role of female-released blend in determining the functional role of components and active space of pheromone. J. Chem. Ecol. 12: 659-668.
- Park, J. W. and K. S. Boo. 1994. Calling behavior and sex pheromone

- gland of the Asian corn borer, *Ostrinia furnacalis* (Guenee)(Lepidoptera: Pyralidae). Korean J. Appl. Entomol. 33: 66-73.
- Park, K. C., A. Cork, K. S. Boo and D. R. Hall. 1994. Biological activity of female sex pheromone of the oriental tobacco budworm, *Helicoverpa assulta* (Guenee): Electroantennography, wind tunnel observation and field trapping. Korean J. Appl. Entomol. 33: 26-32.
- 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. J. Chem. Ecol. 12: 609-617.
- Roelofs, W. L. and R. T. Cardé. 1974. Sex pheromones in the reproductive isolation of lepidopterous species. In "Pheromones" eds. by M. C. Birch, pp. 96-114. Elsevier, North Holland, Amsterdam.
- Sorenson, G. E., G. G. Kennedy, W. Van-Duyn, J. R. Bradley Jr. and J. F. Walgenbach. 1992. Geographical variation and pheromone response of the European corn borer, *Ostrinia nubilalis* in North Carolina. Environ. Entomol. 64: 177-185.
- Tamaki, Y., H. Noguchi and T. Yushima. 1971a. Sex pheromone of the summerfruit tortrix: Isolation and identification. Kontyu 39: 338-340.
- Tamaki, Y., H. Noguchi, T. Yushima and C. Hirano. 1971b. Two sex pheromones of the smaller tea tortrix: Isolation, identification, and synthesis. Appl. Entomol. Zool. 6: 139-141.
- Tamaki, Y., K. Yamaya and K. Honma. 1976. Isolating factors of the smaller tea tortrix and the summer fruit tortrix (Lepidoptera: Tortricidae) III. Seasonal occurrence and mating time. Appl. Entomol.

Zool. 11: 209-214

Tumlinson, J. H. and P. E. A. Teal. 1987. Relationship of structural and function to biochemistry in insect pheromone system. In Pheromone biochemistry. eds. by G. D. Prestwich and G. J. Blomquist. Academic Press, New York. pp. 3-26.

Yasuda, T. 1998. The Japanese species of the genus *Adoxophyes* Meyrick (Lepidoptera, Tortricidae). Trans. Lepid. Soc. Japan 49: 159-173.

제 3 장. 은무늬굴나방의 성페로몬 조성과 활성

제 1 절. 서 설

은무늬굴나방(*Lyonetia prunifoliella* (Hübner)) (이전 학명은 *L. speculella* (Schmitt *et al.*, 1996))은 사과 나뭇잎을 가해하는 작은 굴나방이다. 암컷은 어린잎뒷면에 알을 낳고 알에서 깨어난 애벌레는 잎안에 구불구불한 굴을 만들며 신초를 가해한다(Sekita, 1979). 사과나무에 나타나는 피해증상은 육안으로 확인이 가능하다. 신초만을 가해하며 잎 전체에 굴을 만들어 피해를 입히는 것이 사과굴나방과 다른 점이다. 초기에는 피해받은 어린잎이 적갈색 선상의 피해가 나타나지만 점차 반점모양으로 불규칙한 원형 또는 얼룩무늬 모양을 이루거나, 넓고 크게 잎의 표면에 연하게 주그러들면서 말라들어가 극심할 경우는 새순에 낙엽현상을 초래한다. 상대적으로 어린잎이 많은 유묘에 있어서는 그 피해가 더 크다. 때로는 증상의 특이성으로 인해 약해나 병해로 오인을 할 수 있어 적절한 방제를 하지 못하는 경우가 있다.

성충은 몸길이가 약 4.5mm인 연약한 미소나방이며 전체적으로 은빛을 띠나 여름형과 가을형 두 가지가 있어 체색에 차이가 있다. 이 종은 아시아, 유럽, 미대륙에 광범위하게 퍼져 있으며 우리나라에서는 1990년대 초부터 발생이 급격히 증가하는 추세에 있다. 은무늬굴나방은 우리나라에서 6회 가량 발생한다(이순원 등, 1999).

은무늬굴나방을 방제하는 주 방법은 다른 해충과 마찬가지로 살충제를 이용하는 것이다. 그러나 살충제의 사용에는 많은 부작용이 나타나고 있고 은

무늬굴나방의 경우 용시기에 살충제의 효과가 상당히 떨어지기도 하기 때문에 방제방법에 있어 새로운 기술 개발이 필요한 실정이다. 그 대안의 하나가 성페로몬이다. 성페로몬을 이용해 각 해충의 발생동향을 알아내어 효과적인 방제를 하거나 대량으로 성페로몬을 방출해 교미교란을 해 직접방제를 하기도 한다. 성페로몬을 이용한 사과해충의 방제가 일부 나라에서는 보편화되어 있고 우리나라에서도 여러 사과해충에 대한 성페로몬 연구가 진행되고 있다. 그러나 은무늬굴나방의 성페로몬에 대한 연구가 거의 되어있지 않고 우리나라의 경우 전무한 현실이다. 유일하게 북미대륙 지역의 은무늬굴나방의 성페로몬이 연구되었는데 10,14-dimethyloctadec-1-ene (10me14me-1-ene-18Hy), 5,9-dimethyloctadecane (5me9me-18Hy), 및 5,9-dimethylhepta-decane (5me9me-17Hy)의 세가지 성분이 밝혀졌다(Gries *et al.*, 1997, 그림 1). 이 세 가지 성분은 2개의 키랄 탄소를 가지고 있는 구조상 네 가지의 입체이성질체를 갖는다. 그런데 은무늬굴나방이 속하는 *Lyonetia*속의 종에서 페로몬 성분 중 하나의 이성질체만 효과가 있거나(Riba *et al.*, 1990) 몇 개의 이성질체들이 같이 있어야 효과를 나타내는 경우(Sato *et al.*, 1986)와 같은 예들이 있다. 은무늬굴나방의 경우 일부 이성질체만 효과를 나타낼 수 있으나 이에 대하여는 연구가 되어 있지 않아 각 페로몬 성분의 이성질체의 활성을 조사하였다. 또한 나비목의 여러 예(Boo, 1998)에서 알 수 있듯이 같은 종이라 하더라도 지역에 따른 페로몬의 변화가 있으므로 국내 종의 페로몬 조성 변이를 확인하여 가장 효과적인 유인제 개발을 하게 되었다.

제 2 절. 재료 및 방법

1. 실험곤충

경북 군위 지역의 사과과수원에서 번데기 상태의 은무늬굴나방을 채집하여 서울대 곤충생리실 사육실로 옮겼다. 번데기 상태에서 정소의 유무를 관찰하여 암수를 구분한 뒤 각각 다른 상자에서 사육하였다. 사육실 조건은 온도는 22 - 25℃ 습도는 60 - 70%를 유지하였다. 광주기는 16L:8D로 유지하였다. 성충은 교미전까지 다른 상자에 두었으며 먹이로 10% 설탕물을 공급하였다.

2. 페로몬 성분

실험에 사용한 페로몬 성분은 10,14-dimethyloctadec-1-ene (10me14me-1-ene-18Hy), 5,9-dimethyloctadecane (5me9me-18Hy), 5,9-dimethylheptadecane (5me9me-17Hy) 등 세가지(그림 1)로 이성질체 혼합체는 캐나다의 G. Gries박사(Simon Fraser대학)에게 공급받았으며 세 성분의 순수한 입체이성질체는 일본의 K. Mori박사(Tokyo Science 대학)가 합성한 물질을 사용했다. 이성질체 혼합체의 합성방법은 Francke 등(1988), Riba 등(1990)과 Gries 등(1997)이 보고한 방법을 따랐으며 순수한 입체이성질체의 합성방법은 Tamagawa *et al.* (1999)과 Nakamura와 Mori(2000)가 보고한 방법을 따랐다.

3. 교미행동관찰

수컷과 암컷을 20 × 25 × 30 cm의 플라스틱 상자에 넣고 25℃, 60-70%의 상대습도 그리고 16L:8D의 명/암기 조건의 사육실 또는 실외조건 (수원 2000년 4월)에서 관찰하였다. 성충의 교미행동은 1시간 간격으로 조사하였다.

4. EAG 반응조사

electroantennogram(EAG)를 위해 3일에서 7일된 성충나방을 이산화탄소로 잠시 기절시킨 뒤 촉각 기부쪽을 잘라 EAG의 기준전극에 연결시키고 촉각의 끝부분을 살짝 자른 뒤 기록전극에 연결시켰다. 전극은 은선을 사용하

였고 촉각과 전극사이는 전기젤을 이용하여 연결하였다.

여과를 위해 착홀을 통과하고 수분을 공급하기 위해 증류수를 통과한 공기를 검사과정 중 계속 촉각에 불어 넣어주고 검사하고자 하는 페로몬 성분을 헥산에 희석시켜 거름종이에 묻힌 후 파스퇴르 피펫을 넣고 공기를 불어넣어 촉각을 자극시켰다. 페로몬 성분은 각각 25 ~ 50 ng의 양을 넣어주었고 곤충은 한 검사에 3 - 4마리를 이용하였다.

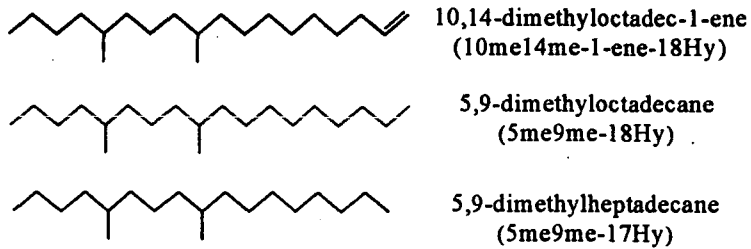


그림 1. 은무늬굴나방의 성페로몬 성분(Gries *et al.*, 1997).

5. 페로몬 성분의 추출과 분석

페로몬 추출

성페로몬 방출행동을 보이는 시간인 불 켜진 직 후(약 10 - 40분)에 이산화탄소로 암컷을 기절시킨 후 복부 마지막 마디를 절단하여 헥산에 약 20분간 담근 후 질소가스를 이용해 용액을 농축시킨 후 GC-EAD로 검사하였다. 추출에 이용한 암컷은 200마리 이상이었다.

가스 크로마토그래피 (GC)

GC는 Shimadzu GC-14A(일본)을, 컬럼은 capillary컬럼 (DB225: 30m × ID0.32)을 사용하였다. 오븐 조건은 80℃에서 2분 정지 후 20℃/분로 140℃까지 온도를 올린 후 다시 10℃/분의 속도로 200℃까지 올리고 10분간 온도를 유지하였다. 주입구는 splitless방식을 사용하였고 검출기는 불꽃이검출기를 이용하였고 주입구와 검출기의 온도는 모두 계속 200도를 유지하였다. 이동상의 가스는 헬륨을 이용하였으며 검출기에서는 불꽃을 위해 수소와 공기를 이용하였다. .

GC-EAD (GC-electroantennodetector)

GC의 컬럼을 통과한 물질을 GC의 검출기와 EAD로 동시에 검사하는 방법으로 컬럼 끝을 Y-connector를 이용하여 컬럼을 통과한 가스의 일부를 GC밖으로 빼내 GC검출기에서 나타난 물질을 EAD를 통해 나방이 감지하는지 여부를 알아보았다.

6. 야외 포획실험

야외 포획실험은 경기 수원과 경북 군위지역에서 1999년과 2000년에 실시하였다. 수컷의 유인미끼로는 미 교미 암컷(3일 ~ 7일)과 합성 페로몬성분을 사용하여 둘 간의 유인력 차이를 알아보았다. 페로몬 방출제로는 고무격막을 사용하였다. 미 교미 암컷은 작은 형겅으로 만든 봉지 안에 3마리를 넣고 물을 적신 솜을 같이 넣어준 뒤 이 봉지를 끈끈이 트랩 위판에 걸어준 뒤 2~3일 간격으로 교환해 주었다. 페로몬 성분은 헥산에 녹여 사용하였으며 산화방지제로 BHT (butylated hydroxytoluene)를 이용하였다. 트랩은 끈끈이를 이용한 트랩으로 IMP Technology사의 wing형 트랩과 한국포장디자인센터에서 개발한 A형 트랩을 사용하였다. 트랩은 지상에서 약 1.5m 높이로 나무에

걸었으며 트랩간 거리는 2 - 5m 이상의 거리를 유지하였다. 군위 지역에서는 3 - 5반복 처리로 트랩의 위치를 무작위로 설치하였으며 수원 지역에서는 3 반복 처리로 반복간 거리를 10m 이상 두었고 2 - 3 일 간격으로 트랩을 옮겨주었다.

페로몬 후보물질들은 20 - 1000 μ g의 양으로 처리했으며 단독성분 또는 혼합으로 그 유인력의 차이를 확인하였다. 트랩의 기간은 최대 2개월까지 검사하여 그 유인지속성을 알아보았다.

제 3 절. 결과 및 고찰

1. 교미행동

불이 켜진 직후 은무늬굴나방 암컷은 복부 마지막 마디를 팽창시키는 행동을 보여주었다. 이것은 암컷이 방출하는 페로몬을 더 잘 퍼지게 하는 행동(calling behavior)으로 예측되었다. 이와 같은 시간에 수컷은 가장 활발한 행동을 보여 주었다. 또한 이 시간에 암수는 교미행동을 보여주었으며(그림 2) 교미 시간은 약 한 시간 정도 지속되었다. 복부 마지막 마디를 팽창시키는 행동은 불 켜진 후 1시간 후에는 중지되었다. 실외에서도 비슷한 교미행동을 보여주었는데 새벽 조금씩 밝아질 무렵부터 교미행동을 보여주었다. 야외에서 수컷이 성페로몬에 유인되는 시간대 또한 새벽 무렵이었다. 다만 암컷의 calling behavior가 실험실의 경우보다 훨씬 오랫동안 관찰되었다. 이것은 완전히 밝아지는 시간이 실험실보다 길기 때문으로 예측된다. 결국 암 수컷 모두 새벽 무렵에만 교미행동을 시작하거나 반응한다는 것을 알 수 있었다.

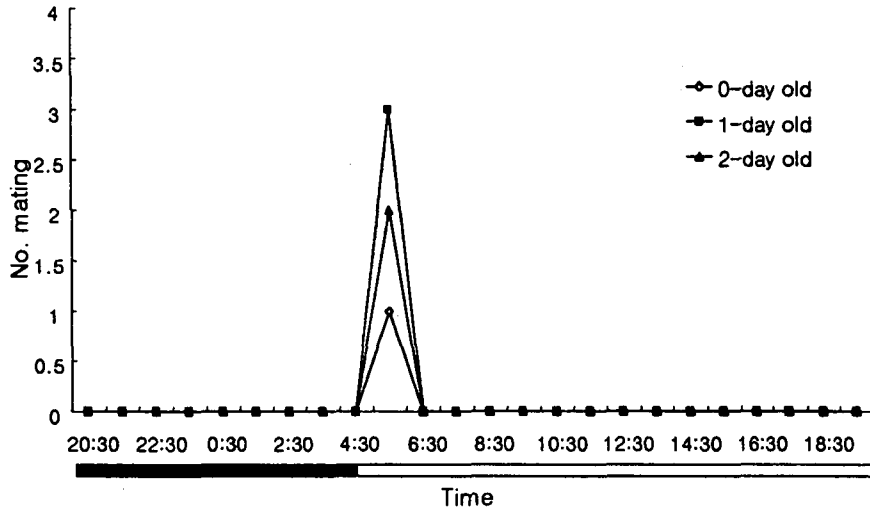


그림 2. 은무늬굴나방의 교미시간대

2. 암컷추출물의 GC-EAD 결과

암컷 페로몬샘의 추출물을 분석한 결과(그림 3) 여러가지 물질이 나왔으나 그 중에 수컷의 촉각이 반응하는 물질은 오직 하나였다. 추출된 양이 너무 적어 GC-MS 분석은 하지 못했으나 GC 상의 분석 시간대를 확인한 결과 그 성분은 10me14me-1-ene-18Hy과 동일했다. 그러나 북미대륙의 은무늬굴나방에서 발견된 5me9me-18Hy과 5me9me-17Hy이 검출되는 시간대에서 GC의 검출기나 EAG반응이 나타나는 성분은 확인하지 못했다. 우리나라의 은무늬굴나방 암컷은 이 두 가지 물질을 방출하지 않거나 측정할 수조차 없을 정도로 매우 작은 양이 나오는 것이 아닌가 추측된다.

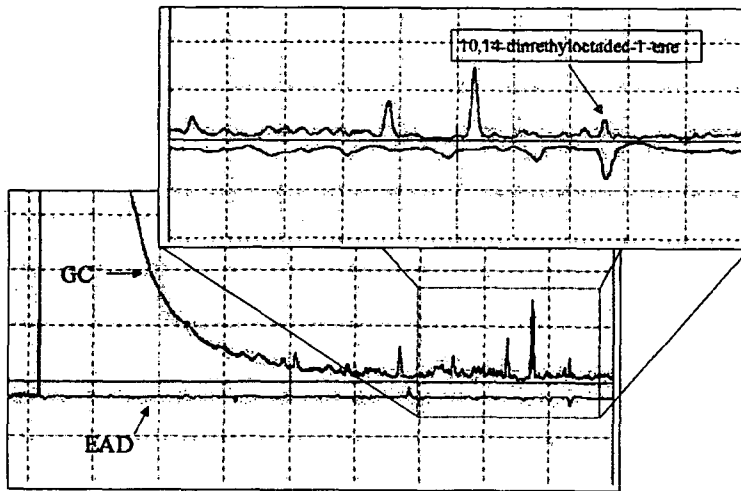


그림 3. GC-EAD 이용한 은무늬굴나방 암컷추출물의 분석

3. EAG

페로몬 성분인 10me14me-1-ene-18Hy의 4가지 입체이성질체 중에서 SS형만이 수컷 측각에 높은 반응을 보였다(그림 4). 다른 두 가지 성분인 5me9me-18Hy과 5me9me-17Hy 또한 SS형의 이성질체만이 수컷 측각에 높은 반응을 보이며 다른 이성질체들은 별다른 반응을 보이지 않았다(그림 5와 6). 이것은 세 물질의 각각 네 가지 이성질체 중 SS형만이 수컷이 감지할 수 있으며 이들에만 수컷이 반응하여 행동할 것이라는 예측을 가능케 한다.

세 가지 성분의 이성질체를 혼합하여 수컷 측각의 반응을 살펴보았다. 단독으로 반응을 보이지 않던 이성질체들은 역시 SS형 이성질체와 혼합했을 경우에도 SS형의 반응크기에 영향을 주지 않았다(그림 7). 이것은 다른 세 이성질체가 수컷의 측각 반응에 억제제로 작용할 가능성을 배제하게 했다.

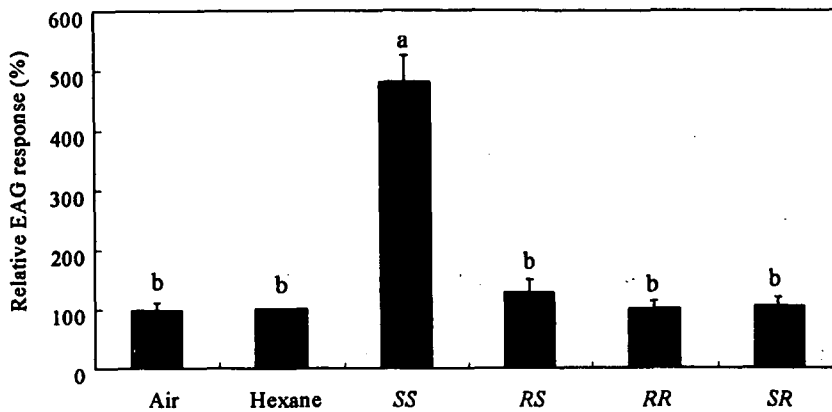


그림 4. 10,14-dimethyloctadec-1-ene의 네가지 입체이성질체(SS, RS, RR, SR 각각 50 ng)에 대한 은무늬굴나방 미교미 수컷의 촉각전도 반응값 (4반복)

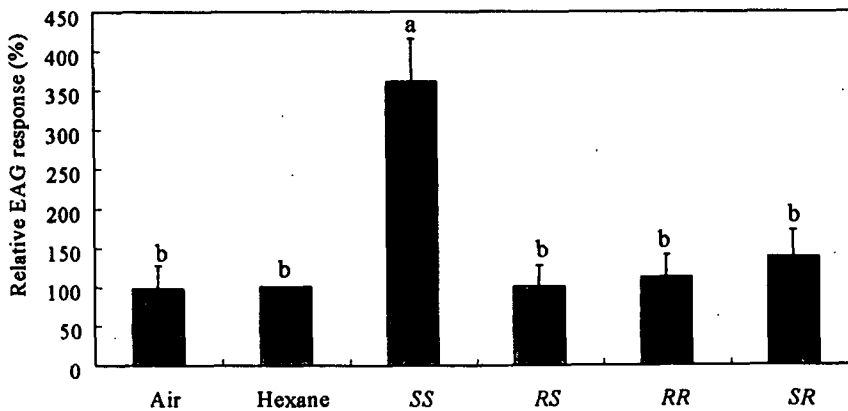


그림 5. 5,9-dimethyloctadecane의 네가지 입체이성질체(SS, RS, RR, SR 각각 50 ng)에 대한 은무늬굴나방 미교미 수컷의 촉각전도 반응값 (4반복)

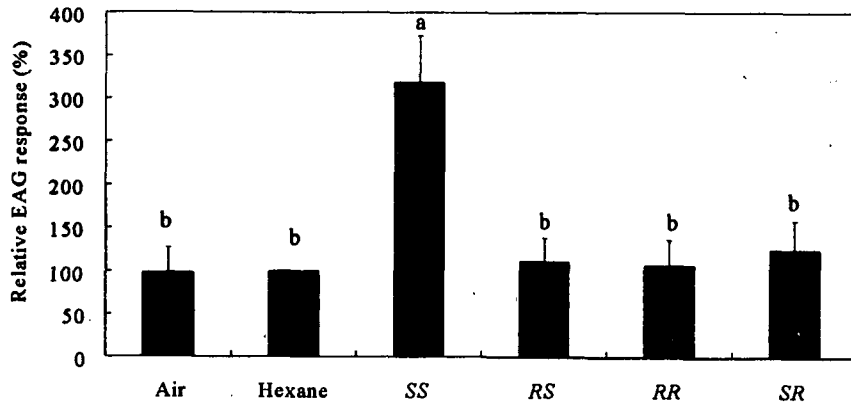


그림 6. 5,9-dimethyloctadecane의 네가지 입체이성질체(SS, RS, RR, SR 각각 50 ng)에 대한 은무늬굴나방 미교미 수컷의 촉각전도 반응값 (4반복)

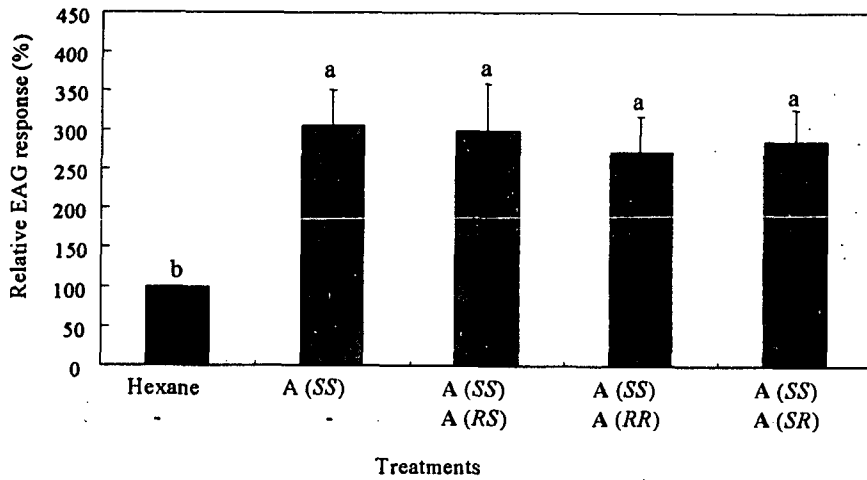


그림 7. (10S,14S)-10,14-dimethyloctadec-1-ene과 다른 세 가지 입체이성질체(RS, RR, SR 각각 50 ng)의 혼합물에 대한 은무늬굴나방 미교미 수컷의 촉각전도 반응값 (4반복)

10me14me-1-ene-18Hy에 다른 두 가지 성분을 혼합하여 수컷 촉각에 자극주었을 때 10me14me-1-ene-18Hy 단독에 대한 반응보다 높지 않았다(그림 8). 아마도 그 수치가 수컷의 촉각이 반응하여 나타낼 수 있는 최대의 반응값이 아닌가 추측된다. 이 세 가지 성분에 대하여서 암컷의 촉각은 헥산과 비슷한 반응만을 보여 암컷은 자신이 방출한 물질을 인지하지 못하는 것으로 결론을 내릴 수 있었다.

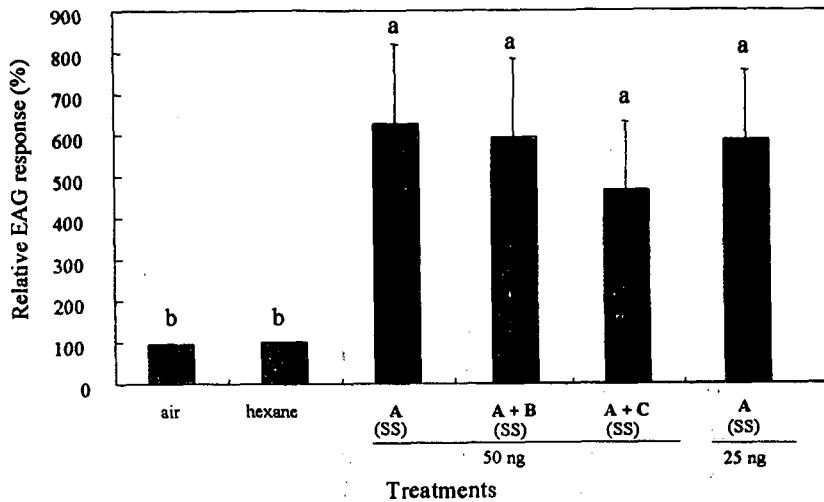


그림 8. 은무늬굴나방 페로몬(A: 10,14-dimethyloctadec-1-ene, B: 5,9-dimethyloctadecane and C: 5,9-dimethylheptadecane)의 SS 이성질체에 대한 미교미 수컷의 촉각전도 반응값 (4반복)

4. 야외 유인실험

이성질체 혼합체인 세 가지 성분을 이용하여 은무늬굴나방을 야외에서 유인한 결과 10me14me-1-ene-18Hy를 단독으로 처리한 트랩에서도 많은 수컷 성충이 유인되었다. 또한 이 성분에 다른 두가지 성분을 첨가한 트랩과는 포획된 개체의 수에서 차이가 나지 않았다(그림 9). 다른 두가지 성분인

5me9me-18Hy와 5me9me-17Hy 단독 또는 두 물질의 혼합체에서는 하나의 성충도 유인되지 못했다(그림 10). 이것은 10me14me-1-ene-18Hy 자체만으로는 유인력이 상당히 낮고 5me9me-18Hy나 5me9me-17Hy가 첨가되어야 높은 유인력을 보여준다는 북미대륙의 기존 실험결과(Gries *et al.*, 1997)와는 매우 다른 모습이다. 즉 우리나라에 발생하는 은무늬굴나방과 북미대륙에 발생하는 은무늬굴나방은 성페로몬 조성에 차이가 있음을 나타내고 있다.

10me14me-1-ene-18Hy의 이성질체를 각각 따로 처리하여 유인력을 살펴본 결과(그림 11) EAG의 결과와 일치하게 SS형 이성질체에만 수컷이 유인되었다. 10me14me-1-ene-18Hy의 혼합체를 처리한 트랩에서는 SS형 이성질체만 처리한 트랩보다 포획율이 낮았는데 그것은 혼합체 안에 있는 SS형 이성질체의 양이 상대적으로 적었기 때문으로 풀이된다.

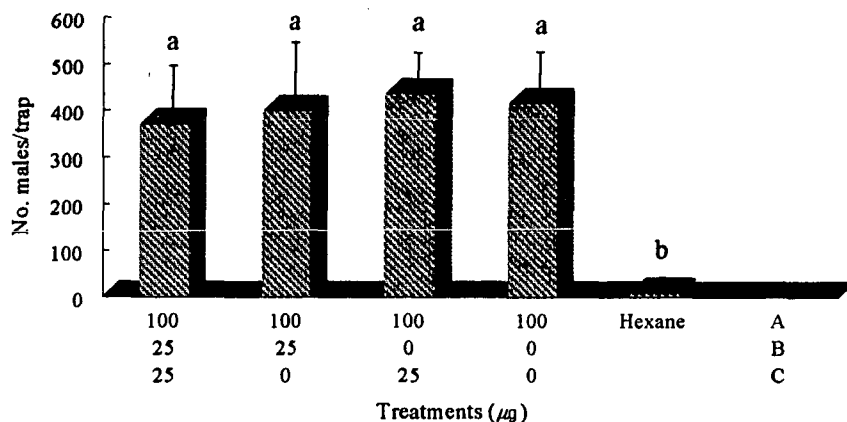


그림 9. 경북 군위지역에서 10,14-dimethyloctadec-1-ene (A), 5,9-dimethyloctadecane (B)과 5,9-dimethylheptadecane (C)의 이성질체 혼합물을 몇 가지 조합으로 처리한 트랩에 유인된 은무늬굴나방 수컷의 수 (5반복) (Jun. 21 - Aug. 2, 1999).

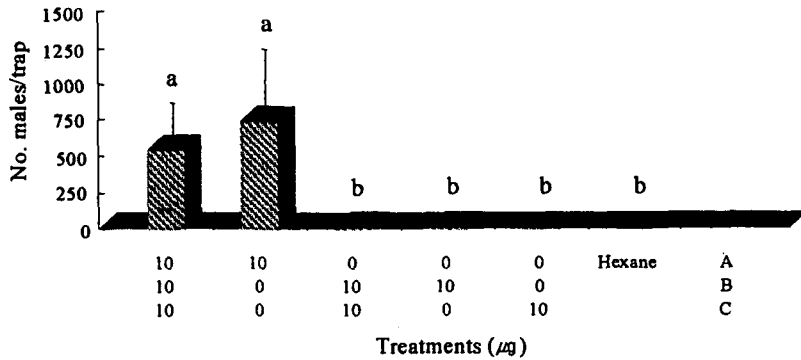


그림 10. 경기 수원지역에서 10,14-dimethyloctadec-1-ene (A), 5,9-dimethyloctadecane (B)과 5,9-dimethylheptadecane (C)의 이성질체 혼합물을 몇가지 조합으로 처리한 트랩에 유인된 은무늬굴나방 수컷의 수 (3반복) (Aug. 18 - Sept. 7, 1999).

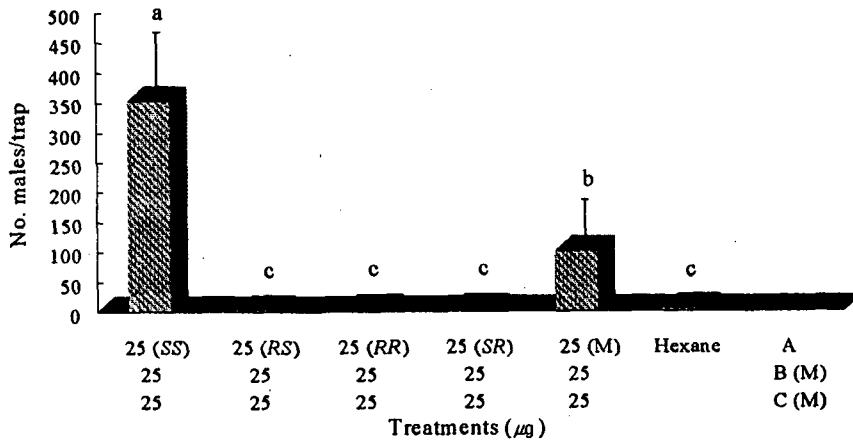


그림 11. 경북 군위지역에서 10,14-dimethyloctadec-1-ene (A)의 이성질체 혼합물 또는 단일 이성질체를 5,9-dimethyloctadecane (B) 그리고 5,9-dimethylheptadecane (C)와 같이 처리한 트랩에 유인된 은무늬굴나방 수컷의 수 (5반복) (Jun. 2 - Jun. 21, 1999).

5me9me-18Hy와 5me9me-17Hy의 역할을 검증하기 위해 그 두가지 성분의 이성질체 각각을 트랩에 처리하여 유인력을 비교해 보았지만(그림 12와 13) 그 두 성분의 어떤 이성질체도 유인력에 영향을 끼치지 않았다. 결국 은무늬굴나방을 야외에서 유인하는데 있어서 이미 보고된 세 가지 성분 중 10me14me-1-ene-18Hy만으로도 충분라며 특히 SS형 이성질체의 절대량이 크게 영향을 끼친다고 결론을 내릴 수 있었다.

그러나 실제적으로 이성질체 혼합체를 써도 발생예찰을 위한 유인조사에는 별 무리가 없다고 판단된다. 은무늬굴나방 페로몬성분의 입체이성질체는 합성이 매우 까다로운 관계로 비용이 많이 들기 때문에 은무늬굴나방 발생조사를 위해서는 이성질체혼합체를 유인제로 사용하는 것이 훨씬 경제적이다. 또한 유인력에 영향을 끼치지 않는 두 성분은 제외하는 것 또한 효율적인 방법일 것이다.

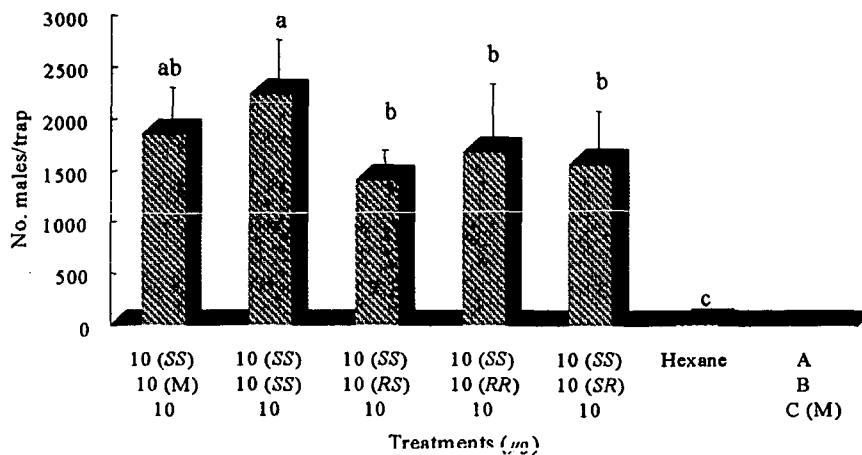


그림 12. 경북 군위지역에서 5,9-dimethyloctadecane (B)의 이성질체 혼합물 또는 단일 이성질체를 10,14-dimethyloctadec-1-ene (A) 그리고 5,9-dimethylheptadecane (C)와 같이 처리한 트랩에 유인된 은무늬굴나방 수컷의 수 (5반복) (Aug. 18 - Sept. 7, 1999).

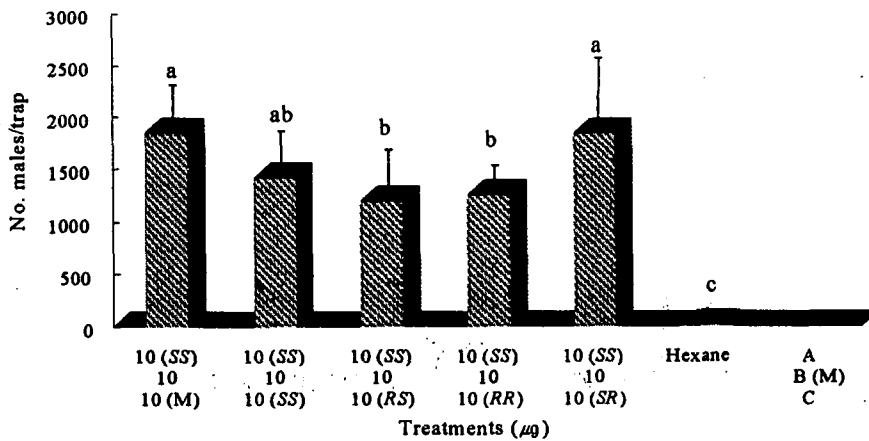


그림 13. 경북 군위지역에서 5,9-dimethylheptadecane (C)의 이성질체 혼합물 또는 단일 이성질체를 10,14-dimethyloctadec-1-ene (A) 그리고 5,9-dimethyloctadecane (B)와 같이 처리한 트랩에 유인된 은무늬굴나방 수컷의 수 (5반복) (Aug. 18 - Sept. 7, 1999).

앞에서 말한 바와 같이 북미대륙 지역에서는 은무늬굴나방을 유인하기 위한 최적의 조건이 세 성분을 모두 처리했을 때여서 우리나라와는 많은 차이를 보여주고 있다. 이러한 조성의 차이는 여러 나비목 곤충에서 나타나는데 같은 사과해충인 사과굴나방에서도 비슷한 예가 있다(Boo와 Jung, 1998). 이러한 북미대륙과 우리나라 간, 은무늬굴나방 성페로몬 조성의 차이 원인을 정확히 알 수가 없으나 분류학적 측면으로 아종 단위에서 일본의 경우 *L. prunifoliella malinella*가 보고되어 아종 단위의 차이일 수 있다. 그러나 우리나라의 경우에는 아직 아종 단위까지 정확히 밝혀지지 않은 상태이다.

은무늬굴나방의 합성 성페로몬의 수컷 유인효과는 매우 높아 40 μ g 양을 처리한 트랩이 미 교미 암컷 세 마리보다 수컷을 더 잘 유인하였다(그림14).

40 μ g의 페로몬으로 충분히 많은 은무늬굴나방을 포획할 수 있었으나 지속적인 효과를 보이는 양을 알아보기 위해 10me14me-1-ene-18Hy성분만을 20 μ g에서 500 μ g 양으로 처리하여 유인력을 알아보았다. 500 μ g까지는 포획수가

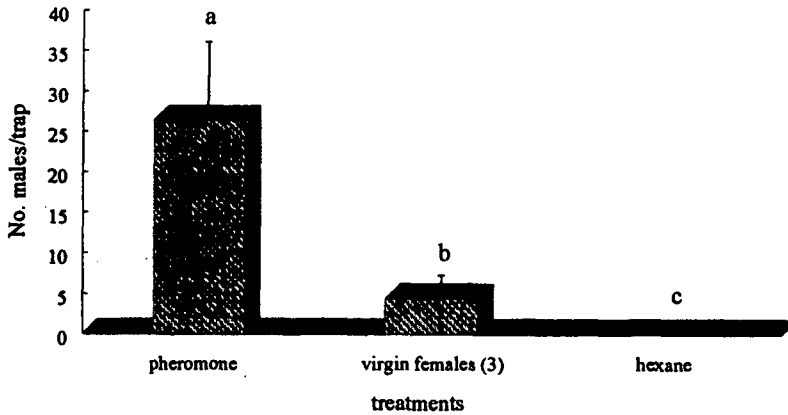


그림 14. 약 40 μg 처리한 합성페로몬과 미교미 암컷의 수컷 유인률 비교 (Sept. 2-15, 1999). 3 반복.

계속 증가하지만 1000 μg 에서는 500 μg 보다 더 높은 결과를 보이지는 않았다 (그림 15). 여기에서 100 μg 처리한 뒤 두 달이 지난 트랩에서도 비교적 높은 유인력을 보여주고 있어 이 정도 양이 은무늬굴나방 발생을 예찰하는데 적절할 것으로 판단되었다. 또한 페로몬에 향산화제를 처리한 트랩과 그렇지 않은 것의 차이가 나지 않아 향산화제를 첨가할 필요가 없다고 판단된다. IPM Technology사의 W형 트랩뿐만 아니라 우리나라에서 개발한 A형 트랩 또한 지속적으로 많은 나방을 유인하였다.

이러한 결과를 토대로 은무늬굴나방의 예찰을 위한 성페로몬 유인제는 향산화제를 첨가할 필요없이 10mc14me 1 ene 18Hly 단독의 이성질체 혼합체를 100 μg 정도 처리하는 것이 가장 적당할 것으로 결론을 내렸다. 트랩의 종류는 어떤 종류를 이용하더라도 상관없으나 사용이 비교적 용이한 A트랩을 이용하는 것이 편리하다고 판단된다.

그러나 은무늬굴나방의 경우 그 트랩의 유인거리가 비교적 짧은 것으로 보

인다. 각 야의 실험 결과에서 알 수 있듯이 각 처리별 편차가 심하다. 이것을 확인해 본 결과 같은 처리라도 포획된 은무늬굴나방이 많은 경우는 그 트랩이 설치되어 있는 나무에 보다 많은 은무늬굴나방 번데기를 확인할 수가 있었다. 결국 발생의 정확한 조사를 위해서는 넓은 지역에서는 두 개 이상의 트랩을 설치할 필요가 있을 것으로 보인다.

그림 16은 성페로몬 트랩을 이용하여 2000년도 사과과수원의 은무늬굴나방의 연중 발생을 나타낸 것이다. 그래프에서 나타난 바와 같이 성페로몬 트랩을 이용하여 발생 동향을 비교적 정확히 알 수 있었다. 최대 발생을 보이는 기간은 신초가 많은 6월 초순이며 2차 신초가 나오는 8월 말에도 상당히 많은 발생량을 보였다. 그러나 사과나무의 특성상 8월 말의 발생은 묘목에만 방제를 하는 것이 경제적으로 보인다.

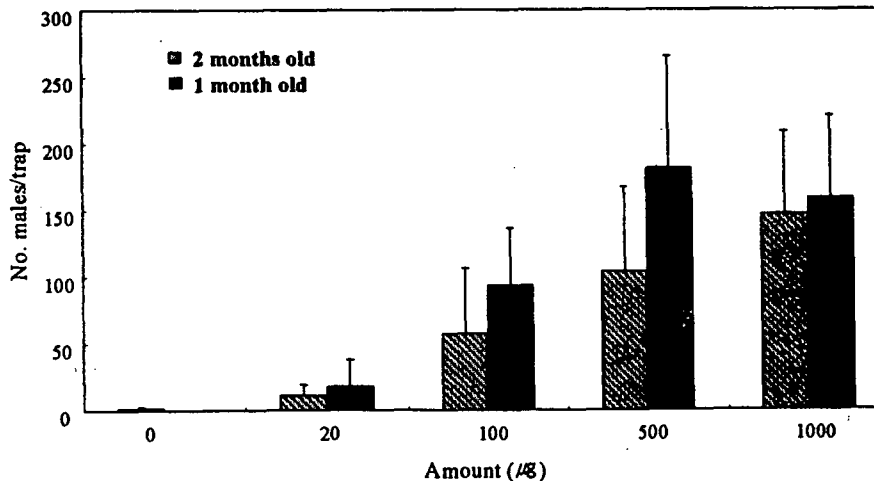


그림 15. 성페로몬 (10,14-dimethyloctadec-1-ene) 양에 따른 은무늬굴나방 유인력 지속성 (Aug. 29 - Sept. 19, 2000) (3 - 5 반복).

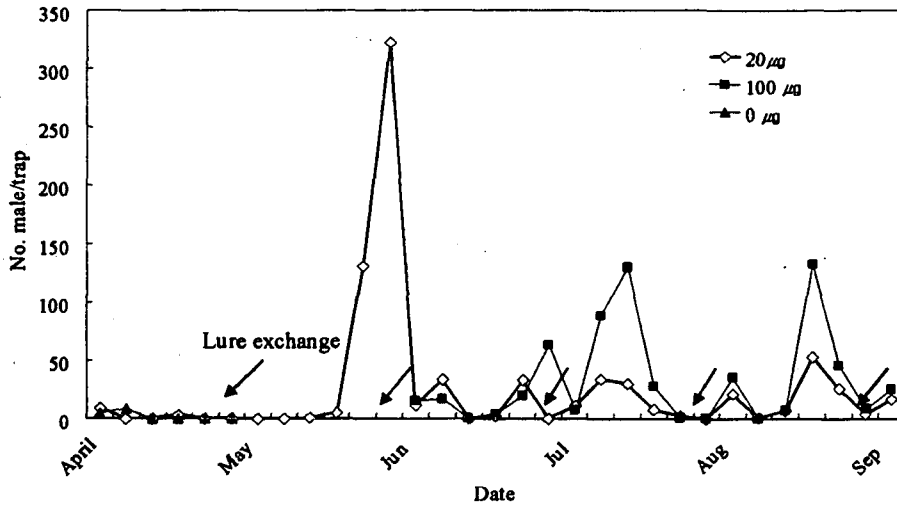


그림 16. 경북 군위지역의 성페로몬을 이용한 은무늬굴나방의 연중발생 예찰 (2000년).

제 4 절. 결론

최근 몇 년간 사과과수원에서 급속히 증가하는 해충인 은무늬굴나방의 발생동향과 효과적인 방제를 위해 교미행동 습성과 성페로몬의 성분을 조사하고 그 성페로몬을 이용해 예찰을 한 결과는 다음과 같다.

1. 은무늬굴나방은 새벽에 교미하며 교미시간은 약 한 시간 정도였다. 이 시기에 암컷은 성페로몬을 방출하는 행동을 보이고 수컷도 유인되었다.
2. 200여 마리 암컷의 페로몬샘을 hexane으로 추출하여 GC-EAD로 분석한

결과, 수컷에 반응을 보이는 물질인 10me14me-1-ene-18Hy를 찾아내었다.

3. 암컷 추출물에서 분석한 10me14me-1-ene-18Hy의 4가지 입체 이성질체에 대하여 EAG반응을 조사한 결과, SS형만이 수컷 측각에 높은 반응을 보여주었다. 다른 세가지 이성질체는 hexane과 비슷한 반응을 보여주었다. 또한 페로몬후보 성분인 5me9me-18Hy와 5me9me-17Hy의 EAG에서 모두 SS형의 이성질체에서 높은 반응을 보여 주었다.

4. 반응을 보여 주지 않았던 10me14me-1-ene-18Hy의 다른 세가지 이성질체(SR, RR, RS)는 EAG상에서 억제제로 작용하지 않았다. 또한 EAG반응에서 5me9me-18Hy와 5me9me-17Hy도 10me14me-1-ene-18Hy의 반응에 별 영향을 끼치지 않았다.

5. 성페로몬 성분을 이용한 야의 포획실험 결과 10me14me-1-ene-18Hy만이 수컷성충에게 유인력이 있었다. 또한 10me14me-1-ene-18Hy의 네 가지 이성질체 중 SS형만이 유인력이 나타내었다. 그러나 10me14me-1-ene-18Hy의 이성질체 혼합체로도 많은 수의 수컷성충이 유인되었다.

6. 약 40ug 정도의 적은 합성 페로몬으로도 암컷 성충보다 더 높은 유인력을 나타내었다.

7. 합성페로몬을 이용한 트랩에서 페로몬 양에 따른 유인력과 그 지속성을 확인한 결과, 모두 2개월 정도의 유인력이 확인되었고 100ug가 적절한 것으로 나타났다.

이 실험을 통해 은무늬굴나방의 성페로몬성분을 최초로 찾아내었으며 북미대륙에 존재하는 은무늬굴나방과는 전혀 다른 조성으로 우리나라에 존재한다는 것을 알아내었다. 앞으로 예찰용 성페로몬 트랩을 이용하여 은무늬굴나방을 효과적으로 방제할 수 있다고 판단되며 위의 결과들을 이용하여 교미교란을 이용한 직접방제 방법을 개발하는 것 또한 가능하게 될 것이다.

인용문헌

- 이순원, 이동혁, 김동아, 최경희, 김호열. 1999. 사과병해충 종합관리 길잡이. pp. 139-142. 신홍인쇄소
- Boo, K. S. 1998. Variation in sex pheromone composition of a few selected lepidopteran species. J. Asia-Pacific Entomol. 1: 17-23.
- Boo, K. S. and C. H. Jung. 1998. Field tests of synthetic sex pheromone of the apple leafminer moth, *Phyllonorycter ringoniella*. J. Chem. Ecol. 24: 1939-1947.
- Gries, R., G. Gries, G. G. S. King and C. T. Maier. 1997. Sex pheromone components of the apple leafminer, *Lyonetia prunifoliella*. J. Chem. Ecol. 23: 1119-1130.
- Kato, M. and K. Mori. 1958. Synthesis of the enantiomers of 14-Methyl-1-octadecene, the sex pheromone of the peach leafminer moth. Agric. Biol. Chem. 49: 2479-2480.
- Riba, M., J. A. Rosell, M. Eizaguirre, R. Canela and A. Guerrero. 1990. Identification of a minor component of the sex pheromone of *Leucoptera malifoliella* (Lepidoptera: Lyonetiidae). J. Chem. Ecol. 16: 1471-1483
- Sato, R., N. Abe, H. Sugie, M. Kato, K. Mori and Y. Tamaki, 1986. Biological activity of the chiral sex pheromone of the peach leafminer moth, *Lyonetia clerkella* Linne (Lepidoptera: Lyonetiidae). Appl. Ent. Zool. 21: 478-480.
- Sekita, N. M. and M. Yamada. 1979. Life history of *Lyonetia prunifoliella* Hüner subsp. *malinella* (Matumura) (Lepidoptera: Lyonetiidae). Appl. Entomol. Zool. 14: 285-292.

Tamagawa, H., H. Takikawa and K. Mori. 1999. Synthesis of all the stereoisomers of 10,14-dimethyloctadec-1-ene, 5,9-dimethyloctadecane and 5,9-dimethylheptadecane, the sex pheromone components of the apple leafminer, *Lyonetia prunifoliella*. Eur. J. Org Chem. 973-978.

제 4 장. 복숭아명나방의 성페로몬 조성과 예찰 에의 이용 가능성

제 1 절. 서 설

복숭아명나방(*Dichocrocis punctiferalis* Guenée) (Lepidoptera: Pyralidae)은 사과, 복숭아, 밤나무(*Castanea crenate*) 등 여러가지 과수의 열매(최, 1993, 1997; 농촌진흥청, 1995)에 피해를 주는데, 과실속에서 섭식하면서 배설물을 과실외부에 배설하여 덩어리형태로 붙이므로 피해를 받은 과실은 상품성이 전혀 없어지게 된다. 이 해충은 아시아와 오세아니아 지역에만 분포하는 종으로 우리나라를 비롯하여 일본, 중국, 대만, 호주, 자바, 인도, 방글라데시 등 비교적 넓은 지역에 분포한다(Neelay 등, 1983; Ismay, 1993; Hossain 등, 1995; 이 와 정, 1997). 그리고 이들의 기주도 17과 44종(Shinkaji, 1969)이나 되며, 밤, 복숭아, 감, 포도, 사과, 자두, 매실, 살구, 개살구, 배, 모과, 귤, 석류, 수수, 옥수수, 무화과, 무환자속 식물류인 Soapberry 등 대부분의 열매, 참나무류인 상수리, 갈참, 굴참, 줄참, 떡갈나무 및 티그나무, 버피나무들의 종자 및 산사나무 열매들도 가해한다.

기주식물은 나라와 지역에 따라 다양하여 우리나라에서는 사과원과 밤 재배지역을 중심으로 연구가 되었다(강 등, 1978; 부, 1996; 최, 1997). 우리나라에서의 복숭아명나방 발생생태는 충남의 공주 지방과 전남의 순천에서는 년 2세대 발생하며, 경남의 진주와 산청지방에서는 년 3세대 발생함을 밝혔고, 이들의 세대별 이동상태는 월동한 1세대 성충은 밤밭에서 우화하여 밤이 아닌 다른 기주인 과수의 열매를 가해하고, 그것을 먹이로 자라서 우화한 2세

대 성충은 영양 상태가 양호하여 발육속도가 빨라 먹이가 풍부한 밤밭으로 이동하여 밤밭에서 월동하여 익년 봄에 다시 과수로 이동하는 것으로 판단되었다(최 1999).

특히 밤나무를 산림으로 간주하고 있는 우리나라에서는 밤나무에 기생하는 220여종의 해충중에 밤바구미(*Curculio sikkimensis*)와 더불어 과실 내에서 피해를 주기 때문에 가장 주요한 해충으로 분류(이 와 정, 1997)되며, 야외에서 복숭아명나방의 유충을 방제하기란 매우 어려운 실정이다. 이들에 의한 밤의 피해율이 20-30%나 되어 우리나라에서 연간 400~600억원의 손실을 입고 있다(강 등, 1978; 최, 1993). 그간 이 해충의 밀도 및 발생시기 파악을 위해 유아등이 일부 이용되기도 하였으나 설치가 번거롭고 가격이 비싸 넓은 지역에서 이용하지 못해 예찰자료를 거의 얻지 못하여 과수원에서 유기합성 살충제 살포시기와 양을 조절하기 어려운 형편이었다. 따라서 대체 예찰수단으로 간편하게 설치할 수 있는 성페로몬트랩을 이용하는 것이 고려되어 왔다.

곤충의 성페로몬은 종 특이적으로 특정 해충만을 대상으로 작용하고 미량으로 충분하며, 환경오염의 부작용이 없는 장점 등으로 해충의 발생예찰에 널리 이용되어 왔으며 교미란이나 대량포획 등 방제에도 직접 이용될 수 있다(Jutsum and Gordon, 1989). 복숭아명나방의 성페로몬은 일본 개체군에 있어 E10-hexadecenal(E10-16:Al)이 주성분으로서 밝혀졌고, 야외실험을 통해 이 화합물의 기하이성질체가 미량성분으로서 존재할 것으로 생각되고 있다(Konno *et al.*, 1982). 우리나라에서의 복숭아명나방 성페로몬연구 결과 교미시간대에 추출된 암컷의 복부 끝 추출물의 가스크로마토그래피 분석에서 E10-16:Al가 많은 양이 검출되었고 Z10-hexadecenal(Z10-16:Al)가 소량 검출되었으며, 두 성분의 비율은 약 100:22.4였으며 다른 미량성분이 존재할 가능성이 있었다. 복숭아원과 사과원 및 밤밭 등에서 실시한 복숭아명나방 수

컷에 대한 야외유인 실험에서는 E10-16:A1과 Z10-16:A1의 비율이 70:30과 80:20 사이에서 최고의 유인력을 나타낸 것으로 보고되었다(부, 1995).

그러나 기존의 연구는 성페로몬 성분확인과 간단한 야외실험을 통해 성분 규명에 중점을 두었기에 복숭아명나방 성페로몬을 실제 농가에서 예찰을 목적으로 이용하기 위해서는 미량성분의 규명과 촉각 수용여부의 확인 및 야외 발생예찰 도구로서의 이용가능성 확인 등을 수행 할 필요가 있다. 그러나 실제로 사과원에서 복숭아명나방의 발생은 극히 미미한 것으로 알려져 있고 실제로 유아등과 성페로몬 트랩을 이용한 야외포획 결과, 사과원에서 복숭아명나방의 발생을 거의 찾아 볼 수가 없었다. 따라서 본 복숭아명나방 성페로몬 연구는 성페로몬을 이용한 해충종합방제 방법이 정착된 후 해충상의 변화로 복숭아명나방이 주요 해충으로 등장할 경우에 대한 대비, 상대적으로 발생과 피해가 많은 밤, 매실, 모과 등에서 성페로몬을 예찰과 방제에 이용하기 위한 선행연구로서의 의미가 있다고 할 수 있다. 이러한 필요성에 의해 복숭아명나방의 성페로몬샘을 추출, GC분석을 실시하여 미량성분의 탐색과 활성을 조사하였고 확인된 합성 성페로몬을 이용한 야외포획실험으로 성페로몬 예찰 이용성을 확인하였다.

제 2 절. 재료 및 방법

1. 실험곤충

경남 진주 밤밭에서 피해받은 열매를 가져와 곤충사육실(16L/8D, $26\pm 1^\circ\text{C}$)에 옮기고 열매로부터 탈출한 노숙유충은 골판지로 싸인 상자안으로 옮겨 골판지 안에서 용화하게 하거나 어린 유충은 어린 사과열매나 인공사료(agar, 25g; cellulose, 45g; corn powder, 55g; wheat germ, 70g; yeast 55g;

fructose, 5g; ascorbic acid, 5.6g; *p*-methylhydroxybenzoate, 1.8g; malic acid, 2g; vatamine mixture, 3g; corn oil, 2.3ml; water, 1 ℓ)로 용화될 때까지 사육하였다. 번데기 시기에 암수 성을 구분하여 분리한 후에 우화한 성충은 암수 각각 다른 사육상자(30×30×20cm)로 옮겨주고 실험에 사용할 때까지 10% 설탕용액을 공급하였다.

2. 성페로몬 포집과 추출 및 성분확인

우화 후 2~3일된 처녀암컷성충의 복부 끝을 소등 후 3~5시간 사이에 잘라 10 μ l 헥산에 한시간 동안 담그어 성페로몬을 추출하였다. 암컷 성충이 발산하는 성페로몬 성분 포집을 위해 250ml 플라스크 내에 복숭아명나방 미교미암컷 5마리를 넣고 테플론관과 유리관으로 포집제인 Tenax-TA(Alltech, USA)와 진공펌프에 연결하였고 공기 주입구에는 활성탄을 연결하여 오염을 방지하였다(그림 1). 포집제 Tenax-TA는 사용 전에 질소를 흘려 주면서 120℃에서 6시간 이상 활성화시켰다. 공기 주입구와 진공펌프에는 유속측정기를 설치하여 공기유속을 분당 20ml로 유지하였다. 포집된 성분은 헥산 2ml로 용출시켰으며 질소로 농축하여 분석시료로 사용하였다. 추출물과 포집물은 가스크로마토그래피(HP6890, Hewlett-Packard, USA)(Column: DB 255(35m×0.25mm I.D), 컬럼 온도: 120℃에서 2분 유지 후 190℃까지 분당 5℃씩 상승, 운반기체: He. 흐름속도: 1.5kg/cm², 주입구 온도: 200℃, 검출기: FID, 검출기 온도: 250℃)에서 분석하였고 이를 표준 성페로몬 성분과 예상 성분인 E10-16:Al, Z10-16:Al, 16:Al(hexadecanal)(Chemtech, Netherlands)과 머무름 시간(retention time)을 비교하거나 동시 주입하여 동정하였다.

3. 측각전기전도 반응 (EAG)

우화 후 1일 또는 2일된 복숭아명나방 미교미 수컷 측각의 기부를 잘라

EAG(Syntech, The Netherlands) 기준전극에 연결하고 촉각 끝 부분을 자른 후 기록전극에 접촉시켰다. 촉각과 전극 사이에는 전기젤(electric gel, Spectra 360, Paker Laboratories, Inc., NJ, USA)로 연결하여 촉각내의 혈림프가 건조되는 것을 막는 동시에 전류가 흐르도록 하였다. 촉각의 건조를 막기 위해 습한 공기를 연속적으로 불어 넣어주면서, 실험 물질을 묻힌 거름종이를 파스퇴르 피펫에 넣고 1초간 뿜어주어 연속적인 공기흐름과 함께 촉각에 전달되도록 하였다.

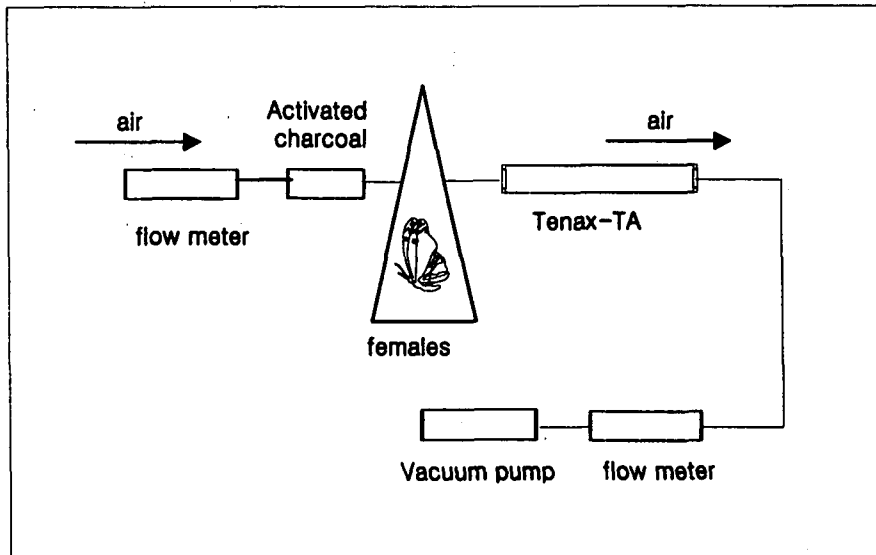


그림 1. 복숭아명나방 성페로몬 성분을 포집하기 위한 장치

4. 야외 유인력검정 및 실내 행동반응

두 가지 합성 성페로몬 성분인 E10-16:Al과 Z10-16:Al의 총량을 1-4mg으로 하여 여러 가지 조성으로 고무격막에 흡수시킨 성페로몬 미끼를 끈끈이트

랩(Pherocon IC trap, Trece Co.)에 매달아 수원과 경북 군위의 복숭아원과 사과원 및 경남 진주의 밤밭에서 지상 약 1.2~1.5m되는 높이의 가지에 매달았다. 트랩들은 나무들 사이에 약 10-25m 간격으로 설치하고 약 2~6일 간격으로 포획된 수컷 성충수를 셈하고 조사시에는 이미 포획된 성충은 제거하였다. 각 조성의 미끼에는 항산화제인 butylated hydroxytoluene를 첨가하여 성페로몬 성분의 산화를 방지하였고 모든 실험은 3반복으로 하였다.

성페로몬을 이용한 예찰가능성을 알아보기 위해 현재까지의 실험을 통해 확인된 복숭아명나방 성페로몬 성분 E10-16:Al과 Z10-16:Al 조성비 75:35의 성페로몬 미끼 (총량 1mg)를 제작하였으며 경북지역의 사과원과 전남지역 4개 실험장소(순천시 황전면, 광양시 다압면, 곡성군 오곡면, 화순군 남면)에 성페로몬 트랩 48개를 설치하였고 전남 순천시 정안면에 1개의 유아등을 설치하여 조사한 유아등과 성페로몬트랩에 포획되는 개체수를 비교하였다.

제 3 절. 결과 및 고찰

성페로몬 성분의 확인

복숭아명나방 수컷의 가네틸몽치 돌출물과 암수의 교미율이 가장 높은 암기 5시간째에 성페로몬 합성 혹은 분비량이 최고로 될 것으로 추측되어 이 시간대에 암컷의 복부 끝을 추출하여 가스크로마토그래피로 분석하여 본 결과, Konno *et al.*(1982)가 보고한 E10-16:Al이 주 성분으로 검출되었고 그의 이성질체로서 Z10-16:Al과 16:Al도 검출되었는데, 이 세 성분들의 비율은 81:19:20 이었다(그림 2).

5마리 암컷에서 발산되는 성페로몬 성분을 분석하였을 때에도 E10-16:Al와 Z10-16:Al가 역시 검출되었으며 이 두 성분간의 비율은 약 79:21이었다.

이러한 결과는 E10-16:Al만 추출하였으나 야의 실험을 통해 Z10-16:Al 존재를 예상한 Konno(1982)의 보고와, 두가지 성분 이외에도 16:Al이 검출되었다고 보고한 중국에서의 결과(Liu 등, 1994)와 유사하였다. 우리나라에서는 한(1995)이 암컷 복부끝 추출물을 GC 분석에서 peak의 면적 비율이 100:22.4라고 보고하였는데 두 성분간의 비율을 다시 확인할 수 있었다. 성페로몬샘의 헥산 추출물과 공기에서 포집한 성페로몬 성분 간의 비율에서의 차이는 각 성페로몬 성분의 공기 중 휘발도와 포집제와의 결합력 등과 같은 요인에 의해 발생할 수 있으며 실제 자연계에서의 생물적인 활성은 공기 중에 발산되는 성페로몬에 의해 유도되므로 공기 중에서 포집된 성페로몬 성분 분석결과가 실제 상황을 잘 반영한다고 여겨진다.

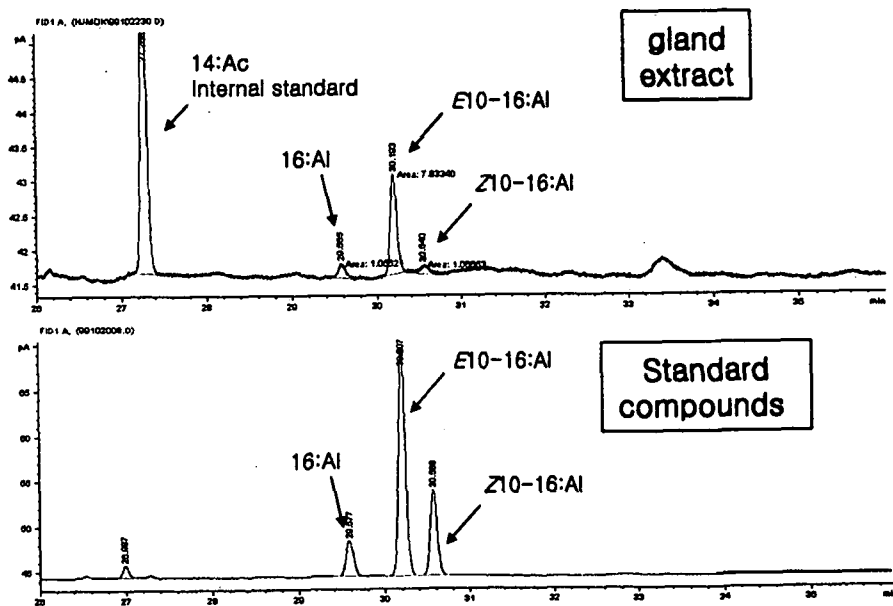


그림 2. 복숭아명나방 성페로몬샘 헥산 추출물의 GC그램.

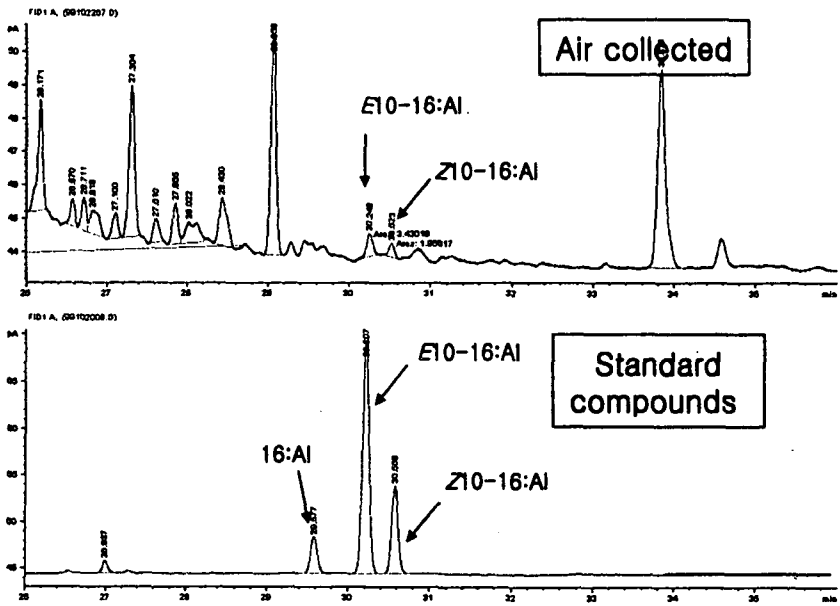


그림 3. 복숭아명나방 암컷 발산 성페로몬 공기 중 포집물의 GC그램

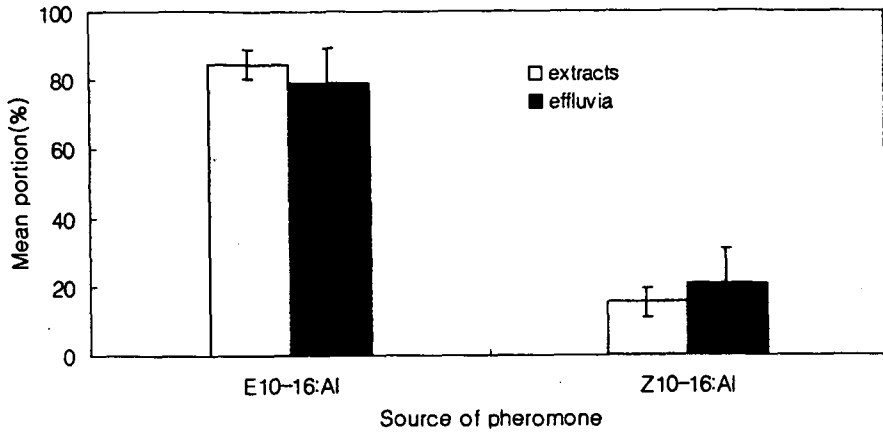


그림 4. 성페로몬샘 추출물과 공기 중에서 포집된 성페로몬의 성분 함량비 (성페로몬샘 추출은 6반복이며 포집은 3반복임)

3. 측각전기전도 반응 (EAG)

각기 다른 성페로몬 조성에 대한 복숭아명나방 수컷의 측각 반응은 E10-16:A1만이 처리되었을 때 가장 높았으며 Z10-16:A1도 공기나 용매인 헥산에 비해 현저히 높은 반응을 나타내어 이 두 성분들이 수컷이 인지하는 성페로몬 성분들임을 확인할 수 있었다. 그러나 GC분석에서 검출된 16:A1의 경우 공기나 헥산과 유사한 반응 크기를 나타내어 대조구와 유의성이 없었다 (그림 5). 즉 16:A1은 수컷 측각에 있는 감각기가 인지할 수 없는 성분으로 성페로몬 생합성 과정 중 성페로몬 전구체로 여겨지는 탄소 수 16개 또는 18개 포화지방산에서 파생되는 대사산물로 판단된다.

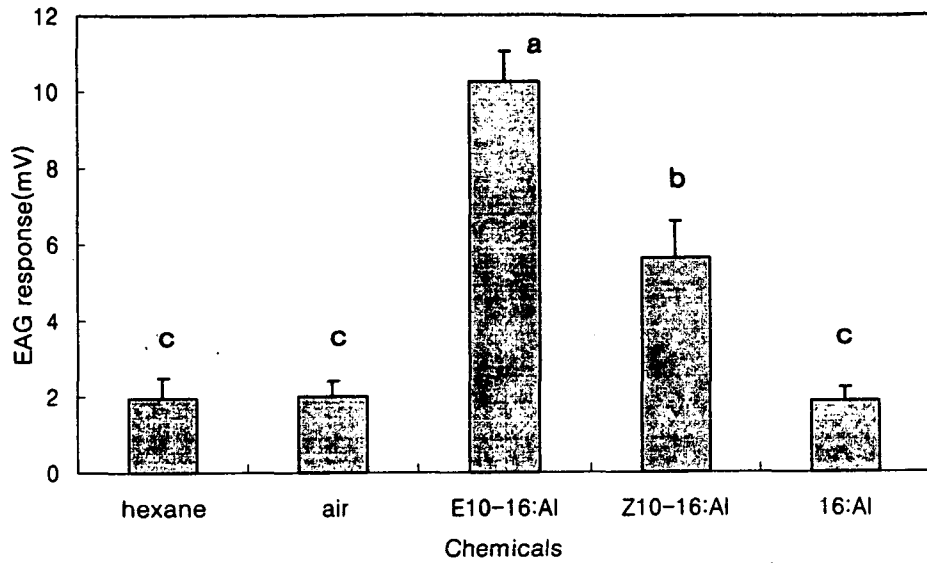


그림 5. 복숭아명나방 단일 성페로몬 성분들에 대한 수컷 촉각의 EAG.

수컷 촉각에 있는 감각기에 반응을 유기하는 활성이 있는 두 가지 성분인 E10-16:Al와 Z10-16:Al를 혼합하여 수컷 촉각에 처리하였을 때, 단독성분 E10-16:Al만이 처리되었을 때 가장 높았으며 Z10-16:Al가 첨가될수록 EAG는 감소하는 경향을 나타내었다(그림 6).

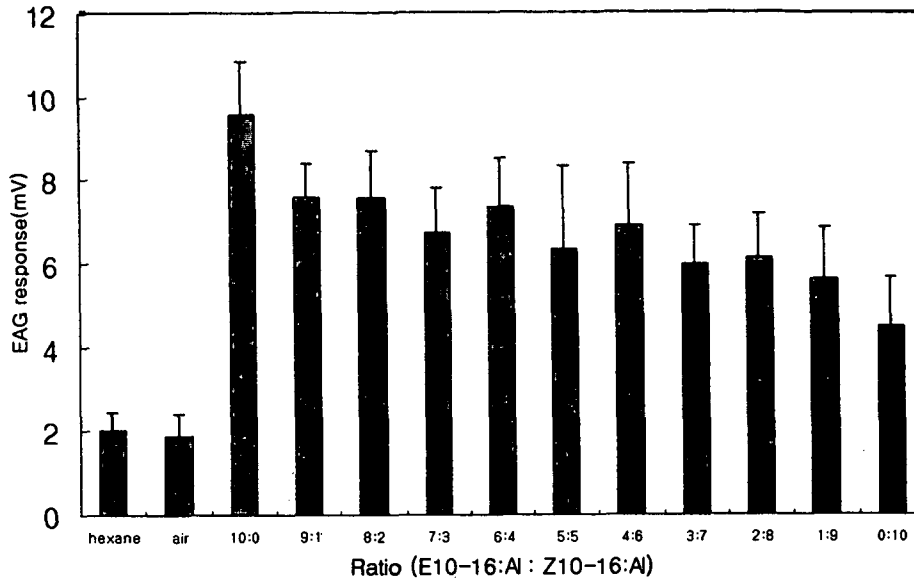


그림 6. 복숭아명나방 성페로몬의 두 성분 혼합물에 대한 수컷 촉각의 EAG.

최대 유인력을 나타내는 성페로몬 조성

1995년까지의 야외실험을 통해 두 가지 성페로몬 성분인 E10-16:AI와 Z10-16:AI로 이루어진 여러가지 조성으로 만든 트랩을 이용한 야외 포획실험에서 Z10-16:AI의 비율이 50% 이상일 때에는 거의 수컷을 유인하지 못한다는 것을 알 수 있었다 (Han, 1995). 1997년 좁은 조성범위에서 실시한 밤밭에서의 야외포획실험에서는 조성비 75:25를 1mg 또는 2mg, 및 80:20의 조성으로 만든 미끼를 1mg 처리한 트랩에서 (유의성은 인정되지 아니했지만) 유인효과가 좋았으며 처리량에 관계없이 70:30 조성 미끼는 유인효과가 떨어졌다(그림 7). 또한 4mg에서는 70:30과 75:25에서 포획력이 현저히 떨어지고 80:20에서

유인력도 유의성있게 높지 않아 복숭아명나방을 포획하는데는 1mg의 성페로몬이 적당할 것으로 판단되었다.

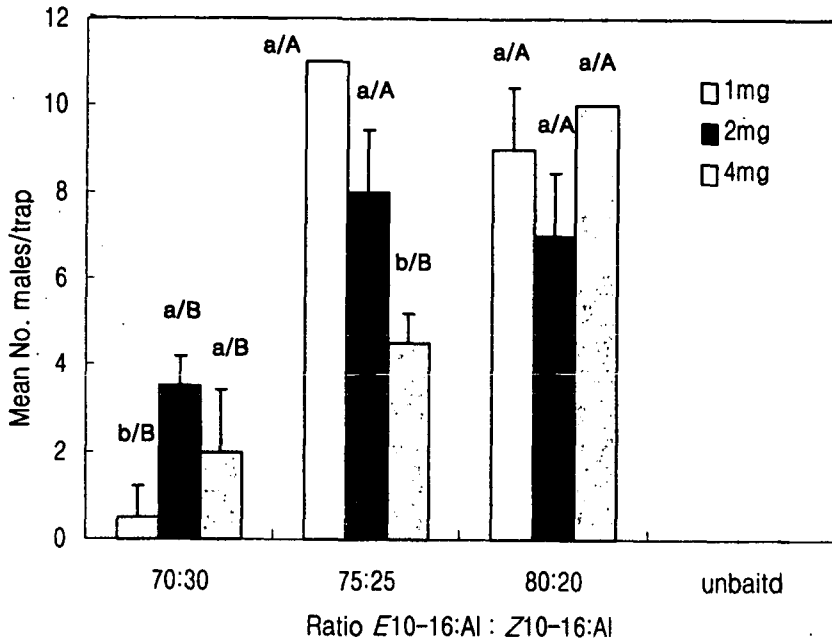


그림 7. 복숭아명나방 성페로몬 성분 조성 및 양별로 설치된 트랩에 유인된 수컷 수

(1997년 9월 6일 - 10월 10일 경남 진주 소재 밤 재배지 (n=3))

이러한 경향은 다른 밤밭에서도 9월 이후 많은 수컷이 포획된 실험에서 명확하게 드러났고, 처리간 유의성의 차가 크게 드러나지 않았던 다른 실험들에도 포획된 마리 수에서 유사한 경향이였다. 처리간 유의성의 차가 크게 드러나지 않는 것은 반복 내 트랩들에 잡히는 포획수가 장소에 따라 큰 변이

를 보이기 때문이라고 생각하는데 이는 포획수가 적은 실험포장에서 더 두드러졌다. 또 이 유인조성의 경향은 실시한 과수원의 종류에 관계없이 일정하였다. 야외실험 결과들에서 실험시기와 지역 및 처리량에 따라 약간의 변이를 보였지만 최대 유인력을 나타내는 조성은 75:25에서 80:20 사이라고 결론지을 수 있었다. 이 조성비는 일본 개체군에서 유인에 필요한 두 성분의 최적 조성비가 90:10(Konno *et al.*, 1982)이었던 것과 중국에서 보고된 70:30-90:10 혹은 100:8의 비율(Liu *et al.*, 1990; Liu *et al.*, 1994)과는 차이가 있으나 크게 다르지 않다. 한편 16:A1이 미량성분으로서 유인작용에 관여한다고 중국에서 보고되었으나(Liu *et al.*, 1994) 본 실험에서 이 성분을 최대 유인력을 나타내는 조성 75:25과 80:20에 첨가하여 검정한 결과, 포획수가 전체적으로 너무 적어 그 역할에 대해 단정할 수 없으나 미 첨가에 비해 유인력을 증대시키는 효과는 없었다(미발표 자료). 16:A1은 EAG 실험에서도 수컷 측각에 반응을 일으키지 않아 수컷이 인지하지 않는 성분으로 예상한 결과와 유사하였다.

전남지역에서 실시된 복숭아명나방 성페로몬 예찰실시 결과 유아등 예찰과 유사한 복숭아명나방 발생패턴을 나타내었다(그림 8). 그러나 유아등의 경우 복숭아명나방 외에도 빛에 유인되는 여러 가지 다른 곤충들이 포획되므로 복숭아명나방을 분리, 동정해야하는 문제가 있어 일반 농민이나 예찰조사자의 숙련된 기술이 필요하고 많은 시간과 비용이 소모되는 단점이 있었다. 그러나 성페로몬 예찰의 경우 설치비가 유아등의 1/10정도(헥타 당 성페로몬 트랩 4개 설치시)밖에 되지 않았고 전기공급이 필요가 없어 설치 및 관리가 편리하였고 복숭아명나방만이 포획되므로 일반 농민도 쉽게 복숭아명나방의 발생상황을 파악할 수 있는 장점이 있었다.

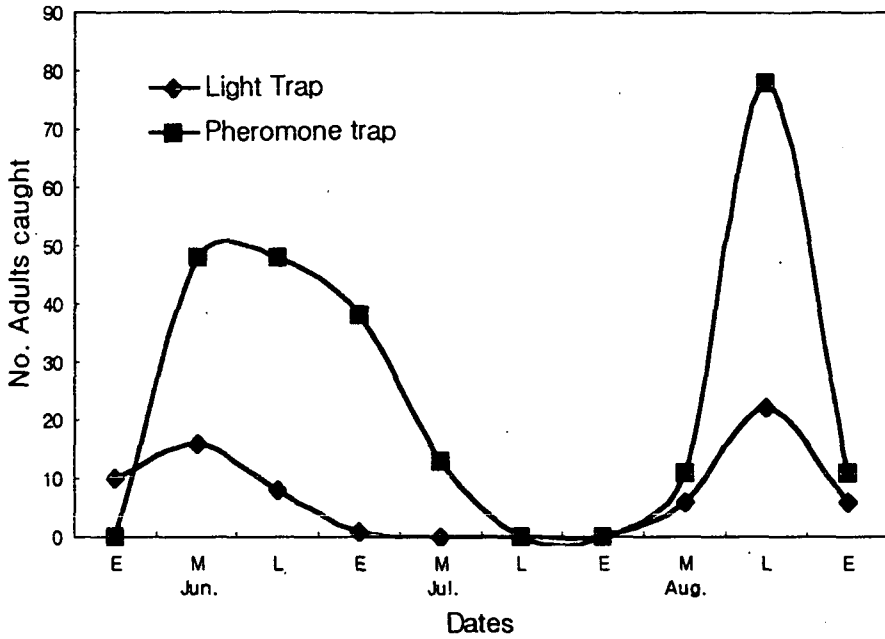


그림 8. 페로몬트랩과 유아등(light trap)으로 조사된 전남지역의
복숭아명나방 발생상황 비교

(* 페로몬트랩은 수컷성충만, 유아등은 암수 성충을 포획하였음)

제 4 절. 결 론

이상의 결과를 종합할 때 복숭아명나방 예찰용 성페로몬 미끼는 E10-16:A1
와 Z10-16:A1 = 75/25 의 비율에서 복숭아명나방의 유인력이 좋다는 것이
확인되었고, 성페로몬 샘 추출물에서 발견되는 16:A1은 성페로몬 활성이 없었

다. 상기 조성을 이용하면 실제 농가에서 복숭아명나방 발생예찰이 가능한 것으로 여겨지며 종래 발생예찰 수단인 유아등에 비해 비용과 편리성에서 우수한 것으로 판단된다. 현재 조사된 유인조성은 앞으로 복숭아 및 사과와 밤 등의 과수원에서 복숭아명나방의 발생예찰에 직접 적용할 수 있다고 여겨진다. 그러나 현재 사과원에서 복숭아명나방의 발생이 미미하고 예찰이나 방제의 필요성을 느끼지 못하는 연구기관이나 농민들이 많아 사과원 해충종합관리 프로그램내에 복숭아명나방 발생예찰을 포함시킬 필요는 없을 것으로 보인다. 다만 변화하는 농생태계속에서 잠재해충이나 이차해충의 이상발생 가능성은 언제나 존재하므로 사과연구소와 같은 연구기관에서 몇 지역을 선정하여 발생 추이를 예찰하고 발생이 많을 경우에 전 농가에 정보를 알리는 것이 효율적일 것이다. 복숭아명나방 성페로몬 연구의 다른 의의는 사과나 복숭아 이외에 복숭아명나방 피해가 많은 밤, 감, 매실 등의 과실 작물에 응용된다는 점으로 현재 임시적으로 전국의 밤 단지과 감, 매실 재배단지에서 복숭아명나방 예찰에 이용되고 있다.

인용문헌

- 강전유, 임주빈, 이범영. 1978. 밤나무종실해충 방제시험. 임시연보. 25: 99~110.
- 농촌진흥청. 1991. 과수해충 생태와 방제. 220pp. 농업기술연구소. 수원.
- 부경생. 1995. 사과해충 종합관리를 위한 기반기술 개발 (4: 곤충 성페로몬의 탐색과 활용방안에 관한 연구). pp. 149-215. 농촌진흥청.
- 이범영, 정영진. 1997. 한국수목해충. 459pp. 성안당. 서울
- 최광식. 1993. 밤나무 주요 해충에 대한 금후전망. 제15회 산림병해충방제연구회 pp.57-65.

- 최광식. 1997. 복숭아명나방 발생소장과 적기방제. 제19회 산림병해충연찬회 pp.111-124.
- Boo, K.S. and J.W. Park. 1998. Sex pheromone composition of the asian corn borer moth, *Ostrinia furnacalis* (Guenee) (Lepidoptera: Pyralidae) in South Korea. J. Asia-Pacific Entomol. 1: 77-84.
- Boo, K.S., J.K. Jung and K.S. Han. Field-trapping of three lepidopteran fruit pests with sex pheromone traps in Korea apple and peach orchards. Proc. Int. Symp. Insect Pest Control with pheromones. pp. 87-101.
- Han. K. S. 1995. Composition of and male trapping by the sex pheromones in apple fruit pest insects. Thesis for M. S. Degree. Seoul Natl. Univ. 52pp.
- Hossain, M. M., S. H. Ali and A. Rahim. 1995. Some lepidopteran and homopteran pests and parasites of castor (*Ricinus communis* L.) Bangladesh J. Sci. Industrial. Res. 30: 265-267.
- Ismay, J. W. 1993. Revision of *Tricimba* Lioy and *Aprometopsis* Becker (Diptera: Chloropidae) from Australia and the Papuan Region. Invertebrate Taxonomy 7: 297-499.
- Jung, C.H. and K.S. Boo. 1997. Sexual behavior and sex pheromone gland of the apple leafminer, *Phyllonorycter ringoniella* (Lepidoptera: Gracillariidae). Korean J. Appl. Entomol. 36: 323-330.
- Jutsum, A.R. and R.F.S. Gordon. 1989. Introduction. Pheromone: Importance to insects and role in pest management. in Insect pheromones in plant protection, eds by A.R. Jutsum and R.F.S. Gordon. pp.1-13.
- Konno, Y., H. Honda and Y. Matsumoto. 1980. Observations on the mating

- behavior and bioassay for the sex pheromone of the yellow peach moth, *Dichocrocis punctiferalis* Guenee (Lepidoptera: Pyralidae). Appl. Ent. Zool. 15: 321-327.
- Konno, Y., K. Arai, K. Sekiguchi and Y. Matsumoto. 1982. (E)-10-Hexadecenal, a sex pheromone component of the yellow peach moth, *Dichocrocis punctiferalis* Guenee (Lepidoptera: Pyralidae). Appl. Ent. Zool. 17: 207-217.
- Liu, M., X. Meng, Z. Yan and R. Su. 1990. Field trials of the sex pheromone of yellow peach moth, *Dichocrocis punctiferalis* Guenee. Sinozoologia. 7: 1-5.
- Liu, M., Y. Tian and Y. Li. 1994. Identification of minor components of the sex pheromone of yellow peach moth, *Dichocrocis punctiferalis* Guenee, and field trials. Entomologia Sinica 11: 150-155.
- Neelay, V. R., R. S. Bhandari and K. S. Negi. 1983. Effect of insecticidal and hormonal spray on the production of fruits in teak seed orchard. Indian For. 109: 829~839.
- Shaver, T.N. 1983. Environmental fate of (Z)-11-hexadecenal and (Z)-9-tetradecenal, components of a sex pheromone of the tobacco budworm (Lepidoptera: Noctuidae). Environ. Entomol. 12: 1802-1804.
- Shinkaji, N. and N. Oho. 1970b. Studies on the peach pyralid moth, *Dichocrocis punctiferalis* Guenee (Lepidoptera: Pyralidae). IV. Effects of temperature on the development of egg, immature stages and preovipositional period with special references to the difference between the fruit tree type and the conifer type. Hiratsuka Agr. Eng. Res. Sta. Bull. 9: 49-74.

제 5 장. 발생예찰 및 교미교란용 성페로몬 방출제 제조와 국산트랩 고안

제 1 절. 서 설

곤충은 개체간에 주로 빛, 소리, 화합물 등을 이용하여 의사전달(통신)을 한다. 이들 중에 냄새로 의사를 전달하는 신호물질을 통신화합물이라고 한다. 통신화합물은 통신 주체에 따라 구분하는데, 같은 종 내의 개체간 통신에 이용되는 물질은 페로몬, 다른 종간에 작용하는 것을 정보통신물질(allelochemic)이라 한다. 정보통신물질은 다시 신호물질을 내는 쪽에 유리하게 작용하는 알로몬(allomone), 받는 쪽에 유리한 카이로몬(kairomone), 양쪽 모두에 유리하게 작용하는 씨노몬(synomone)으로 나뉜다.

이 중 페로몬은 곤충 체내에서 소량으로 만들어져 대기 중에 냄새로 방출되는 화학물질이며, 같은 곤충 종의 다른 성 혹은 같은 곤충 종의 다른 개체에 정보전달을 목적으로 이용된다. 페로몬은 개체간에 특이한 반응이나 행동을 유발시키는데 나타나는 행동반응에 따라서 성페로몬, 집합페로몬, 경보페로몬, 길잡이페로몬, 분산페로몬, 계급분화페로몬 등으로 나뉜다. 이중 가장 연구가 많이 되어있고 광범위하게 분포하며 농작물 해충의 발생예찰과 방제 등에 적극적으로 이용되고 있는 것이 성페로몬이다. 성페로몬은 같은 곤충 종간에 상대 성의 개체를 유인하기 위해 몸 외부로 분비하는 화학물질이다.

성페로몬은 종 특이성이 높아서 이를 합성하여 사용하면 목적하는 해충을 특별히 많이 포획할 수가 있다. 겉모양이 아주 비슷한 근연 종에 있어서도 두 종의 성페로몬 성분이나 성분의 구성비가 다를 경우, 각각 다른 성페로몬

을 유인원으로 하는 물질을 사용하므로 간단하게 종간의 발생상황 차이를 파악할 수가 있다. 또한, 성페로몬은 감도가 매우 높아서 아주 미량으로도 효과를 발휘할 수 있다. 성페로몬 물질은 독성이 거의 없고 분해가 빨라서, 이용자에게 문제가 생기지 않고, 농작물에의 잔류나 환경 오염의 가능성도 거의 없다.

따라서, 성페로몬은 첫째로 해충의 발생시기와 발생량 예찰에 이용되어, 방제적기 파악과 방제여부 판정에 활용된다. 둘째는 포장 전체에 합성 성페로몬을 적절히 배치하여 목적하는 면적에 지속적으로 퍼져 있게 하므로, 수컷 성충이 암컷 성충의 탐색과 발견을 곤란하게 한다. 이 결과로 암컷의 교미를 저해하여 수정율을 떨어뜨려서 목표하는 해충의 번식률을 저하시킨다. 즉, 성페로몬의 교미교란 방제작용을 이용하여 해충을 농약과 같이 방제용으로 활용한다. 셋째는 수컷을 대량으로 유살하여 성충의 암수 성비에 큰 차이가 생기게 하여 교미빈도를 감소시키므로 번식률을 저하시켜 방제효과를 거둘 수가 있다. 이 같은 대량유살법은 담배거세미나방 등 일부의 해충에서 실용화되고 있다.

성페로몬은 주로 단일 화합물인 경우도 있지만, 대부분 페로몬은 2-6가지 성분으로 구성되어진다. 다른 구성성분 또는 같은 구성성분이지만 비율의 차이에 따라 한 종에 대한 특이적인 유인력을 나타낸다. 많은 근연 종의 나비목 해충들은 같은 성분을 페로몬으로 이용한다. 그러나, 각각의 종에 따라 구성성분의 비율이 다르므로 그 특이성을 나타낸다. 따라서 성페로몬을 이용하기 위해서는 각 해충 종에 대한 정확한 성분과 그 조성을 알아야하며 그 조성에 맞게 정확하게 성페로몬 방출제(미끼)를 제조해야 한다. 본 장에서는 각 연구기관에서 발생예찰과 교미교란을 이용한 방제에 사용하기 위한 성페로몬 방출제(또는 성페로몬 미끼)를 제조하여 이용할 수 있도록 필요한 제반 사항과 방법을 기술한다.

제 2 절. 발생예찰용 성페로몬 방출제 제조

1. 발생예찰에의 성페로몬 이용

성페로몬의 발생예찰 이용은 크게 3가지로 나뉜다. 첫째는 특정해충을 검출하므로서 초기 발생 파악, 발생유무 조사, 미발생 주요 해충의 식물검역 등에 활용된다. 둘째는 발생시기를 조사하므로서, 해충의 방제적기나 위험도를 평가하고, 다른 조사 수단을 이용할 것인 지의 결정과 피해 발생시기를 예측할 수 있다. 셋째는 발생량 조사로서, 해충의 방제여부 결정, 개체군의 밀도 변동과 이동분산 조사, 피해 발생량 예측 및 방제수단의 효과를 평가할 수가 있다.

사과원에서 나방류 해충은 대부분 유충기에 피해를 준다. 특히 과실을 가해하는 심식충류와 잎말이나방류는 해충이 과실을 가해하기 전인 갓 부화한 유충시기에 방제가 이루어져야 한다. 그러나, 지금까지는 광범위 살충제를 정기적으로 살포하므로서 살포회수가 많고 천적 생태계를 파괴하여 응애류 등 2차해충의 다발생을 초래하였다. 또한, 해충의 약제저항성이 유발되어 수 년마다 새로운 농약으로 바꿔 사용해야 하거나 방제횟수를 늘려야 하는 악순환이 계속되고 있다. 그러므로, 성페로몬트랩을 이용하여 성충의 발생시기와 밀도를 조사하면 약제방제 적기와 방제여부를 효과적으로 파악할 수 있다. 또한 최근에는 농약의 과실 잔류와 환경오염에 대한 소비자들의 관심이 지대하므로, 농약살포 횟수 절감과 방제효율 증대를 위한 성페로몬 발생예찰은 선진국에서는 이미 필수적인 수단이 되고 있다.

2. 성페로몬 발생예찰 트랩 구성

해충의 발생예찰을 위하여 사용하는 성페로몬트랩 구성은 크게

1) 성페로몬 조성물

- 2) 이 성페로몬 조성물을 담은 성페로몬 방출제
- 3) 유인된 해충을 한 곳에 모아두는 트랩 자재로 크게 구분할 수 있다.

1) 성페로몬 조성물

성페로몬 조성을 결정하기 위한 고려 사항으로는 첫째, 성페로몬 성분과 그들의 조성을 결정해야하는데 이는 성분 분석과 실내 생물검정, 야외 유인 검정 등을 통해 규명된 성분을 이용한다. 성페로몬을 이용한 발생예찰에 이용되는 성페로몬 조성은 진짜 곤충의 생물학적 성페로몬 성분과 꼭 같을 필요는 없다. 많은 종류의 미량성분은 제외해도 발생예찰을 위한 유인력이 충분한 경우가 많다. 예로, 일본의 경우, 애모무늬잎말이나방 성페로몬은 14종의 성분이 성페로몬샘 추출물 분석에서 보고되었으나(Noguchi *et al.*, 1985), 발생예찰용 합성 성페로몬은 주성분인 Z9-tetradecenyl acetate(Z9-14:Ac)와 Z11-tetradecenyl acetate (Z11-14:Ac) 만이 9:1 비율로 되어 있다. 우리나라에서 복숭아순나방의 경우에도 Z8-dodecenyl acetate(Z8-12:Ac), E8-dodecenyl acetate(E8-12:Ac), Z8-dodecenol(Z8-12:OH)과 dodecanol(12:OH)이 성페로몬샘 분석 시 검출되나 dodecanol의 경우 유인력에 영향을 주지 않는 성분으로 성페로몬 조성에서 제외할 수 있다. 다만 성페로몬 예찰은 필요로 하는 시기에 목적하는 해충의 개체군을 표본조사하는 것이므로, 대상 종만이 선택적으로 유인되는 것이 보다 효율적이어서 보조성분은 대상해충의 유인보다는, 비대상 해충의 유인방지 역할을 위하여 사용되는 경우도 있다.

두 번째 고려대상은 성페로몬 성분들의 총량으로 발생예찰에 적당한 유인력을 갖도록 하는 것이 좋다. 사과굴나방의 경우 총량을 1mg으로 하였을 경우, 유인력이 너무 좋아 트랩 끈끈이판 오염 문제가 있어 자주 갈아주는 불편과 재배 농민의 방제 결정에 오류를 야기할 수 있기 때문에 총량을 0.1mg으로 사용하는 것이 좋다. 우리나라의 주요 사과해충들의 발생예찰을 위한

성페로몬 미끼의 조성과 함량을 표 1에 종합하였다.

표 1. 사과와 주요 나비목 해충들을 예찰하기 위한 성페로몬 미끼의 조성과 함량

| 해충명 | 성분 | 조성 | 총량 | 인용문헌 |
|-----------------|--|--------------|-------|--------------------------|
| 복숭아 십식나방 | Z7-eicosen-11-one(Z7-20-11-one) | 100 | 1mg | Han <i>et al.</i> , 2000 |
| 복숭아 순나방 | Z8-dodecenyl acetate(Z8-12:Ac) E8-dodecenyl acetate(E8-12:Ac) Z8-dodecenol(Z8-12:OH) | 95 5 1 | 1mg | Han <i>et al.</i> , 2001 |
| 복숭아 명나방 | E10-hexadecenal(E10-16:Al) Z10-hexadecenal(Z10-16:Al) | 75 25 | 1mg | 정 등, 2000 |
| 사과굴나방 | Z10-tetradecenyl acetate(Z10-14:Ac) E4,Z10-tetradecadienyl acetate (E4,Z10-14:Ac) | 40 60 | 0.1mg | 정과 부, 1998 |
| 사과애모무늬 잎말이나방 | Z11-tetradecenyl acetate(Z11-14:Ac) Z9-tetradecenyl acetate(Z9-14:Ac) | 95 5 | 1mg | 부, 1998 |
| 사과무늬 잎말이나방 | Z11-tetradecenyl acetate(Z11-14:Ac) E11-tetradecenyl acetate(E11-14:Ac) | 70 30 | 1mg | 정 등, 2001 |
| 은무늬굴나방 | 10,14-dimethyloctadec-1-ene | 100 | 40µg | 락, 2001 |

셋째는 각 성페로몬 성분의 화학적 순도로 성분의 순도가 낮을 경우 대상 해충의 유인력에 큰 영향을 줄 수 있다. 여기서 순도라 함은 일반성분 순도

(general purity)는 물론 이성질체의 순도(isomer purity)로 성페로몬 조성이 대부분 이성질체로 구성되는 것과 이성질체들이 경우에 따라 유인억제 작용을 하는 경우도 많아 그 중요성은 절대적이다. 복숭아순나방(Z8-12:Ac, E8-12:Ac)이나 사과애모무늬잎말이나방 (Z11-14:Ac, Z9-14:Ac)의 경우 각 이성질체간의 비율이 95:5로서 주성분의 이성질체 순도는 최소한 95% 이상이 되어야 한다. 실제 이용측면에서 권장되는 순도는 일반순도와 이성질체순도 모두 98% 이상은 되어야 한다. 또한 성페로몬 미끼 제조 전에 각 성페로몬 성분의 순도를 GC등으로 검정하여 순도를 알고 제조하여야 한다.

성페로몬은 전문 성페로몬 합성회사의 제품을 사용하는 것이 좋다. 성페로몬 합성회사는 주로 네덜란드와 미국, 일본에 있는데 추천할 수 있는 합성회사는 다음과 같다.

▶ IPO-DLO(Pherobank).

PO. Box 9060, NL-6700 GW Wageningen, The Netherlands

Tel: 31-317-476169, Fax: 31-20-410113

Website: <http://www.ipo.dlo.nl>

E-mail: pherobank@ipo.dlo.nl

▶ Chemtech. B. V.

Aplollaan 137, 1077 AR Amsterdam, The Netherlands

Tel: 31-20-6715656, Fax: 31-20-6710965

▶ Shin-Etsu Chemical Co. (Dept. Fine Chemicals)

6-1, Ohtemachi 2-chome, Chiyoda-ku, Tokyo, 100-0004, Japan

Tel: 03-3246-5280, Fax: 03-3246-5371

넷째는 성페로몬 성분의 산화를 방지하기 위한 항산화제를 첨가해야한다. 성페로몬 성분 대부분 이중결합을 가지고 있는 탄화수소나 지방산 유도체로 이중결합의 파괴를 방지할 필요가 있고 성페로몬 성분의 작용기가 알콜 또는 알데히드인 경우 대기 중에서 산화되어 변성될 가능성이 높아 산화방지제를 첨가할 필요가 있다. 범용적으로 쓰이는 산화방지제는 BHT(butylated hydroxy-toluene)나 vitamin E(α -tocopherol)로 이 중 BHT가 사용편리성과 경제적인 측면에서 많이 이용된다. 이들 성분을 용해시키는 용매로는 hexane 이 이용된다.

2) 성페로몬 조성물을 담은 성페로몬 방출제

성페로몬 성분은 휘발성이 강하여 적정 방출제 속에 있지 않으면 빨리 휘발되므로, 방출제는 페로몬을 서서히 휘발되어 나가도록 하는 역할을 한다. 사용되는 기구로는 탈지면 심지, 고무 튜브, 고무격막(rubber septum), 폴리에틸렌 용기, 라미네이트, 유공 섬유(Scentry), 멤브레인, 폴리머시스템 등이 있다.

성페로몬 성분이 지속적으로 방출되게 하는 기구가 좋은데, 설치 초기에는 방출량이 많고 점차 감소하는 것은 초기에는 유인력이 높지만 점차 감소할 수 있다. 반면, 설치 초기부터 거의 비슷한 수준으로 일정기간 성페로몬 성분이 방출되는 기구는 필요기간 동안 일정하게 개체군을 샘플링하는 장점이 있다. 대부분 방출제의 성페로몬 성분 방출기간은 4-8주간이다. 또한, 방출기구는 성페로몬이 자외선에 의해 분해되거나 공기 중에서 산화되는 것을 방지하는 역할도 중요하다.

성페로몬의 방출농도가 어떤가에 따라 유인거리가 달라질 수 있다. 이론적으로는 원하는 과수원 면적내의 대상해충만 유인되면 좋기 때문에 유인되는 거리를 줄이기 위해서 방출기구에 넣는 페로몬의 농도를 낮추기도 한다. 성

페로몬은 주로 고무격막(그림 1) 또는 플라스틱 캡슐 등에 흡수되어 유지 보존되면서 장기간에 걸쳐서 서서히 공기 중으로 방출한다. 유인제 방출제는 냉암소에 보존하는 것이 좋은데, 플라스틱 방출기구는 너무 낮은 저온에서 표면구조가 변형되어 페로몬 방출속도가 극히 저하되는 경우도 있으므로, 냉동고 보관은 피하는 게 좋다.

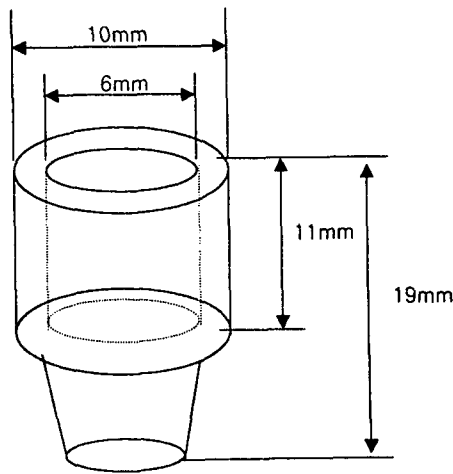


그림 1. 성페로몬 방출제로 사용되는 고무격막 제원

가. 유인 포획용 트랩

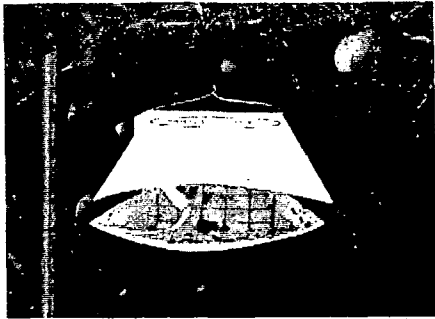
트랩에 나방이 유인 포살되는 과정 중 첫째, 성페로몬 성분이 어떻게 공기 중으로 퍼져 나가느냐를 결정하는 유인단계에는 트랩 모양이 중요하다. 둘째는 유인되어 온 나방이 트랩 속으로 들어가는 단계로서, 트랩에 유인되어 끈끈이에 붙어죽는 점착형 트랩, 수반에 빠져죽는 수반형 트랩과 입구로 들어갈 수는 있어도 나오지 못하며 휘발성 살충제가 들어 있어 죽게되는 포획형 트랩으로 구분된다. 딱정벌레나 과실파리는 트랩 색깔에 민감하게 반응하지

만, 나방류는 주로 밤에 활동하므로 색깔에 민감하지 않아서 트랩 색에 따른 포획수 차이는 거의 없다. 사과원에서 나비목 해충을 예찰하기 위해 사용가능한 트랩은 점착형 트랩으로 이는 사과원에 발생하는 심식충류와 잎말이나 방의 크기가 작고 무게가 가벼우며 수평비행 습성이 있어 수반 및 포획형트랩으로는 효율적인 유인 포획이 어렵다.

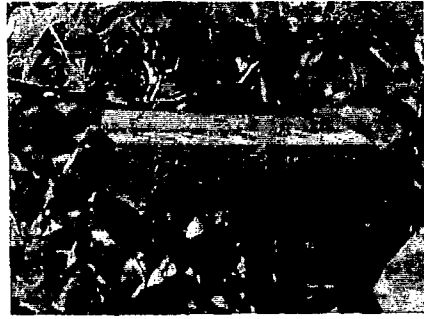
나. 점착형 트랩

점착면에 끈충을 붙여서 포획하는 것으로 발생예찰하고자 하는 해충에 따라서 트랩 모양이 달라지며, 계속해서 사용하기 간편한 형태로 보완 발전되고 있다. 트랩은 크기보다 모양에 따라 포획수가 차이 나며, 같은 모양일 경우 크기도 약간 영향이 있다. 점착형 트랩은 그림에서 보듯이 원트랩, 페로몬 트랩, 델타트랩, 변형트랩 등이 개발되었는데 과수원의 나방류 발생예찰에 주로 사용된다(그림 2).

끈끈이 밀판의 크기가 작을수록 끈끈이에 포획된 나방을 자주 제거하여 주고 끈끈이를 저어주거나 밀판을 교체하는 것이 좋다. 심식충류인 복숭아심식나방의 경우 끈끈이에 50-60마리 이상이 유인될 경우 포획효율이 감소되는데, 이는 나방의 후각에 나쁜 영향 때문이 아니라 인편이나 먼지 등으로 끈끈이 작용이 저하되기 때문이므로 주기적으로 끈끈이를 저어주면 유인력 저하를 막을 수 있다. 또한 일반적으로 사용되는 끈끈이는 물에 녹지 않으나 약간의 수분을 흡수하면 윤기가 나고 점착력이 약간 저하된다. 성페로몬 트랩에 사용되는 끈끈이는 탱글꽃과 폴리부텐 등이 있다.



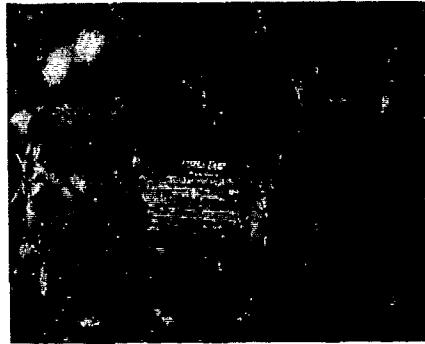
윙트랩



변형 트랩



원통형 트랩



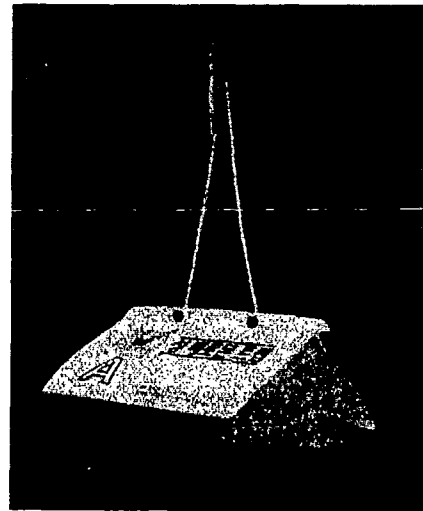
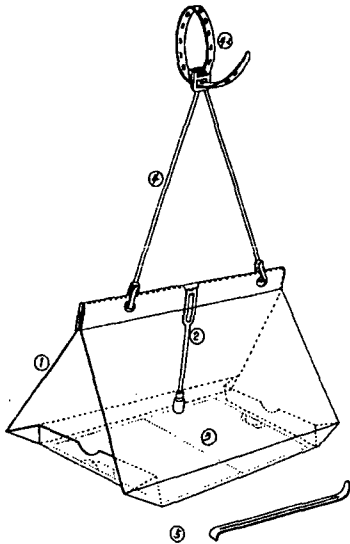
델타트랩

그림 2. 성페로몬을 이용한 해충발생 예찰용 점착형 트랩의 종류

다. 국산트랩 대량생산 체계 확립

발생예찰용 성페로몬 트랩의 제조와 공급은 사과연구소에서 실제 농가에 대한 적용성을 중심으로 실시되었다. 발생예찰용 성페로몬 트랩은 우선 윙형 트랩을 원형으로 하여 복숭아심식나방, 복숭아순나방, 복숭아명나방, 사과굴나방, 사과애모무늬잎말이나방 별로 플라스틱 재질의 트랩 원판에 인쇄하여 플라스틱 가공업체에 의뢰하여 제조하였다. 제조는 트랩윗판과 트랩밑판을 별

도로 제작하였으며 밑판에는 무색 무취의 끈끈이를 도포하였다. 이를 연결 사과나무에 매달 수 있는 고정장치는 철사를 이용하여 제작하였다. 자체 제작되어 보급된 트랩의 수는 윗판 2,500매, 끈끈이가 도포된 밑판은 25,000매였고 각 개별 농가에서 이용하였다.



설치 모습

- ① 페로몬트랩 ②페로몬 고정핀 ③끈끈이 밑판 ④ 고정밴드(④-1;고정클립)
⑤제거막대

그림 3. 국내에서 고안하여 사용 중인 성페로몬트랩 입체도와 설치 모습

또한 편리성이 강조되고 지적재산권을 행사하기 위한 델타형 신규트랩을 고안하여 기존의 윈트랩과 포획효율을 비교 검토한 결과, 기존의 윈트랩과 포획효율이 큰 차이가 없어 발생예찰용으로 사용이 가능하다고 판단되었고

(표 3), 기존의 외국트랩에 비하여 비용이 싸면서도 설치, 교체가 간편한 트랩으로써 "과수나방류 발생예찰용 성페로몬트랩 셋트"로 고안하였으며(그림 3), 현재 각 농가에서 6종의 나방류 해충 발생예찰에 이용 중이다.

표 3. 국내 제작 페로몬트랩과 외국산 윈트랩 간의 사과해충 유살수 비교

| 대상해충 | 국내 제작 트랩 | 외국산 윈트랩 | 비 고 (밀판면적) |
|---------|--------------|------------|---|
| 복숭아순나방 | 29.7±3.06 | 41.3±25.01 | 국산트랩: 234cm ² 윈트랩: 374cm ² |
| 사과굴나방 | 230.3±155.45 | 215.0±58.7 | |
| 복숭아심식나방 | 8.7±3.5 | 9.3±8.4 | |

(3) 발생예찰용 성페로몬 방출제의 제조체제

발생예찰용 성페로몬 방출제는 목적해충을 가장 잘 유인하는 최적의 성페로몬 조성으로 만들어진 성페로몬 원액을 주입하여 제조되었다. 초기에 적은 수의 성페로몬 미끼를 제조할 때에는 성페로몬 조성물을 마이크로피펫을 이용하여 고무격막에 주입하였으므로 많은 수의 미끼를 제조하는데 한계가 있었다. 따라서 연간 농가보급용 성페로몬 미끼 소요량 10,000여개를 제조하기 위해 Hamilton사의 Microlab dispenser를 사용하여 본 결과 약간의 훈련을 통해 숙련되면 미끼의 제조 효율이 월등히 향상되어 다수의 미끼를 짧은 시간에 제조할 수 있었다. 성페로몬 미끼를 제조하는데 필요한 재료와 기기는 표 4와 같다.

제조 공정은 그림 4와 같이 성페로몬 성분과 항산화제인 BHT를 정확히 계량하여 플라스크에 넣고 헥산으로 용해시킨 후, 용액의 휘발을 방지하기 위해 냉각 교반하며 Microlab dispenser(Hamilton, USA)를 이용하여 고무격

표 4. 발생예찰용 성페로몬 미끼 제조에 필요한 재료 및 기기

| 재료 및 기기 | 용도 | 비고 |
|-----------|------------------|-----------------------------|
| 정밀화학저울 | 성페로몬 성분, 향산화제 계량 | 10 μ g 단위 계량 가능 |
| 마이크로피펫 | 성페로몬 성분, 용매 투입 | 20, 200, 1000, 5000 μ l |
| 마이크로 디스펜서 | 성페로몬 조성액 투입 | Microlab dispenser |
| 삼각 플라스크 | 성페로몬 조성액 제조 | |
| 마그네틱 교반기 | 성페로몬 조성액 혼합 | |
| 전기 접착기 | 성페로몬미끼 보관봉투접착 | |
| 성페로몬 성분 | 대상 종의 성페로몬 성분 | 표1 참조 |
| 고무격막 | 성페로몬 방출제제 | 그림 1참조 |
| 헥산 | 성페로몬 조성물 용매 | HPLC 등급 |
| BTH | 향산화제 | |
| 알루미늄 호일봉투 | 성페로몬미끼 보관봉투 | 내면 폴리머박막 코팅 |

막에 주입하였다. 고무격막의 내용량은 약 300 μ l로 용액이 넘치는 것을 방지하기 위해 고무격막 당 200 μ l를 주입하였다. 성페로몬 용액이 주입된 고무격막은 실온에서 약 20분간 방치하여 헥산을 증발시키고 성페로몬 성분이 고무

격막의 고무 내로 흡수시킨 후 미리 해충 명을 인쇄한 알루미늄 호일 봉투에 넣고 전기 접착기로 봉투를 봉하여 제조하였다. 제조 전에 성페로몬 성분은 순도분석을 거쳐야 하며 성페로몬 방출제 제조서를 작성하고 이를 보관하여야 하며 제조서는 표 5와 같다.

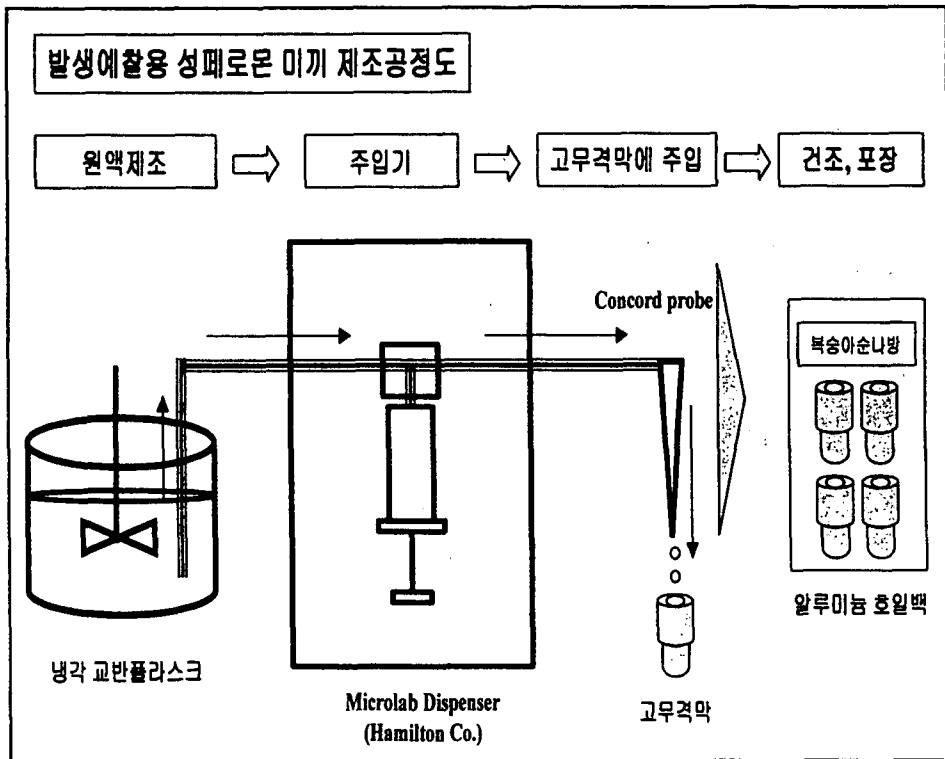


그림 4. 발생예찰용 미끼 제조 공정도

표 5. 발생예찰용 성페로몬 미끼 제조서 사례 (복숭아순나방의 경우)

| 성페로몬 방출제 제조서 | | |
|-------------------------|-----------------|------------|
| 일 시 | 01-04-10 | 제조자: 한경식 |
| 대상곤충 | 복숭아순나방 | |
| 설치장소 | 경북지역 사과원 | |
| 용 도 | 발생예찰 | |
| 수 량 | 400개 | |
| 방출제형 | rubber septa | |
| 성분명 | 함 량 | 비 고 |
| Z8-12:Ac(IPO-DLO) | 380mg | 0.95mg/ea. |
| E8-12:Ac(IPO-DLO) | 20mg | 0.05mg/ea. |
| Z8-12:OH(Chemtech) | 4mg | 0.01mg/ea. |
| Hexane | final Vol. 84ml | |
| BHT | 400mg | |
| | | |
| | | |
| ※ 주입량: 200ul/septum | | |
| ※ 포장법: 알루미늄 호일팩 당 1개 포장 | | |
| | | |
| | | |

제 3 절. 교미교란용 성페로몬 방출제 제조

1. 성페로몬을 이용한 교미교란

현재 가장 널리 사용하는 유기합성 살충제(유기인계, 카바메이트계, 합성제충국제)는 광범위한 살충작용이 있어 목표 해충뿐 아니라 중요한 천적 등 의충도 무차별하게 죽이게 된다. 그러나, 얼마 후 목표 해충이 살충제에 저항성을 갖게 되어 방제효과가 낮아지면, 천적이 전혀 없기 때문에 이들 해충의 밀도가 급격히 증가하는 문제점이 나타난다. 이에, 성페로몬을 이용한 교미교란 방제는 문제해충의 방제를 가능케 할 뿐 아니라 상기와 같은 살충제의 생태계 파괴적인 악순환 고리를 차단할 수 있는 새로운 개념의 해충 방제 대책으로 급부상되고 있다. 특히, 친환경 농업으로 추진하고 있는 병해충 종합관리(IPM)와 과실종합생산(IFP) 체계에 있어서, 성페로몬 교미교란 방제는 농약을 획기적으로 절감하고 응애류의 생물적방제를 가능케 하는 핵심기술로 이용되고 있다. 미국, 캐나다, 유럽연합, 호주, 뉴질랜드는 물론 일본에서도 성페로몬이 과수의 심식나방류와 잎말이나방류의 방제제로 등록되어 사용되고 있다. 교미교란 방제는 해충의 합성 성페로몬을 방출제에 넣어 포장에 설치하여 서서히 방출되어 나오게 하므로써 포장 내 성페로몬 농도를 인위적으로 높여, 수컷 성충이 자연 암컷 성충을 탐색·발견하지 못하도록 하여 교미를 저해하고 수정율을 떨어뜨려서 결국 대상 해충의 번식을 방해하는 방제효과를 나타내는 것이다. 우리나라도 본 과제를 통해 사과와 나방류 6종에 대한 발생예찰용 성페로몬이 실용화되고 있으므로 이를 응용하여 교미교란 방제를 실시하였고 이를 수행하기 위해 성페로몬 교미교란 방출제를 제조하게 되었다.

2. 성페로몬을 이용한 교미교란 방출제의 구성

성페로몬을 이용한 해충의 교미교란을 위하여 사용하는 방출제 구성은 크게

1) 성페로몬 조성물

2) 이 성페로몬 조성물을 담은 성페로몬 방출제로 구성된다.

1) 성페로몬 조성물

가. 성페로몬

교미교란 방제방법에 이용되는 성페로몬 조성은 두 가지 이상 성분으로 구성된 성페로몬 조성을 모두 사용하는 경우와 일부의 성페로몬 성분만을 사용하는 경우가 있다. 사과굴나방은 발생예찰용 성페로몬 조성과 교미교란용 성페로몬 조성이 같은 경우로 이는 두 성분(Z10-14:Ac, E4,Z10-14:Ac)의 조성비가 40:60으로 각 성분 모두 수컷의 유인과 교란에 중요하게 작용하는 주요성분이기 때문이다. 반면에 복숭아순나방의 경우, 발생예찰용 성페로몬 미끼에 쓰이는 Z8-12:Ac, E8-12:Ac, Z8-12:Ac(조성비율은 95:5:1) 중 Z8-12:Ac만을 사용해도 교미교란의 목적이 달성된다. 마찬가지로 사과애모무늬잎말이나방의 경우도 발생예찰에 이용되는 성페로몬 조성 Z11-14:Ac와 Z9-14:Ac(조성비율은 95:5) 중 Z11-14:Ac만을 사용해도 교미교란 효과가 있다.

성페로몬 성분은 아니지만 교미교란 작용을 가진 유사성페로몬을 이용하는 경우도 있는데 복숭아심식나방의 경우 자연계내 이 곤충에서 발견되는 성페로몬 성분은 Z7-eicosen-11-one(Z7-20-11-one)이나 이 물질의 유기합성이 어렵고 경제적으로 비용이 비싼 경우, 이 성분을 대체하여 유사작용을 하는 Z13-eicosen-10-one(Z13-20-10-one)을 교미교란용으로 사용한다(표 6).

성페로몬 조성물은 한 종의 대상해충을 교미교란할 목적으로 조제할 수 있으나 필요에 따라 여러 종의 대상해충을 교미교란 할 목적으로 각 종의 성페로몬 성분들을 혼합하여 제조할 수도 있다. 본 연구에서는 각 해충 종을 개별적으로 교미교란하기 위한 조성물과 함께 복숭아심식나방, 복숭아순나방을 동시에 교미교란할 목적의 혼합 조성물도 제조하여 사과원에 적용하였는데

교미교란 효과는 두 경우 모두 우수하였기에 더 많은 종을 동시에 교미교란 할 수 있는 가능성이 높았다.

표 6. 성페로몬 교미교란에 사용되는 성페로몬 성분

| 해충명 | 성분 | 조성 |
|-----------------|--|-----|
| 복숭아심식나방 | Z13-eicosen-10-one(Z13-20-10-one)* | 100 |
| 복숭아순나방 | Z8-dodecenyl acetate(Z8-12:Ac) | 100 |
| 사과굴나방 | Z10-tetradecenyl acetate(Z10-14:Ac) | 40 |
| | E4,Z10-tetradecadienyl acetate (E4,Z10-14:Ac) | 60 |
| 사과애모무늬 잎말이나방 | Z11-tetradecenyl acetate(Z11-14:Ac) | 100 |

* 복숭아심식나방의 성페로몬 성분은 Z7-eicosen-11-one(Z7-20-11-one) 임

교미교란을 목적으로 이용되는 성페로몬 성분들은 발생예찰용으로 이용되는 성페로몬 성분에 비해 일반순도와 이성질체 순도가 높을 필요는 없다. 또한 교미교란을 목적으로 사용되는 성페로몬 양은 대상 해충 종에 따라 헥타당 50g에서 150g에 달해 비용때문에 순도가 높은 고품질의 성페로몬(약 30만원/g)을 이용하기는 어렵다. 본 연구에서는 순도가 약 85-92% 정도의 성페로몬 성분을 사용하였으며 성분을 확보할 수 있다면 더 순도가 낮은 성페로몬 성분을 구입하여 사용하는 것이 경제적인 측면에서 바람직할 것이다.

교미교란용 성페로몬 조성물은 성페로몬 성분과 항산화제인 BHT 그리고 용매인 헥산과 옥수수기름이나 콩기름과 같은 식물성 기름(vegetable oil)으로 이

루어진다. 이 중 식물성 기름은 성페로몬 성분의 휘발을 억제하여 장기간 사용이 가능하도록 하는 목적에서 첨가된다.

나. 성페로몬 방출제

합성 성페로몬이 해충이 발생하는 전 기간에 걸쳐 지속적으로 방출되도록 사용하는 방출제는 고무격막, 하로우 튜브, 2중 플라스틱 판, 마이크로 캡슐, 폴리에틸렌(PE) 튜브나 주머니 등이 개발되어 사용된다. 1997년에는 우선 고무격막을 교미교란용 성페로몬 방출제로 이용하였다. 고무격막의 성페로몬 방출 특성은 그림 5와 같다. 분자량이 작은 Z8-12:Ac의 경우 초기 방출량이 많다가 점차 감소하는 추세였으나 분자량이 큰 Z13-20-10-one의 경우 상대적으로 지속적인 방출 특성을 나타내었다. 그러나 고무격막의 경우 사과원에 설치하기 위해서는 별도의 철사나 끈으로 고무격막을 묶은 후 사과나무 가지에 묶어주어야 하는 번거로움이 있어 작업효율 측면에서 문제점이 있었고 이러한 이유로 세계적으로 사용되지 않는 추세이다. 따라서 보다 제작 및 사용이 편리한 방출제로서 튜브형 방출제에 대한 선정 시험을 실시하였다.

교미교란 방제용 방출제 제조를 위해 교미교란 방출제 재질선정시험을 수행한 결과 국내에서 이용할 수 있는 방출재질로는 PE 튜브가 적합하였다(표 7). PVC 재질의 경우 방출특성에 이점이 있었으나 용매인 헥산과 오일에 내구성이 떨어져 튜브표면이 용해되고 갈라지는 현상이 발생하여 적용이 불가능하였다. PE 튜브의 경우, 용매에 대한 내구성과 가공성, 사과원에서 적용편리성 측면에서 이미 세계 각국에서 사용되고 있어 우선 대체 방출제로 사용하였다. 국산 PE 튜브는 본 연구에 적합하도록 제원과 특성을 조절할 수 있는 장점이 있어 본 연구에 적용하였다.

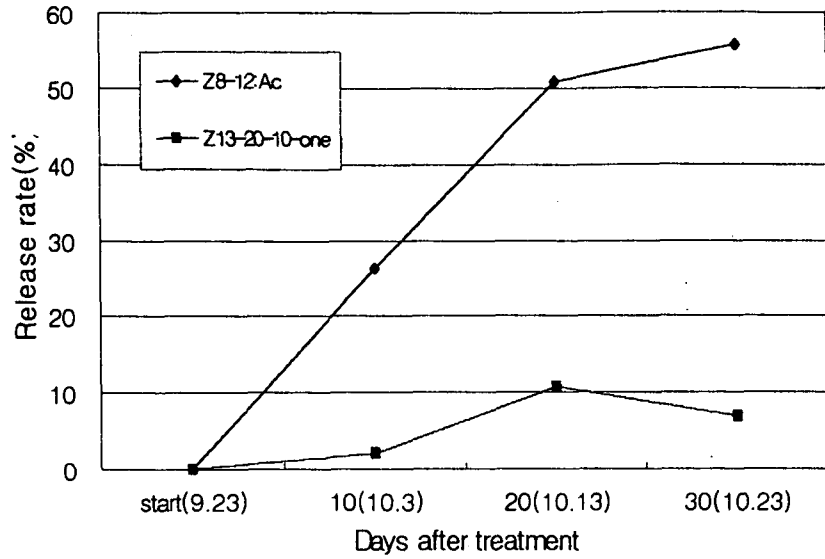


그림 5. 고무격막 방출제의 성페로몬 성분 방출 특성

표 7. 튜브형 교미교란용 성페로몬 방출제 특성비교

| 재질 | 내경(mm) | 내용량($\mu\text{l}/\text{cm}$) | hexane에 대한 안정성 | vegetable. oil에 대한 안정성 |
|---------|--------|--------------------------------|----------------|------------------------|
| PE(국산) | 1.45 | 14.5 | 양호 | 양호 |
| PE(일본산) | 1.50 | 16.5 | 양호 | 양호 |
| PE(대만산) | 0.43 | 1.5 | 양호 | 양호 |
| PVC(국산) | 1.15 | 9.3 | 불량 | 불량 |

PE튜브의 방출 특성을 알아보기 위해 튜브 내에 성페로몬 조성물을 주입하여 무게 감소량을 조사한 후 일일 방출량을 산정하였다. 처리된 조성물은 ① 용매인 헥산, ② 헥산과 Z8-12:Ac의 혼합물, ③ 헥산, Z8-12:Ac와 콩기름의 혼합물, ④ 헥산, Z8-12:Ac와 옥수수기름의 혼합물을 주입한 것들 간에 비교하였다. 일일 무게 감소량은 처리한 후 1일 동안이 가장 많았는데 이는 각 처리에 포함된 헥산이 휘발하기 때문으로 판단된다. 콩기름이나, 식물성기름이 함유된 튜브는 상대적으로 방출량이 적고 안정한 양상을 나타내었기 때문에 조성에 첨가하는 것이 바람직하며(그림 6), 콩기름보다는 옥수수기름이 상대적으로 안정적인 방출량을 나타내어 더욱 권장된다. 한편 2000년도에는 PE 튜브를 사과나무 가지에 묶는 작업을 편리하게 하기 위해 PE튜브에 알루미늄 심을 넣고 사출 성형하여 알루미늄 심의 소성에 의해 가지에 고정되도록 튜브를 개선하였다. 이렇게 제조된 튜브는 2개월 또는 3개월 성페로몬 성분을 방출하여 교미교란 효과를 지속시키게 된다. 본 연구에서는 우선 간이적으로 생산한 PE튜브를 이용하여 교미교란용 방출제를 만들었으나 야외에서 지속적으로 일정량의 성페로몬 성분을 방출하기 위해서는 보다 많은 방출제 재질연구와 구조연구가 필요하며 이를 위해서는 화학공학과 물리화학 및 곤충학 분야의 공동 연구가 필수적이다. 즉 1년 중 사과를 가해하는 해충의 발생기간인 3월부터 10월까지 8개월동안 1회 교미교란처리로 해충을 방제할 수 있다면 비용과 작업시간, 노동비용 측면에서 훨씬 유리하기 때문이다. 세계적으로 가장 많이 사용되는 ShinEtsu사(일본)의 교미교란용 제품의 경우 방출 튜브 재질을 단일 성분이 아닌 복합성분의 층상구조를 하고 있으며 튜브 내면의 구조도 표면적을 넓힌 구조를 하고 있어 재배기간 중 1회 처리로 교미교란이 가능하도록 생산하고 있으며 특허화하였다(JP 64-75402, 1989; USP 5503839, 1996; JP 9-132507, 1997; EP 0913008A1, 1999; JP 11-279011, 1999; USP 6132749, 2000; USP 6065687, 2000).

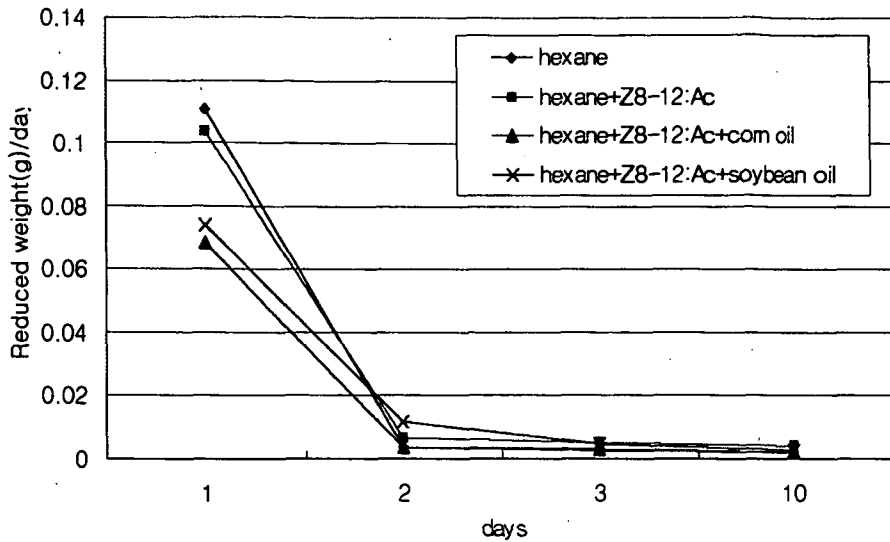


그림 6. 성페로몬 조성물별 PE튜브의 방출특성

(3) 발생예찰용 성페로몬 방출제 제조체계

교미교란 방제용 방출제는 성페로몬 배합원액을 제조하고 방출튜브 내로 주입한 후 방출튜브 양쪽 끝을 밀폐하는 동시에 절단하는 방법으로 제조하였으며 이를 효율적으로 진행하기 위해 Hamilton사의 Microlab dispenser와 electric impulse sealer를 이용하였을 때가 개개의 튜브를 절단하여 성페로몬 원액을 주입하여 밀봉하는 공정에 비해 불량품 감소와 제조 효율에서 우수하였다.

제조 공정은 성페로몬 성분과 항산화제인 BHT를 정확히 계량하여 대형 플라스크에 넣고 hexan 또는 식물성기름으로 용해시킨 후, 용액의 휘발을 방지하기 위해 냉각 교반하며 Microlab dispenser(Hamilton, USA)를 이용하여 PE튜브에 주입하였고(그림 7) 성페로몬 조성물이 주입된 일정 길이의 PE튜

브의 양쪽 끝을 electric impulse sealer로 밀봉하여 용액이 유출되는 것을 방지하였다. 이 후 electric impulse sealer와 절단기를 이용해 일정 길이(대상 해충 종에 따라 약 20-30cm)로 가열 밀봉하는 동시에 절단하였고 절단된 개개 튜브는 사용 전까지 알루미늄 보관 봉지에 밀봉하여 보관하였다. 표 7은 교미교란용 성페로몬 방출제 제조사 사례를 나타낸다.

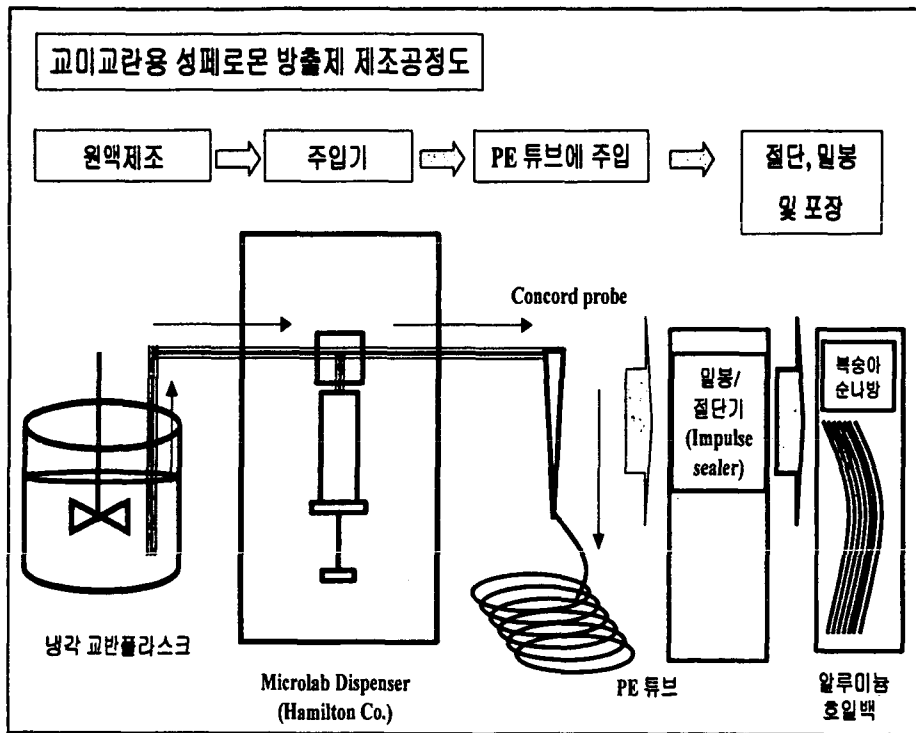


그림 7. 교미교란용 성페로몬 방출제 제조 공정도

표 8. 교미교란용 성페로몬 방출제 제조서 사례

| 성페로몬 방출제 제조서 | | |
|---|------------------|---------------|
| 일 시 | 01-07-04 | 제조사: 한경식, 박종호 |
| 대상곤충 | 복숭아순나방, 심식나방 | |
| 설치장소 | 사과연구소 | |
| 용 도 | 교미교란용 | |
| 수 량 | 22cm, 1000개 | |
| 방출제형 | PE tube | |
| 성 분 명 | 합 량 | 비 고 |
| Z8-12:Ac(ShinEtsu) | 75g | 75mg/ea |
| Z13-20-10-one(ShinEtsu) | 60g | 60mg/ea |
| Veg. Oil | final Vol. 345ml | |
| Hexane | 0 | |
| BHT | 75g | |
| | | |
| ※ 포장법: *PE tube 22cm 약 1000개 분량 | | |
| ※ 약 100m tube에 원액 주입 후 양 끝 sealing처리 후 절단 | | |
| 년 2회 처리용 2차 | | |
| | | |

* 복숭아순나방, 복숭아심식나방을 동시에 교미교란하는 목적의 성페로몬 방출제

인용문헌

- 정진교, 한경식, 최광식, 부경생. 2000. 최적의 야외유인을 위한 복숭아명나방 (*Dichocrocis punctiferalis*)의 성페로몬 조성. 한국응용곤충학회지 39: 105-110
- 정충렬, 한경식, 정진교, 최경희, 이순원, 부경생. 2001. 사과원에서의 사과무늬 잎말이나방(*Archippus breviplicanus*)의 성페로몬 조성파 활성화. 한국응용 곤충학회지 40: 219-226
- Boo, K. S. 1998. Variation in sex pheromone composition of a few selected lepidopteran species. J. Asia-Pacific Entomol. 1: 17-24
- Boo, K. S. and C. H. Jung. 1998. Field tests of synthetic sex pheromone of the apple leafminer moth, *Phyllonorycter ringoniella* (Lepidoptera: Gracilariidae). J. Chem. Ecol. 24: 1939-1947
- Han, K. S., J. K. Jung, S. W. Lee, K. H. Choi and K. S. Boo. 2000. Sex pheromone composition and male trapping of the peach fruit moth, *Carposina sasakii* (Matsumura) (Lepidoptera: Carposinidae) in Korea. J. Asia-Pacific Entomol. 3: 83-88
- Han, K. S., J. K. Jung, S. W. Lee, K. H. Choi and K. S. Boo. 2001. Sex pheromone composition and male trapping of the Oriental fruit moth, *Grapholita molesta* (Busk) (Lepidoptera: Tortricidae) in Korea. J. Asia-Pacific Entomol. 4: 31-35
- Noguchi, H., H. Sugie, Y. Tamaki and Y. Oomasa. 1985. Sex pheromone components and related compounds released by virgin females of *Adoxophyes* sp. and *Adoxophyes orana* (Lepidoptera: Tortricidae). Jap. J. Appl. Ent. Zool. 29: 278-283
- Park, J. H., K. S. Han, K. H. Choi, S. W. Lee, K. Mori, G. Gries and K. S. Boo. 1999. Field tests and EAG measurement of sex pheromone components for the apple leafminer, *Lyonetia prunifoliella* (Lepidoptera: Lyonetidae). Proceeding of The annual joint meeting of the Entomological Society of Korea and Korea Society of Applied Entomology. P. 155

ShinEtzu, 1989. Sustained release pheromone dispenser. JP. 64-75402

ShinEtzu, 1996. Method for the preparation of a sustained release dispenser of sex pheromone of pest insects. USP. 5,503,839

ShinEtzu, 1997. Sustained release pheromone dispenser. JP. 9-132507

ShinEtzu, 1996. Method for the preparation of a sustained release dispenser of sex pheromone of pest insects. USP. 5,503,839

ShinEtzu, 1999. Sustained release pheromone dispenser. JP. 11-279011

ShinEtzu, 1999. Annular sustained release pheromone dispenser and its installation tool. EP. 0 913 088 A1

ShinEtzu, 2000. Sustained release pheromone containing preparations. USP. 6,132,749

ShinEtzu, 2000. Sustained release preparations. USP. 6,065,687

ShinEtzu, 1996. Method for the preparation of a sustained release dispenser of sex pheromone of pest insects. USP. 5,503,839

ShinEtzu, 1999. Annular sustained release pheromone dispenser and its installation tool. EP. 0 913 088 A1

ShinEtzu, 2000. Sustained release pheromone containing preparations. USP. 6,132,749

ShinEtzu, 2000. Sustained release preparations. USP. 6,065,687

ShinEtzu, 1999. Annular sustained release pheromone dispenser and its installation tool. EP. 0 913 088 A1

ShinEtzu, 2000. Sustained release pheromone containing preparations. USP. 6,132,749

ShinEtzu, 2000. Sustained release preparations. USP. 6,065,687

제 6 장. 사과 주요 해충들의 발생예찰 모형 수립

제 1 절. 서 설

지금까지 사과과수원에서 해충을 방제할 때 등장하는 큰 문제점 중의 하나는 해충의 발생시기와 발생량과는 무관하게 농민의 경험적 판단에 따라서 약제를 살포함으로써 약제살포 횟수가 증가한다는 점이다. 외국에서는 이런 문제점을 극복하기 위하여 적산온도를 이용한 해충발생예찰 모형, 표본조사법, 페로몬 트랩 등 해충 발생예찰 도구들이 끊임없이 개발되어왔으며, 실제 농업현장에서 방제시기를 결정하는 데 큰 도움이 되었다. 우리나라에서도 최근 친환경 농업이 대두되면서 약제 살포량을 절감하는 것이 농업정책의 목표가 되고 있으며, 약제를 합리적으로 사용하고 농업생태계의 자연 조절작용을 복원하고자 하는 해충종합관리(IPM)가 대안으로써 추진되고 있다.

해충종합관리 수행에서 강조되고 있는 사항은 천적을 보호할 수 있는 재배환경뿐만 아니라 천적으로 밀도조절이 어려운 심식충류와 같은 나방류 해충의 예찰 방제라고 할 수 있다. 즉 예찰 방제는 어느 해충의 방제 효율성을 높이는 동시에 그로 인하여 약제 사용량을 절감할 수 있는 중요한 수단이기 때문이다. 이와 같은 해충 발생예찰에서 손쉽게 해충발생시기와 발생량을 직접 확인할 수 있는 방법은 성페로몬 트랩을 사용하는 것이라 할 수 있다. 본 과제에서는 사과에 중요한 몇 가지 나방류 해충에 대한 성페로몬 성분조성과 특성을 구명하고 농가에 보급 가능한 성페로몬 트랩을 개발하였다. 이렇게 개발된 성페로몬 트랩을 실제 농업현장에서 활용하는 목적은 성페로몬 트랩

에 유살된 해충 수를 자료로 하여 방제가 필요한지를 판단하는 것과 적절한 방제 시기를 알아내어 살충제 사용을 절감하고 천적을 보존하여 친환경적인 농업생태계를 유지시키는 것이다. 이를 위해서는 성페로몬 트랩 유살량에 대한 해석과 이를 바탕으로 한 방제시기를 설정할 수 있는 모델이 필요하다. 즉 농업현장에서 활용하기 위해서는 농가에서 성페로몬 트랩을 설치하고 연속적으로 유살량을 기록하는 경우 유살량에 따른 방제여부 판단 및 앞으로의 발생 예측이 가능해야 한다.

본 절에서는 성페로몬 트랩 유살량을 이용한 피해해석과 연간 발생시기를 예측하고 방제시기를 판단할 수 있는 연구에 중점을 두었다. 나방류 중 효과적인 천적이 존재하지 않아 약제방제를 해야하고 과실을 직접 가해하여 경제적 피해가 큰 복숭아심식나방에 대해서는 트랩 유살량에 따른 피해해석을 실시하고, 그에 따라 방제여부를 판단하는 데에 목적을 두었다. 복숭아순나방은 발생초기에는 잎(신초)을 가해하지만 후기에는 과실을 가해하는 해충으로 1~2세대 초기 관리가 중요하므로 페로몬 트랩 유살량과 초기 피해시기를 구명하고, 1~2세대 방제시기를 결정할 수 있는 방법을 찾는 데 중점을 두었다. 기타 사과굴나방 및 잎말이나방류에 대한 연구는 월동세대의 발생시기를 예측하고 세대기간을 추정하는 데 중점을 두어 실시하였다.

제 2 절. 재료 및 방법

1. 주요 해충들의 발생예찰 모형

가. 복숭아심식나방

1) 페로몬 트랩 미끼의 효율성 평가

가) 처리 약량별 유인력

페로몬 처리량에 따른 복숭아심식나방 유인정도를 알기 위하여 페로몬 총량 0.1, 0.2, 0.5, 1.0, 2.0, 3.0, 4.0mg을 처리하여 유살량을 조사하였다. 복숭아심식나방 페로몬 성분으로 알려진 Z7-eicosen-11-one 성분을 헥산에 녹여서 각각 직경 5mm 고무격막에 침적시켰다. 준비된 페로몬 미끼는 날개형 트랩(pherocon 1C)을 나무 높이 약 150cm에 설치하고 그 안에 위치시켰다. 트랩은 1997년 7월 8일 수원시 장안구 이목동 원예연구소 과수원에 설치하였다. 총 4반복으로 실시하였으며 1반복은 과수육종과 복숭아과원에 나머지 3반복은 과수육종과 복숭아과원에 설치하였다. 두 과원의 거리는 약 800m 떨어져 있었으며 과원내에서 트랩간의 거리는 30m 이상 격리시켰다. 유살량은 10~12일 간격으로 6회 조사하였다(7/18, 7/29, 8/8, 8/20, 9/1, 9/11).

1998년에는 더 많은 약량에 대한 유인효과를 파악하기 위하여 1.0, 4.0, 7.0, 10.0mg에 대한 추가 실험을 실시하였다. 1997년과 같은 방법으로 페로몬을 준비하였으며 6월 19일 과수재배과 복숭아과원에 3반복으로 트랩을 설치하고 3~8일 간격으로 7월 20일까지 5회 조사하였다(6/22, 6/29, 7/7, 7/13, 7/20).

트랩을 교환하지 않은 상대에서 1997년은 66일, 1998년은 32일까지 조사하였으므로 각 처리량별 유인정도를 상대적으로 비교하였다. 즉 각 조사일에 유살된 총 성충수에 대한 각 처리의 유살량 비율을 조사일 별로 계산하여 그 경향을 비교하였다. 각 처리량에 대한 유살량 비율 변화가 조사기간 동안 일정하였으므로 모든 조사된 자료를 이용하여 페로몬 처리량과 상대적 유살량과의 관계를 분석하였다.

분석에 이용된 수식은 로지스틱(logistic dose response) 함수로써 다음과 같다.

$$y = \frac{a}{1 + \left(\frac{x}{b}\right)^c} \quad (1)$$

여기서 y: 처리량 x에서 유살된 성충의 상대적 비율; a, b, c는 매개변수이다.

나) 성충에 대한 유인력

수컷 방사 후 재포획을 실험에 필요한 복숭아심식나방 월동고치는 1998년 2월 하순 원예연구소내 야생 사과나무 밑 토양에서 채집하였다. 채집한 월동고치는 페트리디쉬(직경 9cm)에 흙을 약 반쯤 채우고 그 속에 10~13개 씩 넣은 다음 가온하지 않는 실험실에 보관하였으며, 여기서 우화되어 나오는 성충을 수집하여 실험에 이용하였다.

망실(길이 40m, 폭 10m, 높이 2.5m)에서 방사 후 재포획 실험은 1mm 망을 씌워 외부로부터 차단한 상태에서 실시하였다. 망실 한쪽에 페로몬 트랩(날개형 pherocon 1C, Z7-eicosen-11-one 1mg)을 설치하고 10~30m 지점에서 수컷 성충을 방사하였다. 1998년 6월 17일 30마리, 6월 22일 25마리, 7월 3일 35마리를 각각 방사하고 유살수를 조사하였다.

사과원(수원시 탐동 원예환경과 사과원)에서 재포획율은 트랩으로부터 15, 30, 60, 90m 지점에서 수컷 성충을 방사하고 유살되는 수를 조사하였다. 수컷을 방사하기 전 CO₂ 가스로 마취시킨 후 청색 유성잉크로 표식하였다. 즉 15m에서 방사한 성충의 경우에는 등면 위쪽 왼쪽에 1개점, 30m에서 방사한 성충의 경우에는 등면 위쪽 오른쪽에 1개 점, 60m에서 방사한 성충의 경우에는 등면 위쪽 중앙에 1개점, 90m에서 방사한 성충의 경우에는 등면 아래쪽 중앙에 1개점을 표시하였다. 표지된 성충을 1998년 6월 12일 거리별로 각 15마리 씩, 6월 27일에는 거리별로 각 15마리 씩을 방사하고 유살된 수를 조사하였다.

단위면적당 트랩 설치수에 따른 유살수는 수원시 이목동 원예연구소 과수 육종과 복숭아과원(약 2ha, 180x120m)에서 1998년 조사하였다. 최초 15개의 트랩(pherocon 1C, Z7-eicosen-11-one 1mg)을 약 30m 간격으로 6월 20일 설치하였다(그림 1). 트랩 최초 설치시 이 이전에 발생되어 있던 성충이 일시적으로 많이 유인되므로 이런 오차를 방지하기 위하여 6월 21일 유살된 모든 성충을 제거하였다. 따라서 2ha 당 15개 트랩밀도에 유살된 성충수는 6월 22일부터 26일까지 5일간 유인된 수를 조사하였다. 이 조사 후 트랩 6개를 제거하여 9개 트랩을 남겼으며 6월 29일 모든 유살된 성충을 제거하고 6월 30일부터 7월 4일까지 5일간 유살된 성충수를 다시 조사하였다(트랩밀도 9/2ha). 이 조사 후 다시 트랩 4개를 제거한 다음 7월 7일 모든 성충수를 제거하고 7월 8일부터 12일까지 5일 동안 유살된 성충수를 또 조사하였다(트랩 밀도 5/2ha).

트랩설치 위치(●)

- 15개 : A1, A2, A3, A4, A5
B1, B2, B3, B4, B5
C1, C2, C3, C4, C5
- 9개 : A1, A3, A5
B1, B3, B5
C1, C3, C5
- 5개 : A1, A5
B3
C1, C5

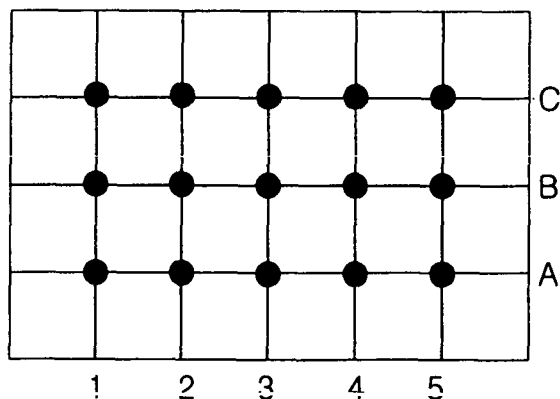


그림 1. 단위면적 당 복숭아심식나방 트랩 설치 위치 및 순차적으로 남긴 트랩 위치

망실 및 사과원에서 재포획 실험 자료를 이용하여 성페로몬 트랩이 설치된

위치로부터 거리별 유인효율을 추정하였다. 분석 목적상 망실 실험자료는 외부와 격리된 상태에서 얻어진 자료이기 때문에 트랩으로부터 '0'm 거리로 취급하였다. 트랩으로부터 거리별 유인된 성충의 비율 관계는 아래(2)의 지수함수를 이용하여 분석하였다.

$$y = a \cdot e^{bx} + c \quad (2)$$

여기서 x는 트랩으로부터 거리; e는 지수함수의 밑; a, b, c는 매개변수이다.

복숭아심식나방의 발생량이 시기별로 달라지고 단위면적당 트랩수에 따른 유살량 조사가 서로 다른 시기에 실시되었으므로 그 비교를 위하여 복숭아심식나방의 연간 발생소장을 일반화하여 가중치를 추정한 후 유살수를 보정한 후 비교하였다. 1998년 시기별 발생량 자료를 누적발생량으로 변환한 후 아래(3)의 bimodal 식(Kim 등, 2000)으로 일반화된 발생량을 추정하였다.

$$f(x) = a \left[\frac{1}{1 + \exp \left[-\frac{x-b}{c} \right]} + \left(\frac{1-a}{a} \right) \left[1 + \left(\frac{x}{b+d} \right)^e \right] \right] \quad (3)$$

여기서 f(x)는 줄리언 데이트(Julian date) x까지 누적 발생비율이고; a, b, c, d, e는 매개변수이다. Kim 등(2000)이 제시한 방법에 따라 매개변수를 추정한 결과 a=0.4789, b=164.7915, c=6.3258, d=50.6776, e=-22.3247이었다($r^2=0.99$). 이 식을 이용하여 트랩조사기간 동안의 가중치 $f(x_i, d_i) - f(x_i)$ 를 추정하였고 보정된 유살량은 실제유살량 $\times (1 - \text{가중치})$ 로 구하였다.

다) 미끼의 유인력 지속기간

복숭아심식나방 성페로몬 미끼의 유인력 지속기간을 파악하기 위하여

Z7-eicosen-11-one, 1mg를 고무격막에 침적시켜 페로몬 트랩(pherocon 1C)에 내장하여 사과원(수원시 서둔동 여기산 과원)과 복숭아원(수원시 이목동 원예연구소)에 각각 6개를 1997년 5월 22일 설치하였다. 이들 중 각 3개씩을 20일 후인 6월 11일부터 20일 간격으로 새로운 미끼로 교환하여 서로 비교하였으며, 모든 트랩은 30m이상 격리시켰다. 매 조사기 마다 트랩위치를 시계방향으로 이동시켰으며 5~8일 간격으로 조사하였다.

2) 발생시기 예찰모형

복숭아심식나방의 연간 발생량을 반순별로 페로몬 트랩을 이용하여 조사하였다. 페로몬 성분 Z-7-eicosen -11-one, 1mg를 침적한 고무격막 미끼를 사용하였다. 1997년부터 1999년까지는 날개형 트랩(pherocon 1C)을 사용하였고 2000년과 2001년은 한국포장디자인센터에서 구입한 것(델타형)을 사용하였다. 페로몬 미끼는 약 20~30일 간격으로 교환하였고 끈적이 판은 트랩 당 40마리 이상이 유살된 경우에 새 것으로 바꾸었다.

발생시기 예찰모형을 작성하기 위하여 1월 1일부터 성충 초발생일까지 적산온도를 계산하여 비교하였다. 복숭아심식나방 월동유충의 발육영점온도는 7.6℃로 보고되었으나(Kim 등, 2000), 기존에 8℃를 적용하는 경우 좋은 예측 결과를 보였으므로(김 등, 1996) 계산상 편의를 위하여 8℃를 적용하였다. 또한 토양온도를 이용하는 것이 정확도를 높일 수 있으나, 범용적 이용을 위해서 기상자료를 얻기 쉬운 대기 온도를 이용하였다. 1997년 이전의 트랩자료는 기존의 자료를 이용하였다(김 등, 1996).

3) 페로몬 트랩을 활용한 피해해석

가) 산란모형 작성

온도별 산란시험에 이용된 시험곤충은 1997년 원예연구소 사과원에서 토양

에서 채집하였다. 3월 4일 월동고치 600개, 4월 3일 400개를 채집하였으며, 페트리 디쉬(직경 9cm, 높이 3cm)에 흙을 반쯤 채우고 여기에 10~15개씩 넣어서 우화시켰다. 우화된 성충 암컷(우화 12시간 이내)과 수컷(우화 24시간 이내) 한 쌍씩을 아크릴 케이지(6×6×17 cm)에 방사하고, 산란장소로 이용하도록 어린 사과과실(직경 1.5~2.5 cm) 3개를 넣어주었으며 성충의 먹이로 5% 설탕물을 공급하였다. 산란시험은 16L:8D; 15, 18, 20, 25, 30, 및 35℃에서 실시하였으며 온도별 12~15쌍 씩을 반복하였다. 매일 13:00시에서 15:00시 사이에 산란수와 성충의 생사유무를 조사하였고 산란된 과실은 새로운 과실로 교환하였다.

온도별 성충수명과 산란수는 분산분석방법으로, 평균가는 Tukey 검정으로 비교하였다(SAS Institute 1995). 분석이전 자료는 $\sqrt{x+0.5}$ 로 변환시켰다.

성충의 생리적 연령을 추정하기 위하여 성충기간 중앙값에 역수를 취하여 성충 발육율로 표현하였으며, 온도와 발육율과의 관계를 Schoolfield 등(1981)이 제시한 생물리적 발육모형(4)에 적용시켰다.

$$r(T) = \frac{RHO25 \frac{T}{298.15} \exp\left[\frac{HA}{R} \left(\frac{1}{298.15} - \frac{1}{T}\right)\right]}{1 + \exp\left[\frac{HL}{R} \left(\frac{1}{TL} - \frac{1}{T}\right)\right] + \exp\left[\frac{HH}{R} \left(\frac{1}{TH} - \frac{1}{T}\right)\right]} \quad (4)$$

여기서 $r(T)$ =절대온도에서 산란전기간 발육율(1/발육기간); R =기체상수(1.987 cal degree⁻¹ mole⁻¹); $RHO25$ =25℃에서 발육율 (298.15 °k); HA =발육에 관여하는 속도조절효소가 촉매하는 반응의 활성화 엔탈피; TL =속도조절효소가 저온영역에서 50% 활성을 나타내는 절대온도; HL =속도조절효소가 저온영역에서 50% 활성화되는 것과 관련된 엔탈피의 변화; TH =속도조절효소가 고온영역에서 50% 활성이 저해되는 절대온도; HH =속도조절효소가 고온영역에서

50% 활성이 저해되는 것과 관련된 엔탈피의 변화를 의미한다. 각 매개변수는 Wagner 등(1984)이 제시한 SAS 프로그램을 이용하여 추정하였다.

추정된 성충발육모델은 성충의 생리적 연령(P_x)을 계산하는 데 사용하였다. 즉 성충 우화일부터 n 번째까지 성충의 생리적 연령은 아래(5)의 식으로 계산하였다(Curry와 Feldman, 1987).

$$\chi_n = \sum_{i=1}^n (r(T_i)) \quad (5)$$

여기서 $r(T_i)$ 는 성충 우화후 i 번째 날의 온도에서 발육율을 의미한다.

온도와 조사된 총산란수 자료를 이용하여 온도별 총 산란수 곡선을 추정하였다. 모형화를 위하여 기존에 발표된 비선형 식(6)을 이용하였다(Jandel, 1996).

$$f(t) = a \cdot \exp\left[-\exp\left(-\frac{t-b}{c}\right) - \frac{t-b}{c} + 1\right] \quad (6)$$

여기서 $f(t)$ 는 항온조건 t 온도에서 총 산란수; a 는 최대 산란능력(산란수); b 는 최대 산란수를 보이는 온도; c 는 매개변수로 TableCurve 프로그램을 이용하여 추정하였다(Jandel, 1996).

생리적 연령에 따른 산란비율은 곤충의 발육분포 모형으로 많이 사용하는 Weibull 함수(7)를 이용하였다.

$$p(\chi_n) = 1 - \exp(-(\chi_n/a))^b \quad (7)$$

여기서 $p(x_n)$ 는 암컷 성충의 생리적 연령 x_n 까지의 누적 산란비율; x_n 은 암컷의 생리적 연령; a 와 b 매개변수 값을 의미한다. 매개변수는 일별 총 산란수를 생존하고 있는 성충수로 나누어서 일별 평균 산란수를 구한 다음, 이들의 누적분포를 작성하고 PROC NLIN (SAS Institute, 1995)를 이용하여 추정하였다.

생리적 연령에 따른 성충의 생존율은 시그모이드 함수(8)를 이용하여 추정하였다.

$$s(x_n) = \frac{1}{1 + \exp\left(-\frac{x_n - a}{b}\right)} \quad (8)$$

여기서 $s(x_n)$ 는 암컷의 생리적 연령 x_n 까지 생존한 성충의 비율; a 는 50% 생존율을 나타내는 암컷의 생리적 연령; b 는 매개변수로 이 값은 TableCurve 프로그램을 이용하여 추정하였다(Jandel, 1996).

온도별 일별(즉 생리적 연령 x_n 에서 x_{n+1} 사이의) 산란수는 암컷성충의 생리적 연령 x_n 까지 산란율 $p(x_n)$; 항온조건 t 에서 총산란수 $f(t)$; 암컷성충의 생리적 연령 x_n 까지 생존율 $s(x_n)$ 를 이용하여 아래 식(9)으로 추정하였다.

$$[p(x_{n+1}) - p(x_n)] \cdot f(t) \cdot s(x_n) \quad (9)$$

나) 과실에서의 알 분포 특성 조사

복숭아심식나방이 과실에 산란한 알 수를 사과원과 복숭아과원에서 조사하였다. 수원시 서둔동 여기산에 위치한 과원(사과, 배, 복숭아 혼재 과원)에서 6월과 7월 비정기적으로 1997년 및 1999~2001년 조사하였다. 매 조사시기마다 5~10주에서 200~400개의 과실을 10x 확대경을 이용하여 조사하였으며

동시에 페로몬 트랩을 이용하여 성충 유살수도 조사하였다. 사용된 트랩은 1997과 1999년은 날개형 트랩(pherocon 1C)에, 2000년과 2001년은 한국포장디자인센터에서 구입한 트랩(델타형)에 Z7-eicosen-11-one, 1mg를 고무격막에 침적시킨 미끼를 사용하였다. 트랩은 1997년 2개, 1999년 2개, 2000과 2001년 1개 설치하였다.

과실에서 알 분포특성 분석을 위하여 1994~1996년 자료는 기존 자료를 추가하여 이용하였다(김, 미발표자료).

각 시기에 조사된 자료를 이용하여 과실 당 평균 알 수(알 평균밀도) 및 분산(variance)을 계산하고 평균과 분산과의 관계를 설명하는 아래 식(10) (Taylor, 1961)으로 분석하였다.

$$s^2 = ax^b \quad (10)$$

여기서 s^2 = 분산; x = 평균; a 와 b 는 매개변수이다.

Taylor식에서 추정된 매개변수 값을 이용하여 곤충 서식밀도(평균)와 서식비율 관계를 설명하는 식(11)(Wilson과 Room, 1983)을 이용하여 과실 당 평균 알밀도와 알이 존재하는 과실 비율(감염과율) 관계를 추정하였다.

$$p = 1 - \exp[-x \ln(ax^{b-1}) / (ax^{b-1} - 1)] \quad (11)$$

여기서 p 는 평균알밀도 x 에서 감염과율이며 a 와 b 는 Taylor식의 매개변수 값이다.

다) 피해해석 모형

경험적 모형을 만들기 위하여 복숭아심식나방 알이 존재하는 과실(감염과

을)을 피해과율로 가정하였다. 과실간 알분포 특성조사시 마련된 감염과율과 조사시기까지 페로몬 트랩에 유살된 성충수간 비선형 회귀분석을 실시하였다. 복숭아심식나방은 사과 및 복숭아나무가 혼재하는 경우 주로 복숭아에 산란하는 것으로 알려져 있다(Kim, 1999). 따라서 분석 자료는 복숭아심식나방 발생초기 복숭아에서 조사된 것들만 이용하였다(표 7: 1994년 6월 15일과 7월 4일; 1995년 6월 13일과 7월 5일; 1996년 7월 3일; 1997년 6월 10일, 19일, 및 24일; 1999년 6월 30일; 2000년 6월 20일과 30일; 2001년 6월 8일과 16일 조사성적). 이용한 모형은 아래(12)와 같다.

$$y = a x^b + c \quad (12)$$

여기서 y 는 감염과율; x 는 페로몬 트랩 유살량을 의미한다.

페로몬 트랩에 유살된 성충수를 이용한 피해과율을 예측할 이론적 모형은 위에서 작성한 산란모형, 트랩의 효율성, 과실에서 알 분포 특성 등을 종합하여 작성하였다. 모형과 목적상 감염과율을 피해과율로 취급하였다.

트랩에 유살되는 성충수는 실제 과원에서 발생하는 성충수와는 차이가 있다. 따라서 일정 면적에 있는 실제 성충수를 추정하였다. 앞의 연구결과에서 1개 트랩이 영향을 미치는 면적이 약 666평이었으므로 이 면적을 기준으로 피해과율을 추정하였다. 666평은 반경 26.5m에 해당하고, 트랩의 유인효율은 거리의 증가에 따라 감소하므로 식 2의 적분형을 이용, 아래(13)와 같이 트랩이 작용하는 거리까지 상대적 효율값을 계산하였다.

$$F1 = \int_0^{26.5} a e^{bx} + c \, dx \quad (13)$$

앞의 재포획 실험에서 페로몬 트랩의 유인력은 26.5m 이상되므로 트랩에 유살된 성충은 666평 범위 이외의 것이 포함되어 있게된다. 즉 트랩에는 F2 값이 포함되게 된다.

$$F2 = \int_{26.5}^{\infty} a e^{-bx} + c \, dx \quad (14)$$

따라서 666평에 실제 발생하는 상대적 성충수(F3=100×26.5)는 (F1+F2)/F3가 된다. 또한 무한대까지 유인력을 보일수 없고 과원의 규모를 감안하여 충분한 거리인 200m까지만 포함시켰다. 계산 결과 이 값은 약 0.56 이었으며 따라서 산란모델에 트랩 유살수를 입력할 때 성충수는 트랩유살수/0.56으로 하였다. 암수성비는 1:1로 하였다(Han, 1995).

복숭아심식나방의 총산란수와 피해과율의 추정 및 실제 자료와 적합성 여부를들은 생육초기 주로 복숭아에 발생하므로 포장적합을 위하여 복숭아원에서 조사된 자료 만을 이용하여 검정하였다. 약 666평에 해당하는 복숭아과원을 가정하고 산란모델을 이용, 총 산란수를 추정하였다. 기상자료는 수원기상대의 평균온도를 이용하였다. 복숭아원 300평당 평균 생산량이 약 1800kg이고 조사한 창방품종의 평균과중이 280g이므로 666평에 있는 총 과실수는 약 14,270개가 된다(농진청, 2001). 추정된 평균 알 밀도는 추정된 총 산란수/총 과실수로 계산하였고, 평균과 감염과율 관계식(식 11)으로 감염과율을 추정하였다. 여기서 추정된 감염과율은 실제 조사한 감염과율과 비교하였으며 χ^2 -검정을 실시하였다.

나. 복숭아순나방

1) 페로몬 트랩 미끼의 효율성 평가

가) 처리 약량별 유인력

페로몬 처리량에 따른 복숭아순나방이 유인되는 정도를 알아보기 위하여 페로몬 총량 0.1, 0.2, 0.5, 1.0, 2.0, 3.0, 4.0mg을 처리하여 유살량을 조사하였다. 복숭아순나방 페로몬 성분으로 알려진 Z8-12:Ac와 E8-12:Ac을 95:5 비율로 혼합하여 사용하였다. 페로몬 트랩 설치 및 관리는 복숭아심식나방 실험과 동일하게 하였다. 트랩은 1997년 6월 23일 수원시 장안구 이목동 원예연구소 과수원에 총 6반복으로 설치하였다. 유살수는 6월 28일, 7월 7일, 18일, 및 29일, 8월 8일과 20일, 9월 1일과 12일 등 8회에 걸쳐 조사하였다.

처리량별 유인정도는 상대적으로 비교하였다. 즉 각 조사일에 유살된 총성충수에 대한 각 처리의 유살량 비율을 조사일 별로 계산하여 그 관계를 식 (13)으로 분석하였다.

$$y = \frac{1}{ax} + b \quad (13)$$

여기서 y 는 처리량 x 에서 유살된 성충의 상대적 비율; a 와 b 는 매개변수이다.

나) 미끼의 유인력 지속기간

복숭아순나방 성페로몬 미끼의 유인력 지속기간을 파악하기 위하여 Z8-12:Ac와 E8-12:Ac을 95:5로 혼합하여 1mg를 고무격막에 침적시켜 준비하였다. 마련된 페로몬 미끼는 복숭아심식나방과 동일한 방법으로 설치하고 관리하였다. 1997년 4월 30일 설치하고 7월 10일까지 복숭아심식나방과 동일한 방법으로 조사하였다.

2) 발생시기 예찰모형

복숭아순나방의 연간 발생량은 반순별로 페로몬 트랩을 이용하여 조사하였다. 페로몬 성분 Z8-12:Ac와 E8-12:Ac을 95:5로 혼합한 1mg를 처리한 고무 격막 미끼를 사용하였다. 1997년부터 1999년까지는 날개형 트랩(pherococon 1C)을, 2000년과 2001년은 한국포장디자인센터의 델타형 트랩을 사용하였다. 페로몬 미끼는 약 30~40일 간격으로 교환하였고 끈적이 판은 트랩 당 40마리 이상이 유살된 경우에 새것으로 바꾸었다.

복숭아순나방의 피해를 받은 복숭아 신초수는 페로몬 트랩 초발일부터 시작하여 1997년부터 2001년까지 5~10일 간격으로 조사하였다. 시기별로 임의로 5~10주를 선택하고 주 당 20개의 신초에서 피해받은 수를 조사하였다. 또한 2000년과 2001년에는 시기별 알 밀도와 알 부화율도 조사하였다. 총 5주에서 주당 5개 신초를 채취하여 알 수를 조사하였다.

발생시기 예측모형을 작성하기 위하여 1월 1일부터 성충 초발생일까지 적산온도를 계산하여 비교하였다. 발육영점온도는 8℃를 이용하였다. 복숭아순나방 월동유충의 발육영점온도는 8.1℃로 보고되어있으나(양 등, 1997), 기존에 8℃를 적용하는 경우 좋은 예측 결과를 보였고(김 등, 1996) 계산상 편의를 위하여 8℃를 적용하였다.

성충 초발 일(biofix)부터 주요 발생시기까지를 예측하기 위하여 페로몬 트랩을 이용하면 초발일을 결정할 수 있어서 초발일부터 월동세대 최성기, 월동세대 알 최성기, 1세대 성충 최성기, 1세대 알 최성기, 2세대 성충 최성기, 3세대 성충 최성기, 4세대 성충 최성기까지 적산온도를 계산하여 비교하였다. 발육영점온도는 8℃를 적용하였다. 적산온도는 일별 평균온도에서 발육영점온도를 빼어 일유효온도를 구하고 이를 매일 누적하여 계산하였다.

다. 페로몬 트랩을 이용한 다른 해충들의 발생소장 조사

사과굴나방, 사과애모무의잎말이나방, 사과무늬잎말이나방들의 연간 성충

발생을 페로몬 트랩을 이용하여 조사하였다. 사용된 페로몬은 본 과제 수행을 위하여 공급된 것을 사용하였다. 트랩의 설치 및 유지관리는 복숭아심식나방과 복숭아순나방의 경우와 동일하게 하였다. 이 자료를 이용하여 성충조발일 및 성충발생최성기 예측모형을 작성하였다. 모형 작성시 1997년 이전 자료는 기존에 발표된 자료를 이용하였다(김 등, 1996).

발생시기 예측모형을 작성하기 위하여 1월 1일부터 성충 초발생일까지 적산온도를 계산하여 비교하였다. 발육영점온도는 사과굴나방의 경우 기존 밝혀진 자료에 근거하여 6℃(송 등, 1995)를 적용하였고, 잎말이나방류는 아직 명확한 발육하한온도가 규명되지 않았으므로 8℃를 적용하였다. 기존에 8℃를 적용하는 경우 가장 좋은 예측 결과를 보인 것으로 알려져 있다(김 등, 1996). 적산온도 계산방법 및 온도자료는 복숭아순나방과 동일하였다.

성충 발생최성기는 월동세대의 경우 1월 1일부터 발육하한온도 이상 온도를 누적한 적산온도를 이용하여 추정하였다. 누적된 적산온도를 독립변수로 하고 월동세대 성충 누적발생율을 종속변수로 하여 Weibull 함수(14)를 이용하여 시기별 발생 확율을 추정하였다.

$$F(x) = 1 - \exp[-((x - a)/b)^c] \quad (14)$$

여기서 $F(x)$ 는 적산온도 x 에서 월동성충 발생을이고, a , b , c 는 매개변수이다.

또한 월동세대를 포함하여 각 세대 발생최성기부터 다음 세대 발생최성기까지의 적산온도를 구하여 세대 완성에 필요한 적산온도를 추정하였다.

제 3 절. 결과 및 고찰

1. 복숭아심식나방

가) 페로몬 트랩 미끼의 효율성 평가

1) 처리 약량별 유인력

페로몬에 대한 복숭아심식나방의 유인량은 페로몬 처리량이 증가할수록 증가하였다(그림 2). 트랩 설치 후 처음 10일간 유살된 양은 가장 적게 처리한 0.1mg과 비하여 가장 많이 처리한 4.0mg에 약 6.6배 더 많은 수컷성충이 유인되었다. 페로몬 처리량 0.1과 1.0mg에서 트랩 설치 43일 후 조사에서 변이가 있는 것을 제외하고는 각 페로몬 처리량별 각 조사시기에 유살된 수는 전체적으로 비슷한 비율을 유지하였다(그림 3). 즉 시간이 지나면서 고무격막에 침적된 페로몬 성분이 점차 감소한다고 가정할 때 복숭아심식나방은 성페로몬 양에 비례적으로 반응한다고 생각된다. 그림 3과 같이 페로몬 처리량이 증가함에 따라서 유살된 성충수 비율은 곡선적으로 증가하였으며, 1998년 처리량을 10mg까지 증가시킨 경우도 같은 경향을 보였다. 일반적으로 나방류 곤충은 페로몬량에 따른 하한과 상한의 임계값을 갖고(Sanders, 1997) 있는 것으로 알려져 있는데 복숭아심식나방은 상한 임계값이 10mg 보다 더 높은 것으로 생각된다. 복숭아심식나방이 방출되는 페로몬 양에 반응하는 특성이 이러하므로 이용목적에 따라 페로몬 처리량을 달리해야 할 것으로 생각된다. 만일 교미교란을 목적으로 한다면 처리량을 증가할수록 유리할 것이다.

예찰용으로도 사용한다고 가정할 때, 1.0mg 이하에서는 처리량이 감소할수록 큰 폭으로 유살량이 감소하므로 포장에 설치한 경우 시간이 경과함에 따라서 유살량 변이가 심할 것이다. 고무격막에 침적하는 처리량 1.0~3.0mg 범위에서 비교적 비슷한 비율의 수컷 성충이 유살되므로(그림 4) 발생 예찰용 트랩은 2.0mg 전후가 적당할 것으로 판단되었다.

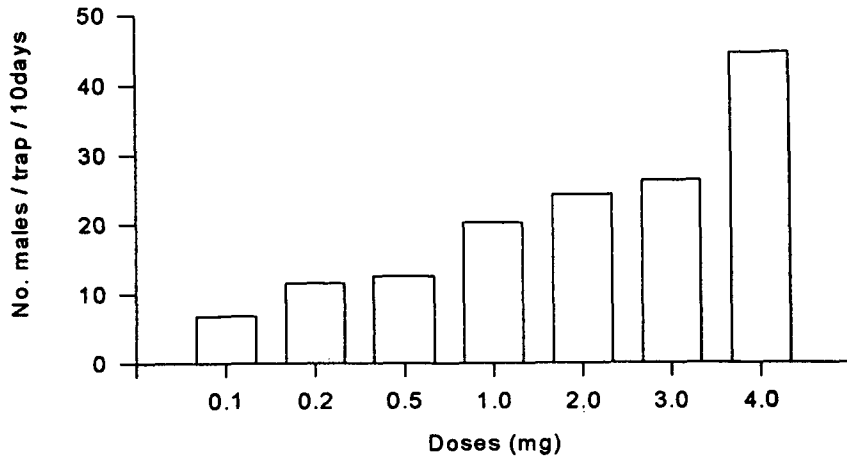


그림 2. 페로몬 처리량에 따른 복숭아심식나방의 유살수

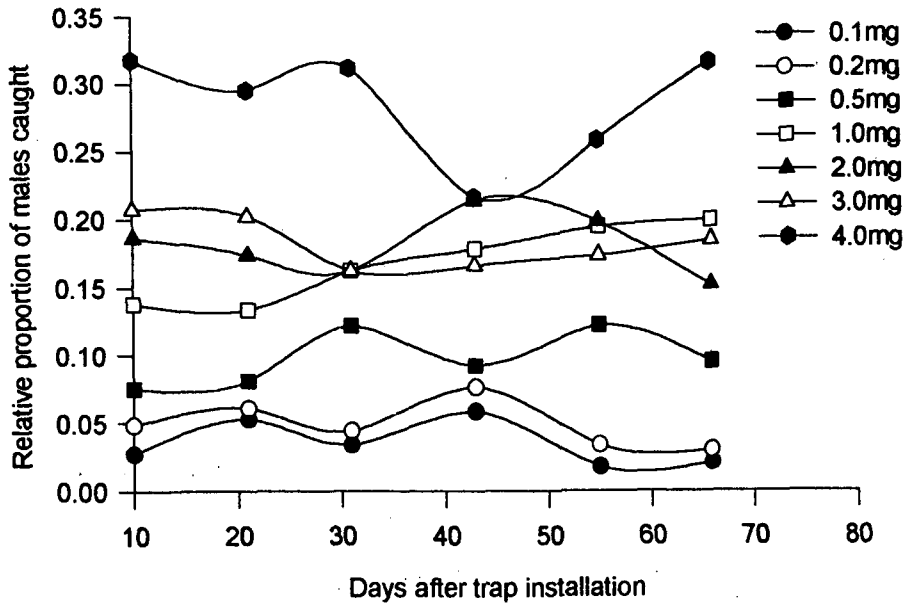


그림 3. 복숭아심식나방 성페로몬 처리량 별 상대적 유살량 비율

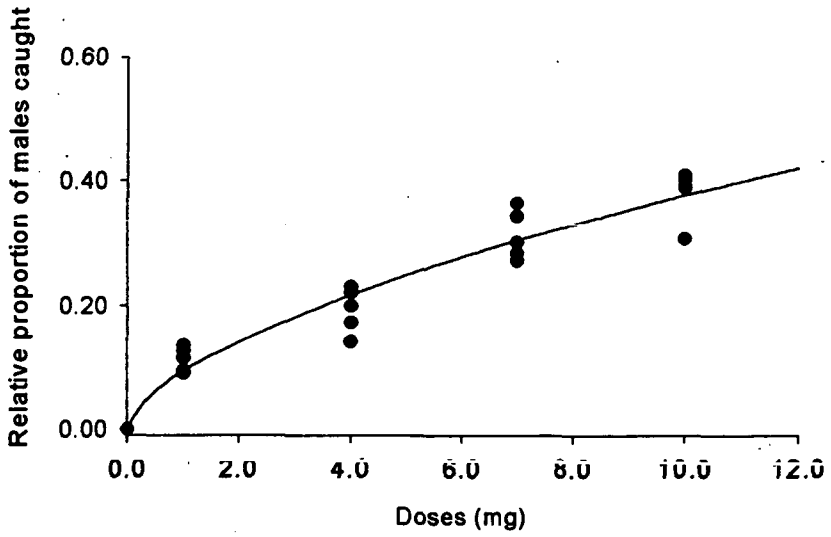
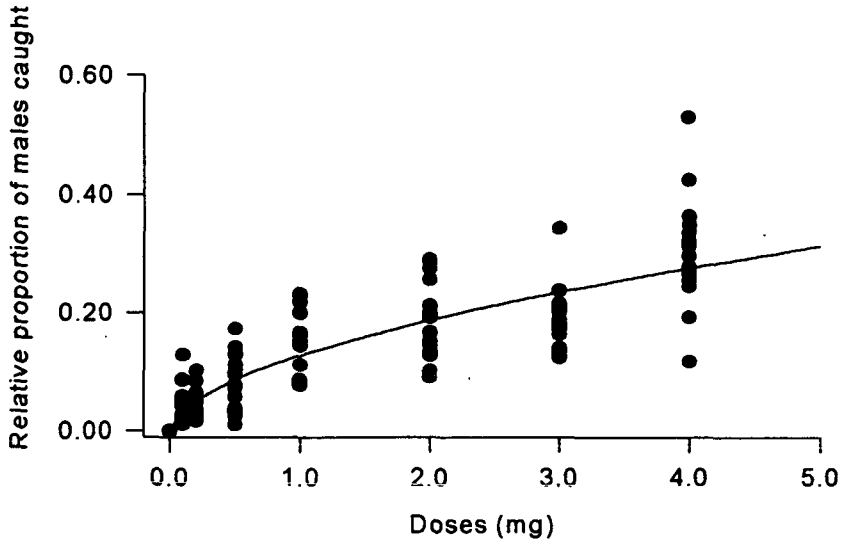


그림 4. 페로몬 처리량과 복숭아심식나방의 상대적 유살량과의 관계
(상, 1997년; 하 1998년)

2) 성충에 대한 유인력

외부와 차단된 망실 실험에서 방사한 복숭아심식나방의 수컷 성충 중 44.0~53.3%가 유인되었고 3차례 실험 평균 47.8%가 유인되었다(표 1). 망실 실험은 트랩 설치 10m 이내에서 방사한 것으로 사과원 포장 야외상태 15m 방사지점에서 유인된 수와 비교할 때 약 15% 정도가 더 많이 유인되었다. 트랩으로부터 거리별 유인정도는 거리가 증가할수록 감소하는 경향을 보였으며 비교적 먼 거리인 90m에서도 방사수의 10%가 유인되었다(표 2).

표 1. 망실에서 방사한 복숭아심식나방의 수컷성충 재포획율

| 구 분 | 방사 마리수 | 재포획수 | % 포획율 |
|-------------|--------|------|-------|
| 1차 (6월17일) | 30 | 16 | 53.3 |
| 2차 (2월 22일) | 25 | 11 | 44.0 |
| 3차 (7월 3일) | 35 | 16 | 45.7 |
| 계 | 90 | 43 | 47.8 |

표 2. 표지된 복숭아심식나방의 수컷성충을 망실에서 방사한 후 재포획율

| 구 분 | 트랩위치로부터 방사거리(m) | | | |
|--------|-----------------|-------|-------|-------|
| | 15 | 30 | 60 | 90 |
| 방사 마리수 | 30 | 30 | 30 | 30 |
| 재포획수 | 10 | 8 | 4 | 3 |
| % 포획율 | 33.33 | 26.67 | 13.33 | 10.00 |

* 1차(6/12) 15마리, 2차(6/27) 15마리 종합한 결과임

단위면적당 트랩수에 따른 유살수 비교 결과 트랩수가 666평당 1개 일 때와 1200평 당 1개 일 때는 복숭아심식나방의 유인수에 큰 차이가 없었고, 400평 당 1개인 경우는 유인수가 적었다(표 3). 즉 400평당 1개인 경우는 인접 트랩 간 영향을 주는 것으로 판단되었고 666평 이상에서는 트랩간 간섭효과가 크지 않은 것으로 생각된다.

표 3. 가중치를 이용한 단위면적당 트랩 유인된 복숭아심식나방의 수 비교

| 구 분 | 트랩수(개/ha) | | |
|------------------------|-------------------------|------------|-------------|
| | 7.5 (400평) ³ | 4.5 (666평) | 2.5 (1200평) |
| 조사시기(1998년) | 6. 22~6. 26 | 6. 29~7. 4 | 7. 7~7. 12 |
| 실제 유살량(평균) | 68.9 | 94.8 | 103.2 |
| 가중치 ¹ | 0.0685 | 0.0422 | 0.0486 |
| 보정유살량(평균) ² | 59.3 | 90.8 | 98.2 |

¹ 연간 전체 발생량 중 조사시기 기간동안 복숭아심식나방의 발생비율 (식 3 참조).

² 실제유살량×(1-가중치)

³ 트랩 1개가 차지하는 면적(평)

트랩으로부터 거리별 수컷 성충 유인효율(그림 5)에서 추정된 매개변수값(추정값±SEM)은 $a=42.6076(\pm 3.12572)$, $b=-0.0250(\pm 0.00466)$, $c=5.0028(\pm 3.26449)$ 이었다($r^2=0.99$). 위 단위 면적당 트랩 수에 따른 유살수 변이에서 666평은 반경 26.5m 범위에 해당하고, 따라서 인접트랩에 영향을 받지 않으려면 최소 53m 이상 트랩간격이 필요하다. 이 거리는 그림 5에서 볼 때 약 16%의

유인효율을 보이는 거리이지만 포장상태에서는 지형 및 기상 등 다양한 조건이 관여하기 때문에 트랩간의 간섭효과를 감소시키는 것으로 생각된다.

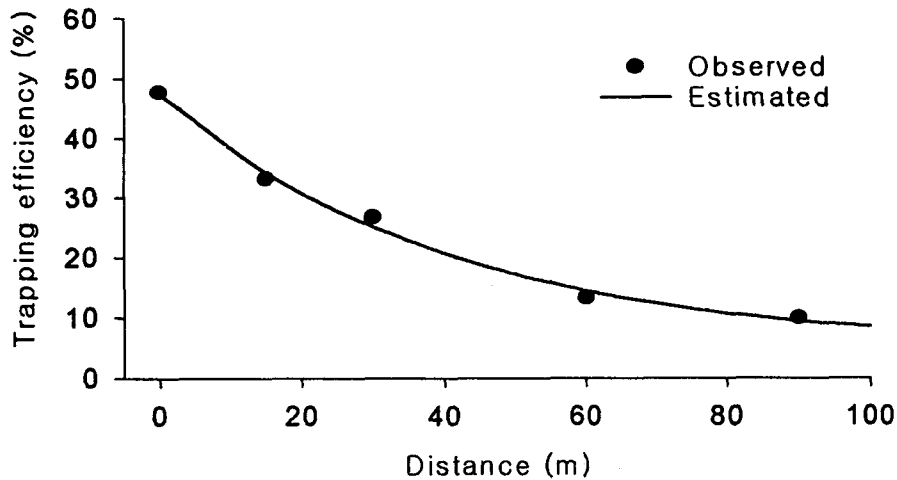


그림 5. 성페로몬 트랩설치 위치로부터 거리별 복숭아심식나방의 유인 효율

3) 미끼의 유인력 지속기간

페로몬 미끼를 20일 간격으로 교환한 트랩과 교환하지 않은 트랩에 유인되는 복숭아심식나방의 성충수를 비교한 결과(그림 6) 트랩 최초 설치 후 25일까지는 차이가 없었으나 30일 조사시에는 사과원과 복숭아과원 모두 20일 간격으로 미끼를 교환한 트랩에서 더 많은 수의 성충이 유인되었다. 하지만 시간이 지날수록 두 처리간 간격은 크게 벌어지지 않았으며 사과원에서는 60일, 복숭아원에서는 70일째 서로 차이가 없었다. 전체적으로 유인수는 적었으나 미끼를 교환하지 않은 트랩은 20일 마다 교환한 트랩의 유인수 경향을 따라가는 추세를 보였다.

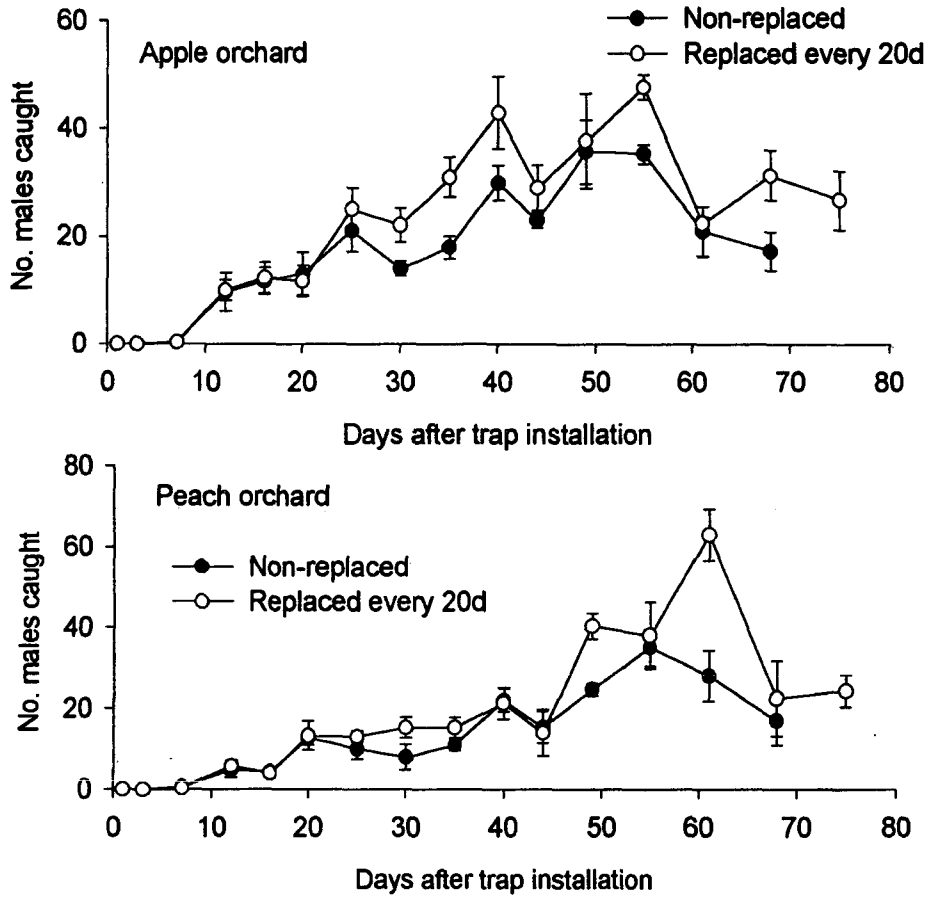


그림 6. 페로몬 미끼를 20일 간격으로 교환한 트랩과 교환하지 않은 트랩 간 복숭아심식나방의 유인수 비교.

이와 같이 시간이 지날수록 오래된 미끼에서 유인수가 감소하는 것은 앞의 그림 2와 4에서 나타난 바와 같이 복숭아심식나방은 페로몬 처리량이 증가할수록 유인력이 증가하는 생물적 특성을 갖고 있기 때문으로 판단된다. 페로

몬 총량이 1mg인 경우 30일 이상된 미끼는 유인력이 떨어지는 경향이 있으므로 30~40일까지 유인력을 보전하려면 1.5mg 전후의 처리량이 필요할 것으로 생각된다.

나. 발생시기의 예찰모형

복숭아심식나방의 연간 성충 발생소장(그림 7) 복잡한 양상을 보였다. 월동세대 성충은 대략 6월 상순부터 7월 중순경까지 발생되어 발생시기가 비교적 구분이 되었으나 월동세대 이후 7월 중하순부터는 성충들이 폭 넓게 나타나 세대간 구분이 어려웠다. 이러한 복숭아심식나방의 불명확한 발생양상이 방제적기를 어렵게 하는 요인이 된다고 생각된다.

특히 복숭아심식나방은 과실을 가해하여 직접적으로 경제적 피해를 주는 해충으로 철저한 방제가 필요한 해충이다. 따라서 복숭아심식나방의 예찰모형은 뒤에서 논술하듯이 페로몬 트랩 유살수에 따른 방제 판단여부에 중점을 두었으며 각 특정 발생시기에 대한 예찰모형은 생략하였다. 다만 페로몬 트랩의 설치시기를 추정해야 하기 때문에 초발일 예측모형만 작성하였다.

초발일은 1월 1일부터 8℃ 이상 적산온도를 계산했을 때 $404.6 \pm 15.14DD$ (평균 \pm SE) 이었다. 따라서 초발일을 찾기 위해서는 약 10일전인 300DD 되는 시기에 페로몬 트랩을 미리 설치하여 2~3일 간격으로 조사하는 것이 좋을 것으로 생각된다.

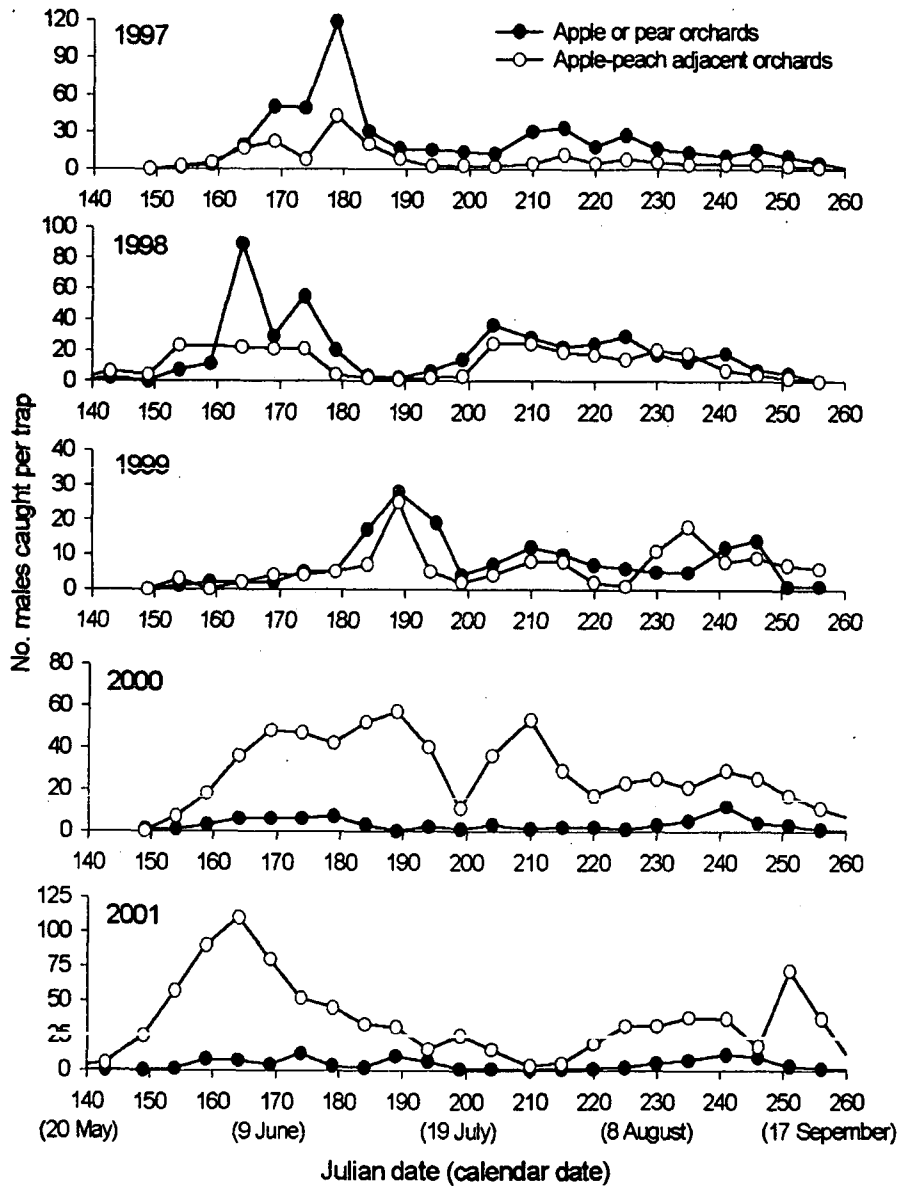


그림 7. 연도별 복숭아심식나방 성충의 발생소장

다. 페로몬 트랩을 활용한 피해해석

1) 산란모형 작성

복숭아심식나방 암컷 성충의 수명은 온도에 따라 차이($F=22.59$, $df=5$, 77 , $P=0.0001$)가 나는데 전체적으로 온도가 증가할수록 감소하는 경향을 보였다 (표 4). 성충 수명은 15℃에서 가장 길었으며 35℃에서는 4.5일로 검토한 온도 범위 중에서 가장 짧았다. 성충의 발육율(1/성충수명)은 15~35℃ 범위에서 Sharpe와 DeMichele 모형(Schoolfield *et al.*, 1981)으로 잘 설명되었으며 (그림 8) 추정된 매개변수 값은 Wagner 등(1984)이 제시한 범위 내에 있었다 (표 5).

총 산란 수도 온도에 따라 크게 차이가 있었다($F = 7.87$, $df = 5$, 77 , $P = 0.0001$) (표 4). 검토한 15~35℃ 범위 모두에서 산란하였으나 15℃와 35℃에서는 산란수가 매우 적었고 20℃에서 산란수가 가장 많았다.

표 4. 온도별 복숭아심식나방 암컷 성충의 수명과 마리당 산란수

| 온도 (℃) | 조사수 | 수명 (평균±SEM) | 산란수/마리 (평균±SEM) |
|--------|-----|----------------|--------------------|
| 15 | 15 | 22.3 ± 1.68a | 6.7 ± 2.39cd |
| 18 | 15 | 14.3 ± 1.24b | 30.5 ± 8.06bd |
| 20 | 13 | 15.7 ± 14.3ab | 98.3 ± 25.49a |
| 25 | 15 | 7.6 ± 0.96c | 74.3 ± 15.56a |
| 30 | 13 | 8.6 ± 1.27c | 55.8 ± 16.74abc |
| 35 | 12 | 4.5 ± 0.73c | 5.2 ± 3.28cd |

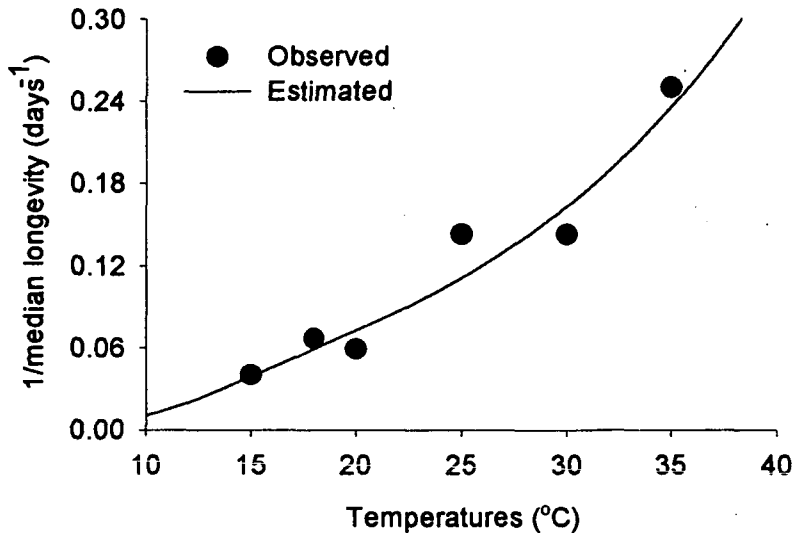


그림 8. 온도와 복숭아심식나방 성충의 발육율(1/성충수명)과의 관계.

표 5. 복숭아심식나방 성충의 발육모형에 관련되는 매개변수의 추정값

| 매개변수 | 추정값 | SEM | r ² |
|-------|----------|----------|----------------|
| RHO25 | 0.1118 | 0.03617 | 0.94 |
| HA | 12974.88 | 6680.886 | |
| TL | 285.1304 | 19.263 | |
| HL | -64050 | 4109.519 | |

온도와 총 산란 수와의 관계는 그림 9a와 같고 매개변수 값은 표 6과 같다. 추정된 모형에서는 22.4℃(매개변수 b)에서 가장 많은 105개(매개변수 a)

의 산란수를 나타냈다. 복숭아심식나방 성충의 활동력은 20℃ 전후에서 가장 좋고 18℃ 이하에서는 크게 감소(Hukusima, 1953, 1954)한다고 알려져 있는데, 추정된 모형은 이러한 복숭아심식나방의 생물적 특성을 잘 반영한다고 생각된다.

생리적 연령과 산란율과의 관계(연령별 산란율) 모형(그림 9b, 표 6)에서 총 산란수의 약 50%가 생리적 연령 0.69까지 완료하는 것으로 추정되었다. 생리적 연령과 성충 생존율 관계(그림 9c, 표 6)에서 처음에는 사망률이 적다가 중간연령에서는 직선적으로 증가하고 후기에는 감소하는 특징을 보였다. 모형은 생리적 연령 0.89(매개변수 a)까지 50%가 사망하는 것을 보여주었다.

표 6. 복숭아심식나방의 산란과 생존모형의 매개변수 추정값

| 모형 종류 | 매개변수 | 추정값 | SEM | r ² |
|-------------|------|----------|----------|----------------|
| 온도별 총산란수 모형 | a | 105.3434 | 20.06232 | 0.87 |
| | b | 22.373 | 0.66706 | |
| | c | 3.991 | 0.87184 | |
| 연령별 산란율 모형 | a | 0.6924 | 0.00729 | 0.97 |
| | b | 3.6124 | 0.18486 | |
| 연령별 생존율 모형 | a | 0.8882 | 0.0233 | 0.82 |
| | b | -0.2002 | 0.025 | |

온도별 총 산란수, 연령별 산란율, 그리고 연령별 생존율 모형을 이용하여 온도 및 성충 연령별 산란수를 추정한 결과(그림 10) 낮은 온도에서는 넓고 낮은 분포모형을 보였으며, 적정온도까지 온도가 증가할수록 급격히 산란수가 증가하였고 그 이상에서는 산란율 폭이 좁아지면서 산란수가 서서히 감소하였다.

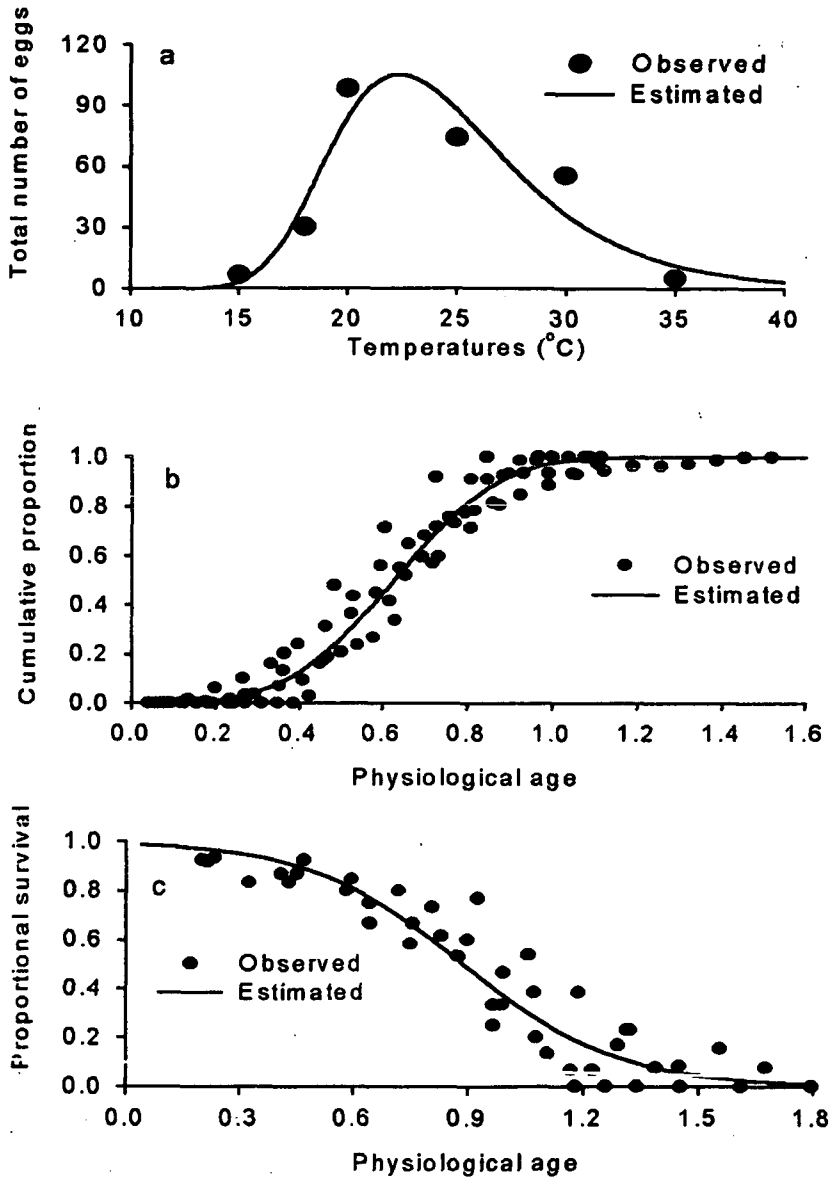


그림 9. 복숭아심식나방 산란모형의 주요 기본모형.
 a: 온도별 총산란수, b: 연령별 산란율, c: 연령별 생존율 모형

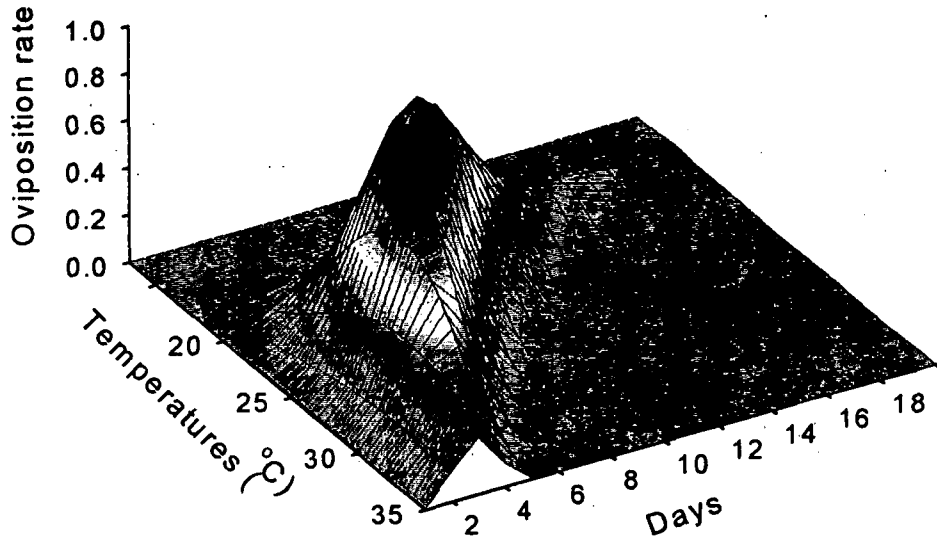


그림 10. 복숭아심식나방의 산란모형

2) 과실에서의 알 분포 특성

표 7은 시기별 과실내 복숭아심식나방의 평균 알밀도, 알 분포 분산, 알이 존재하는 과실의 비율(감염과율), 및 페로몬 트랩의 유인수을 나타내고 있다. 부의 이항분포 k값을 추정한 결과 모두 '0' 보다 큰 값으로 복숭아심식나방의 알밀도는 집중분포를 하는 것으로 나타났다.

평균 알밀도와 분산과의 관계는 그림 11a와 같으며 Taylor 식 매개변수값은 $a=3.6342 \pm 0.26760$ 과 $b=1.0461 \pm 0.15235$ 로 추정되었다($r^2=0.83$). Taylor 식의 매개변수 값을 이용하여 평균 알밀도와 알이 존재하는 과실의 비율(감염

과율) 관계를 추정한 결과는 그림 11b와 같다. 평균 알 밀도가 증가함에 따라 감염과율은 곡선적으로 증가하였고 알 밀도가 과실당 1.0 이상에서는 큰 편차없이 적합되었다.

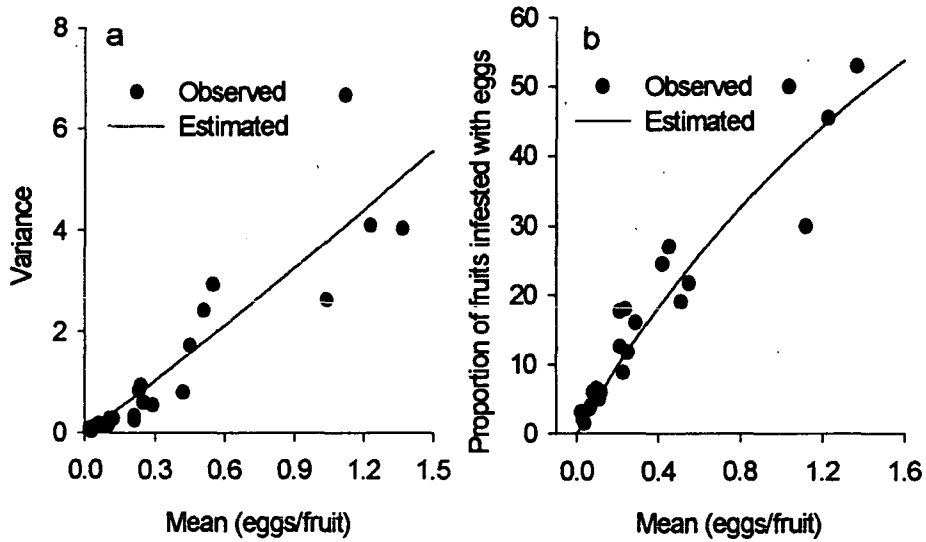


그림 11. 복숭아심식나방 알의 평균밀도와 분산(a) 및 알이 존재하는 과실 비율(b)과의 관계

표 7. 과실간 복숭아심식나방 알의 발생분포 특성

| 연도(월,일) | 과종(품종) | 평균(x) (알수/과) | 분산(s ²) | 감염과율 ^a (%) | k ^b | 성충 유살수 |
|---------|--------------|-----------------|---------------------|--------------------------|----------------|-----------|
| 1994 | 6.13 사과(후지) | 0.04 | 0.105 | 1.5 | 0.0177 | 17 |
| | 6.15 복숭아(창방) | 0.10 | 0.158 | 6.5 | 0.1461 | 22 |
| | 6.20 사과(후지) | 0.06 | 0.168 | 3.5 | 0.0366 | 29 |
| | 7. 4 복숭아(창방) | 0.12 | 0.276 | 6.0 | 0.0836 | 50 |
| | 사과(후지) | 0.11 | 0.268 | 5.0 | 0.0688 | 50 |
| | 7.19 사과(후지) | 0.03 | 0.035 | 2.0 | 0.0655 | 67 |
| | 9. 7 사과(후지) | 1.23 | 4.098 | 45.5 | 0.6591 | 112 |
| 1995 | 6.13 복숭아(창방) | 0.07 | 0.147 | 4.0 | 0.0640 | 54 |
| | 7. 5 사과(후지) | 0.29 | 0.548 | 16.0 | 0.4387 | 477 |
| | 사과(쓰가루) | 1.37 | 4.039 | 53.0 | 0.9594 | |
| 1996 | 7. 3 복숭아(창방) | 0.42 | 0.792 | 24.5 | 0.5104 | 140 |
| | 7.10 복숭아(창방) | 0.21 | 0.242 | 17.7 | 1.5696 | 179 |
| | 사과(후지) | 0.21 | 0.333 | 12.6 | 0.3483 | |
| 1997 | 6.10 복숭아(창방) | 0.08 | 0.115 | 6.0 | 0.1842 | 11 |
| | 6.19 복숭아(창방) | 0.23 | 0.829 | 8.8 | 0.0866 | 55 |
| | 6.24 복숭아(창방) | 1.12 | 6.647 | 30.0 | 0.2570 | 96 |
| | 사과(후지) | 0.09 | 0.144 | 6.0 | 0.1519 | |
| 1999 | 6.30 복숭아(창방) | 0.06 | 0.139 | 3.5 | 0.1842 | 18 |
| | 7. 5 사과(후지) | 0.02 | 0.082 | 3.1 | 0.0065 | 25 |
| 2000 | 6.20 복숭아(창방) | 0.24 | 0.937 | 18.0 | 0.0826 | 109 |
| | 6.30 복숭아(창방) | 0.45 | 1.725 | 27.0 | 0.1588 | 198 |
| 2001 | 6. 8 복숭아(창방) | 0.51 | 2.414 | 19.0 | 0.1366 | 89 |
| | 6.16 복숭아(창방) | 0.55 | 2.930 | 21.7 | 0.1271 | 188 |
| | 7.10 사과(후지) | 0.25 | 0.597 | 11.7 | 0.1801 | 499 |

^a알이 존재하는 과실의 비율. ^b부이이항분포의 k ($k=x^2/(s^2 - x)$).

3) 피해해석 모형

복숭아과원에서 실제 조사된 복숭아심식나방 알이 존재하는 과실의 비율 (감염과율)과 성페로몬 트랩에의 유인수와의 관계는 그림 12와 같다.

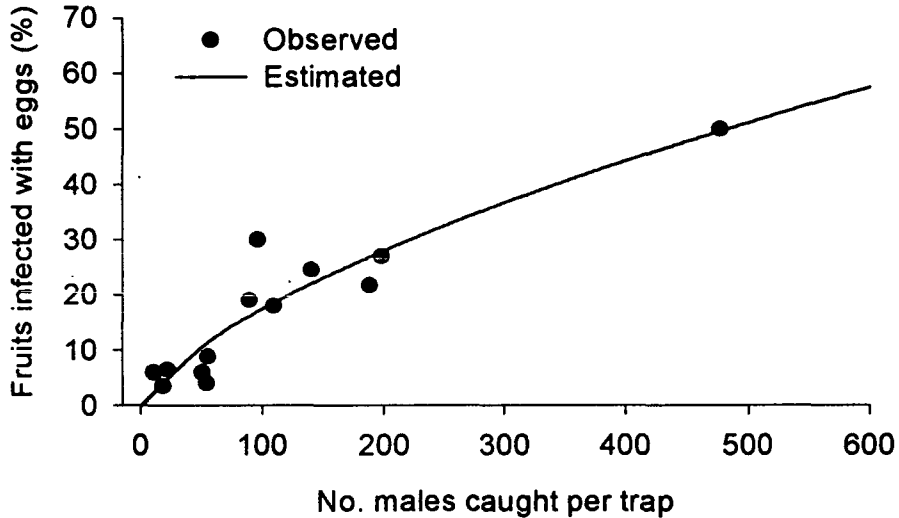


그림 12. 성페로몬 트랩에 유인된 복숭아심식나방 성충수와 알이 존재하는 과실비율과의 관계

사용한 회귀모형 매개변수 값(\pm SEM)은 $a=1.1527 \pm 1.70121$, $b=0.6174 \pm 0.22502$, $c=-2.2421 \pm 7.88238$ 이었고 이 모형의 변이 폭 중 86%를 설명할 수 있었다($r^2=0.86$). 유인수가 약 100마리 일 때까지는 감염과율이 급격히 증가하였으나 그 이후에는 서서히 증가하는 특성을 보였다. 여기서 감염과율은 알이 존재하는 과실의 비율로 피해과율로 될 가능성이 있는 과실을 의미한다. 복숭아심식나방은 산란된 알이 100% 부화하여 과실에 침입하고, 침입한 유충이 100% 생존하는 것이 아니라 보통 복숭아에서 40%, 사과에서 27% 정도

생존율을 보이는 것으로 알려져 있다(Kim, 1999). 따라서 실제 피해과율은 추정된 감염과율 보다 낮을 것으로 기대된다.

복숭아심식나방 산란모형과 알의 분포 특성을 이용하여 추정한 이론적인 감염과율(피해과율로 취급)은 표 8과 같다. 실제 조사된 감염과율과 비교할 때 조사시기에 따라 적중도에 차이가 있었다. 즉 복숭아심식나방이 발생하기 시작하는 초기에는 실측치와 추정치간에 차이가 없었으나 조사시기가 지연된 경우에는 크게 과대평가되었다. 이와 같이 과대평가된 것은 총 산란수가 비교적 긴 시간동안 유인된 성충수로 추정되었고 모형 특성상 일시적으로 모두 산란된 것으로 계산되었기 때문으로 판단된다. 예를 들면 1994년의 경우 6월 15일에는 실측치와 추정치간에 차이가 없었으나($\chi^2=0.6056$) 7월 4일에는 차이($\chi^2=7.4692$)가 있었다. 1994년 복숭아심식나방 초발일은 6월 4일이었고 이로부터 11일 후인 15일날 알의 밀도를 조사하였다. 이 당시의 기상상태(온도)를 감안하면 조사 당시에는 부화하여 침입한 알이 없는 상태로 비교적 정확히 감염과율이 조사되었다고 생각된다. 하지만 7월 4일에는 이전에 산란된 알의 일부가 이미 부화하여 침입한 상태가 될 수 있고 이런 경우 감염과율에서 제거될 것이다. 또한 알이 부화하여 침입한 과실에 뒤에 우화한 성충이 산란하는 경우는 실측치의 감염과율을 감소시키는 요인이 될 수 있다. 이러한 실제 상황과는 달리 추정치는 논리상 일시적으로 동시에 산란하는 것으로 계산되었기 때문에 실제 상황을 과대평가하게 된다.

이론적 모형이 짧은 기간동안 감염과율을 정확히 예측할 수 있다는 점은 실제로 페로몬 트랩에의 유인수 자료로 피해과율(감염과율)을 예측할 수 있다는 것을 의미한다. 즉 5~10일 정도 짧은 기간동안 얻어진 성충 발생수가 어느 정도 피해를 입힐 수 있는가 하는 예측이 가능하다. 경험적 모형(그림 12)의 경우도 차선택적으로 이용이 가능하나 복숭아심식나방 성충 산란능력이 온도에 의존적이므로 실제 포장상태에서의 이용가능성에는 한계가 있다.

표 8. 이론적 모형으로 추정된 복숭아심식나방 알의 밀도와 감염과율

| 연도(월,일) | 과종(품종) | 총 산란수 | 평균 ^a 알밀도 (개/과실) | 감염과율 | | |
|-----------|---------|--------|----------------------------------|------|------------------|---------------------------|
| | | | | 실측치 | 추정치 ^b | χ^2 -검정 ^c |
| 1994 6.15 | 복숭아(창방) | 1,341 | 0.0940 | 6.5 | 4.8 | 0.6056 ^{ns} |
| 7. 4 | 복숭아(창방) | 5,421 | 0.3799 | 6.0 | 17.4 | 7.4692 ^{**} |
| 1995 6.13 | 복숭아(창방) | 955 | 0.0669 | 4.0 | 3.5 | 0.0806 ^{ns} |
| 7. 5 | 복숭아(창방) | 40,122 | 2.8116 | 50.0 | 73.8 | 7.6568 ^{**} |
| 1996 7. 3 | 복숭아(창방) | 15,327 | 1.0741 | 24.5 | 40.9 | 6.5443 ^{**} |
| 1997 6.19 | 복숭아(창방) | 2,693 | 0.1887 | 8.8 | 9.2 | 0.0199 ^{ns} |
| 6.24 | 복숭아(창방) | 5,896 | 0.4132 | 30.0 | 18.7 | 6.7764 ^{**} |
| 1999 6.30 | 복숭아(창방) | 4,870 | 0.3413 | 3.5 | 15.8 | 9.5969 ^{**} |
| 2000 6.20 | 복숭아(창방) | 7,046 | 0.4938 | 18.0 | 21.9 | 0.6816 ^{ns} |
| 6.30 | 복숭아(창방) | 17,884 | 1.2533 | 27.0 | 45.7 | 7.6317 ^{**} |
| 2001 6. 8 | 복숭아(창방) | 6,736 | 0.4720 | 19.0 | 21.0 | 0.1961 ^{ns} |
| 6.16 | 복숭아(창방) | 19,700 | 1.3805 | 21.7 | 48.8 | 15.0815 ^{**} |

^a모형으로 추정된 총산란수를 666평당 총 과실수 14,270개로 나눈 값임

^b평균과 감염과율의 관계식($p = 1 - \exp[-x \ln(ax^{b-1}) / (ax^{b-1} - 1)]$)으로 추정

^c(실측치-추정치)²/추정치 (ns 차이 없음, p=0.05; * 차이 있음 p=0.05;

** 차이 있음 p=0.01)

우리 나라 사과(후지) 1ha당 생산량 2.4톤, 평균과중 300g을 가정하고(농진청, 2001) 이론적 모형을 적용하면 온도 및 성충수에 따른 복숭아심식나방 피해과율은 표 9와 같이 추정할 수 있다. 예상 피해과율은 알이 존재하는 과실의 비율(감염과율)를 의미한다. 사과 후지에서 복숭아심식나방 알부터 유충까지 생존율은 30% 이하(Kim, 1999)이기 때문에 실제 피해과율은 이 보다 감소할 것으로 생각된다.

경제적 피해수준은 사회여건이나 농가가 추구하는 목적에 따라 달라질 수 있다. 경제적 피해수준을 1.0%로 가정했을 때 트랩조사 기간 동안(5~10일간) 평균온도가 20℃이고 성충수가 13마리이면 방제를 해야하는 수준이 된다. 즉 트랩 효율이 약 56% 정도 되므로 트랩 유살수가 7.3마리(13×0.56)이면 방제해야 한다는 것을 의미한다. 경험적 모형은 트랩 유살수가 5~6 마리일 때 1%감염과율이 추정되어 이론적 모형보다 요방제 밀도가 낮았다. 미국에서 코들링나방 요방제 밀도는 1주간 트랩 유살수가 뉴욕주 14마리, 뉴저지주 4~5마리, 워싱턴주 5마리, 캘리포니아주 10마리로 정하고 있다(류 등, 1993). 또한 잎말이나방은 1주간 트랩 유살수 2마리일 때 약제살포를 권고하고 있다. 이들 해충은 과실에 알을 직접 낳는 해충이 아니고 과실만을 가해하는 해충이 아니기 때문에 과실에 산란하고 과실을 직접 가해하는 복숭아심식나방과 직접 비교하기는 어렵다고 생각된다.

표 9. 온도 및 성충수에 따른 복숭아심식나방에 의한 예상 피해과율

| 온도(℃) | 예상 피해과율 | | | | | | |
|-------|---------|------|------|------|------|------|------|
| | 0.3% | 0.5% | 1.0% | 1.5% | 2.0% | 2.5% | 3.0% |
| 15 | 40 | 73 | 120 | - | - | - | - |
| 16 | 19 | 31 | 67 | 103 | 120 | - | - |
| 17 | 10 | 16 | 37 | 53 | 73 | 94 | 115 |
| 18 | 6 | 12 | 22 | 34 | 46 | 58 | 72 |
| 19 | 4 | 7 | 16 | 23 | 34 | 41 | 51 |
| 20 | 3 | 6 | 13 | 19 | 28 | 32 | 40 |
| 21 | 3 | 6 | 12 | 16 | 22 | 28 | 35 |
| 22 | 3 | 5 | 10 | 15 | 21 | 26 | 32 |
| 23 | 3 | 5 | 10 | 15 | 21 | 26 | 31 |
| 24 | 3 | 5 | 10 | 15 | 21 | 26 | 31 |
| 25 | 3 | 5 | 11 | 16 | 22 | 28 | 34 |
| 26 | 3 | 6 | 12 | 18 | 25 | 31 | 39 |
| 27 | 4 | 6 | 13 | 20 | 28 | 35 | 43 |
| 28 | 4 | 7 | 16 | 23 | 32 | 40 | 49 |
| 29 | 5 | 8 | 17 | 27 | 37 | 46 | 58 |
| >30 | 6 | 9 | 19 | 30 | 40 | 52 | 64 |

- 성충수 = 트랩 유살수 ÷ 0.56

- 사과 1ha당 24톤 생산 기준(즉 2400kg/300평) 가정

2. 복숭아순나방

가) 성 페로몬 미끼의 효율성

1) 처리 약량별 유인력

페로몬에 대한 복숭아순나방의 유인수는 페로몬 처리량이 감소할수록 증가하는 경향을 보였다(그림 13). 트랩 설치 후 처음 10일간 유살된 수에서 가장 적게 처리한 0.1mg에 비하여 가장 많이 처리한 4.0mg에는 약 26배 더 많은 수컷성충이 유인되었다. 시간이 경과할수록 페로몬 처리량이 적은 경우는 유살 비율이 감소하였고 처리량이 많은 경우는 증가하여 서로 수렴하는 경향을 보였다(그림 14).

복숭아심식나방과는 달리 복숭아순나방은 적은 양의 페로몬에도 잘 유인되는 것으로 판단된다. 즉 처리량이 많은 경우는 시간이 지남에 따라 그 양이 감소하여 유인력이 증가되는 것으로 해석되기 때문이다. 페로몬 처리량에 따른 유인비율은 그림 14와 같이 처리량이 증가할수록 지수함수적으로 감소하는 경향을 보였다. 복숭아순나방은 방출되는 페로몬 양에 반응하는 특성이 이러하므로 이용목적에 따라 페로몬 처리량을 달리해야 할 것으로 생각된다. 예찰용으로 사용한다고 가정할 때, 1.0mg 이하에서는 처리량이 감소할수록 큰 폭으로 유인수가 증가하므로 포장에 설치한 경우 시간이 경과함에 따라서 유인수의 변이가 심할 것이다. 고무겨막에 침적하는 처리량 1.0mg 이상에서는 비교적 안정된 유인 비율을 보이고 있으므로(그림 15) 발생 예찰용 트랩은 1.0mg 정도가 적당할 것으로 판단된다. 또한 교미교란 용으로 사용할 경우는 적은 양을 처리해도 될 것으로 생각된다. 실제 과수원에서 복숭아순나방은 지난해에 설치하고 방치하였던 트랩에도 다음해 많이 유인되는 것이 관측되었다.

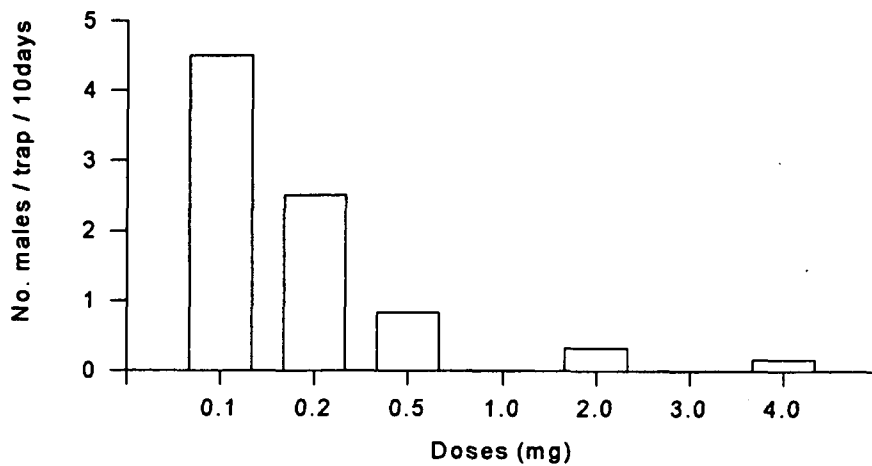


그림 13. 페로몬 처리량에 따른 복숭아순나방의 유인수
(트랩 설치 후 최초 10일간의 유살수)

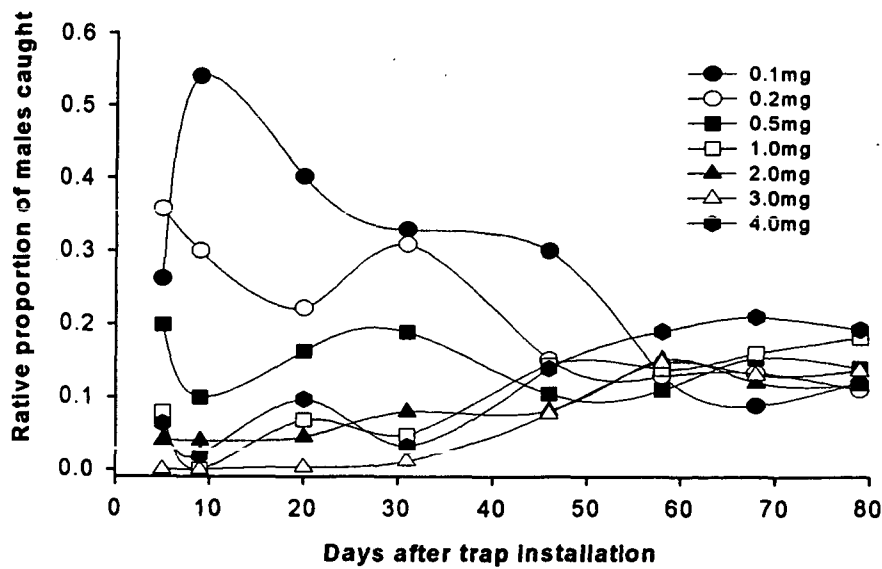


그림 14. 성페로몬 처리량 별 복숭아순나방의 상대적 유살수 비율 변화

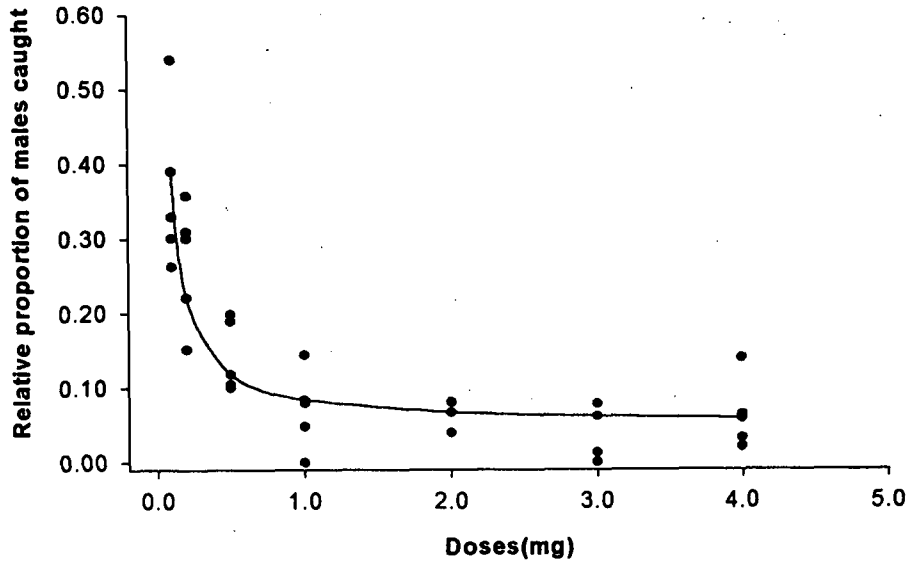


그림 15. 페로몬 처리량과 복숭아순나방의 상대적 유인수와의 관계
($a=29.39$, $b=0.05$)

2) 미끼의 유인력 지속기간

페로몬 미끼를 20일 간격으로 교환한 트랩과 교환하지 않은 트랩에 유인되는 복숭아순나방의 성충수를 비교한 결과(그림 16) 트랩 설치 후 최초 약 40일까지는 두 종류의 트랩간에 차이가 없었으나 그 이후에는 20일 간격으로 미끼를 교환한 트랩에 오히려 더 적은 수의 성충이 유인되는 경향을 보였다. 사과원에서는 트랩 설치 후 75일, 복숭아과원에서는 52일 및 62일에 오래된 트랩에서 더 많은 성충이 유인되었다. 이것은 앞의 페로몬 처리량 별 유인수에서 나타난 것과 같이 복숭아순나방은 적은 양의 페로몬에 유인되는 특성을 갖고 있기 때문으로 판단된다. 결론적으로 복숭아순나방 예찰용 미끼 1mg인 경우 약 50일 정도 사용할 수 있을 것으로 기대된다.

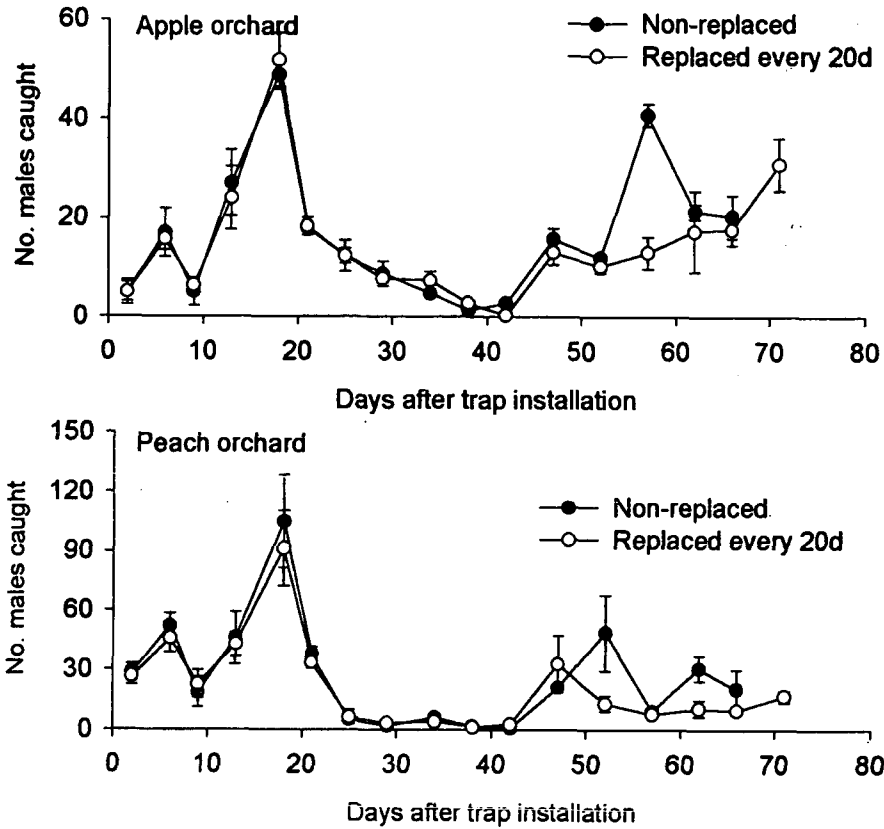


그림 16. 페로몬 미끼를 20일 간격으로 교환한 트랩과 교환하지 않은 트랩 간에 유인된 복숭아순나방의 수 비교.

나) 발생시기 예찰모형

연도별 복숭아순나방 성충의 발생소장(그림 17)을 보면 4월 상중순부터 발생하기 시작하여 월동세대 성충발생 최성기는 4월 하순에서 5월 상순이었다. 2000년과 2001년에는 월동세대를 비롯하여 1~4세대까지 비교적 뚜렷한 성충 발생 최성기가 나타났으나 1997~1999년은 1세대 발생기가 매우 낮게 유지되

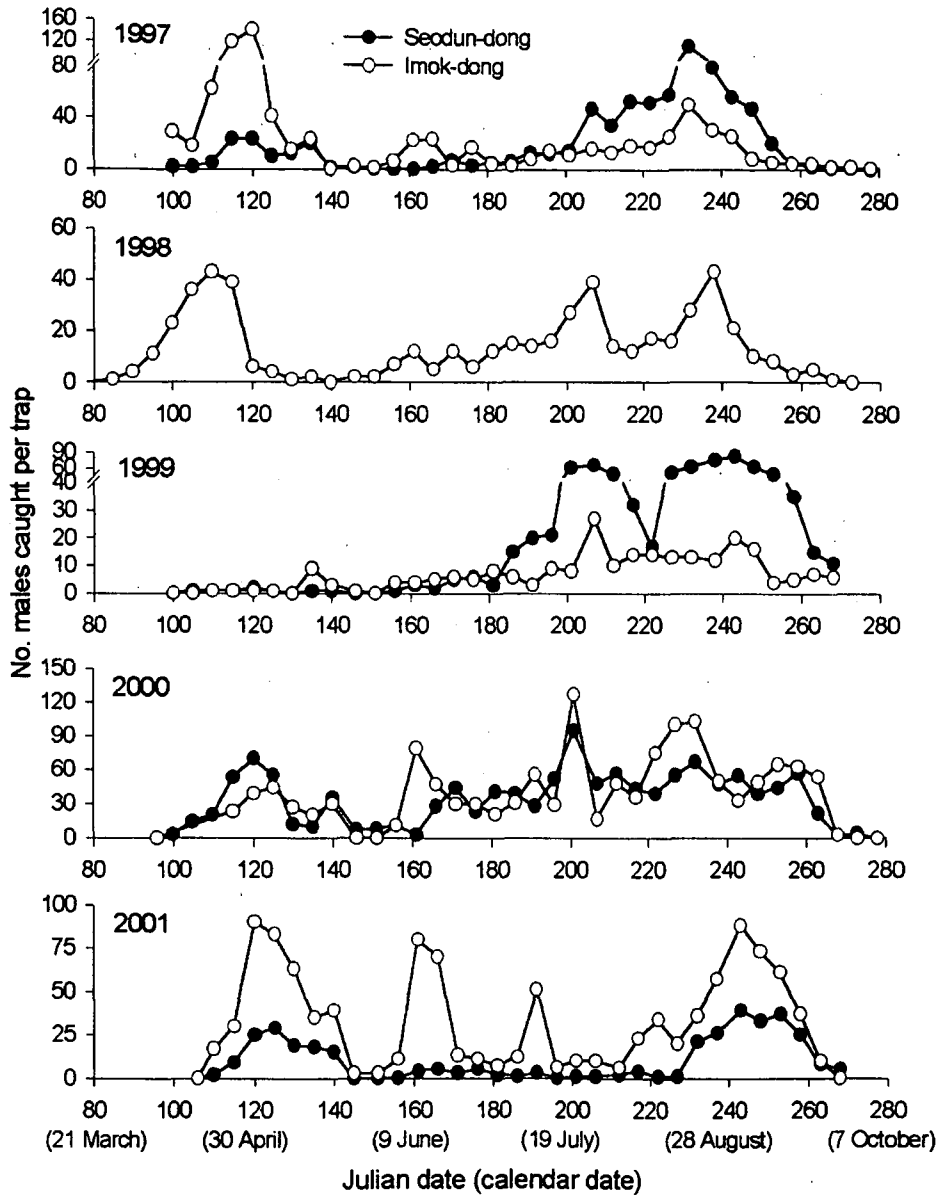


그림 17. 연도별 복숭아순나방 성충의 발생소장

다가 3~4세대 성충 발생기 밀도가 증가하였고 발생시기가 뚜렷이 구분되지 않는 양상을 보였다. 모든 경우에 월동세대와 1세대 발생기와는 뚜렷하게 구별되었다. 2000년과 2001년의 경우 1세대 발생최성기는 6월 중순, 2세대는 7월 중순, 3세대는 8월 중순, 4세대는 8월 하순에서 9월 중순에 나타났다. 전체적으로 볼 때 북송아순나방 성충은 월동세대 발생기인 4월부터 5월 상순경까지 발생량이 많았고 그 후 발생량이 적다가 생육후기인 7월 중순부터 9월 중순까지 발생량이 다시 많았다.

그림 18과 19은 계절초기 북송아순나방 페로몬 트랩 유살수, 알 밀도, 피해 신초의 변화를 나타내고 있는 그림들이다. 성충 초발생일부터 알밀도의 최성기까지의 일수는 2000년 34일, 2001년 27일 정도되었다. 월동세대의 경우 성충 최성기부터 알밀도 최성기까지는 10~15일 정도 차이가 있었으나, 1세대 성충 최성기와 알밀도 최성기와는 큰 차이가 없었다. 이것은 4, 5월의 경우 비교적 저온이어서 성충의 산란전기간 완성에 필요한 시간이 많이 소요되나 1세대 성충 발생시기는 20℃ 이상 온도가 유지되기 때문에 성충발생시기와 알 발생시기에 차이가 없는 것으로 생각된다. 코들링나방의 경우도 월동세대는 알 발생시기가 지연되나 1세대부터는 차이가 없는 것으로 알려져 있다 (Riedl 등, 1976). 월동세대가 낳은 알의 처음 부화시기는 2000년과 2001년 모두 알밀도 최성기와 일치하는 경향을 보였고 그 때부터 신초 피해가 증가하기 시작하였다.

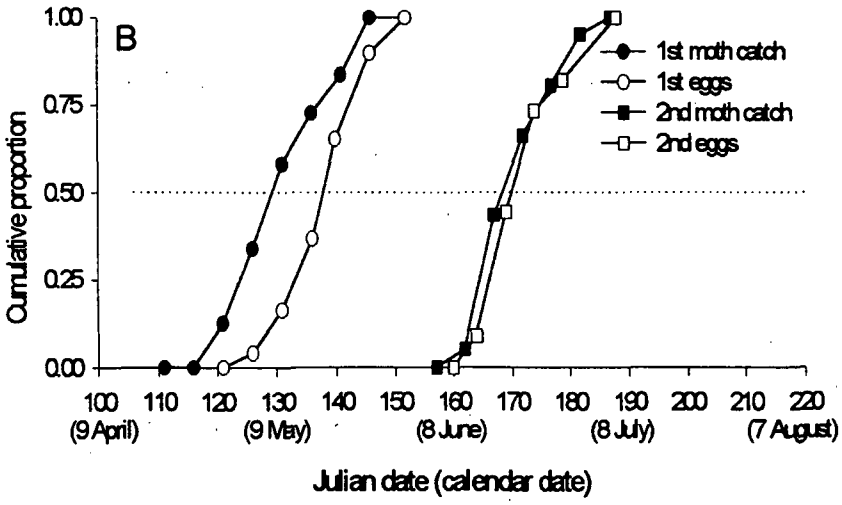
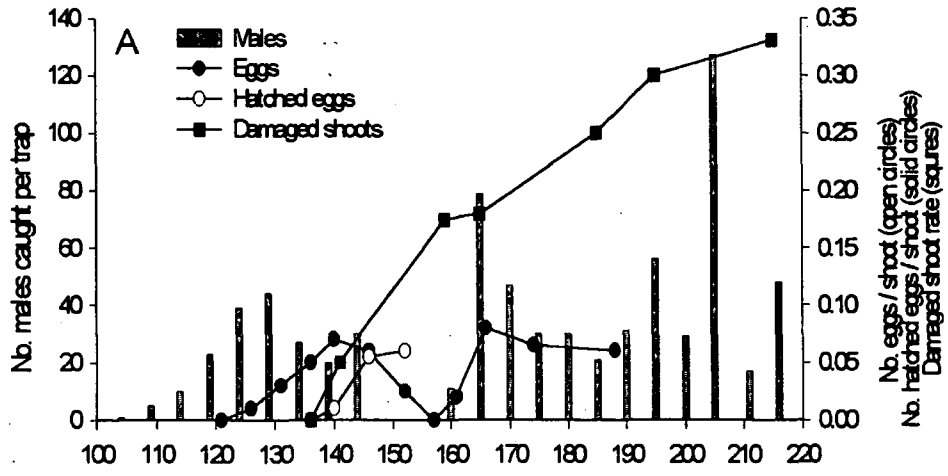


그림 18. 계절초기 복숭아순나방 성충의 유인수, 알밀도, 알 부화율 및 피해 신초수의 변화(2000년).

(A: 실측밀도, B: 성충 유인수 및 알 밀도의 누적 분포)

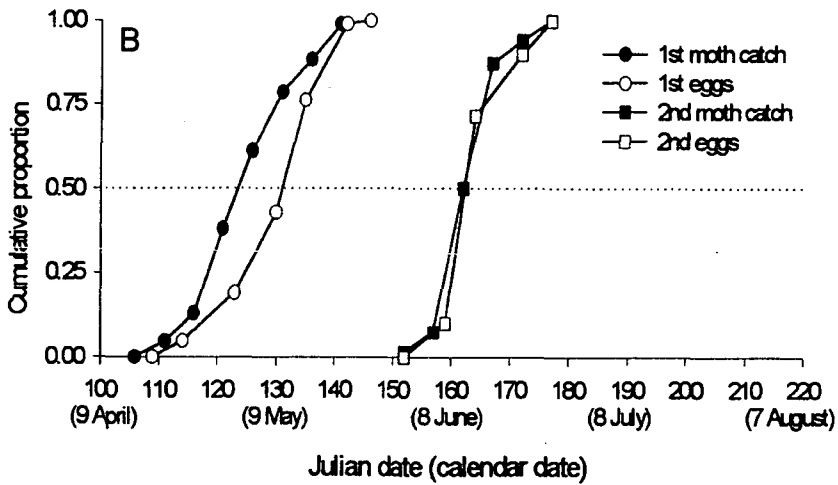
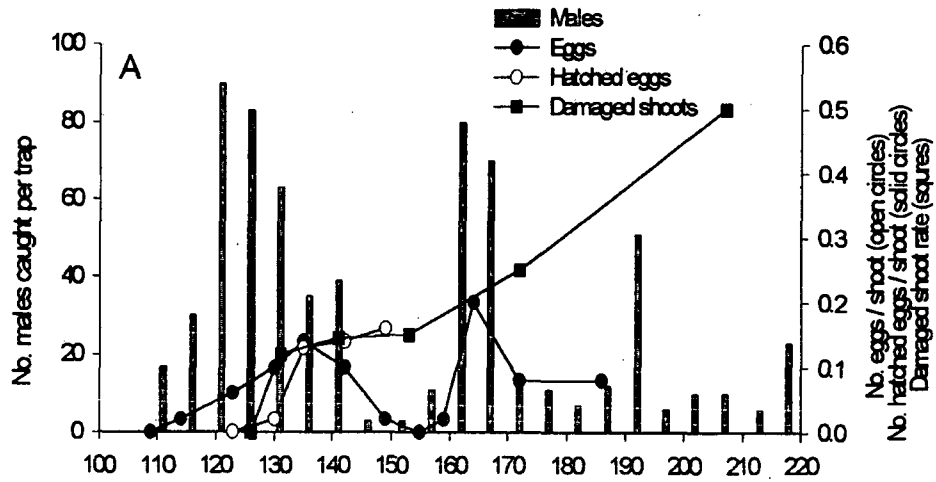


그림 19. 계절초기 복숭아순나방 성충의 유인수, 알 밀도, 알 부화율 및 피해신초수의 변화(2001년).

(A: 실측밀도, B: 성충 유살량 및 알 밀도 누적 분포)

3) 발생시기의 예찰모형

복숭아순나방 초발생일까지의 적산온도는 1월 1일부터 8℃ 이상 온도를 누적해 나가면 평균 46.7DD이었다(표 10). 따라서 페로몬 트랩으로 초발일을 알기 위해서는 적어도 적산온도가 46.7DD 되기 전 설치해야 할 것으로 생각된다. 일반적으로 봄철 온도 변화가 심하므로 안정적으로 초발일을 결정하기 위해서는 적산온도가 약 20DD 되는 시기에 미리 설치하여 2~3일 간격으로 유인 여부를 조사해야 할 것으로 판단된다.

표 10. 복숭아순나방의 각 발생세대 최성기와 적산온도와의 관계

| 연도 | 초발일 | | 월동세대 | | 1세대 | | 2세대 성충 | 3세대 성충 | 4세대 성충 |
|------|-------|-----------------|-------|----------------|-------|-------|-----------|-----------|-----------|
| | 날짜 | DD ¹ | 성충 | 알 | 성충 | 알 | | | |
| 1997 | 4. 12 | 40.8 | 99.1 | - ² | 566.4 | - | 1264.8 | 1741.8 | - |
| 1998 | 4. 7 | 45.3 | 104.0 | - | 576.8 | - | 1251.1 | - | - |
| 1999 | 4. 15 | 42.2 | 113.4 | - | - | - | 1279.5 | - | - |
| 2000 | 4. 13 | 41.0 | 119.9 | 173.4 | 528.8 | 528.8 | 1270.5 | 1740.2 | 2118.0 |
| 2001 | 4. 17 | 64.1 | 105.8 | 160.1 | 557.0 | 572.8 | 990.5 | 1535.8 | 1897.8 |
| 평균 | | 46.7 | 108.4 | 166.8 | 557.3 | 550.8 | 1211.3 | 1672.6 | 2007.9 |
| 표준오차 | | 4.95 | 4.11 | 9.40 | 11.90 | 31.11 | 61.92 | 83.77 | 155.70 |

¹ 1월 1일부터 8℃ 이상 누적, 그 외는 초발일(biofix)부터 누적

² 자료가 불명확하거나 미조사

초발일부터 월동세대 성충 발생최성기까지의 적산온도는 108.4DD이었으며 알의 밀도 최성기는 166.8DD이었다(표 10). 월동세대의 경우 알밀도 최성기부터 알이 부화하기 시작하므로 복숭아순나방 방제적기는 초발일부터 적산온도를 계산하여 166.8DD 되는 날이 된다. 최근 복숭아에서 월동세대에 의한 피해가 많이 나타나고 있는 상태로 복숭아과원에서는 이때 반드시 방제가 실시되어야 할 것으로 판단된다.

1세대의 경우 성충과 알 발생 최성기가 같이 나타나므로 방제적기는 성충 발생 최성기(557.3DD) 전후가 될 것으로 판단된다. 복숭아순나방 2, 3, 4세대 성충 최성기는 초발일부터 각각 1211.3DD, 1672.6DD, 2007.9DD로 나타났다. 일반적으로 사과에서는 생육후기인 2~3세대 발생 성충에 의한 피해가 많으므로 2세대와 3세대 성충 발생최성기에는 각각 1회의 방제가 요구된다.

3. 페로몬 트랩을 이용한 다른 해충들의 발생소장

가) 사과굴나방

수원 지역에서 사과굴나방 월동세대 성충은 대략 3월 중순경부터 나오기 시작하여 5월 상순경까지 지속되었다(그림 20). 1998년과 2001년에는 월동세대를 포함하여 총 5회의 성충 발생최성기를 보였다. 즉 1세대 성충 발생 최성기는 5월 하순, 2세대는 6월 하순에서 7월 상순, 3세대는 7월 하순에서 8월 상순, 4세대는 9월 중순에 나타났다. 사과굴나방 방제적기는 1세대 성충까지는 발생량이 적어 2세대 발생기인 6월 하순에 방제하도록 지도하고 있다(농진청, 1997). 하지만 그림 20의 1997년, 2000년 및 2001년 자료에서 보는 바와 같이 1세대 성충 발생량도 많은 경우가 있으므로 페로몬 유인수에 근거한 방제가 실시되어야 할 것으로 생각된다.

월동성충의 초발생일까지의 DD는 1월 1일부터 6℃ 이상 온도를 누적하면 평균 26.2DD이었다(표 11). 빠른 경우 3월 13일에 처음 발생하였으며 늦은

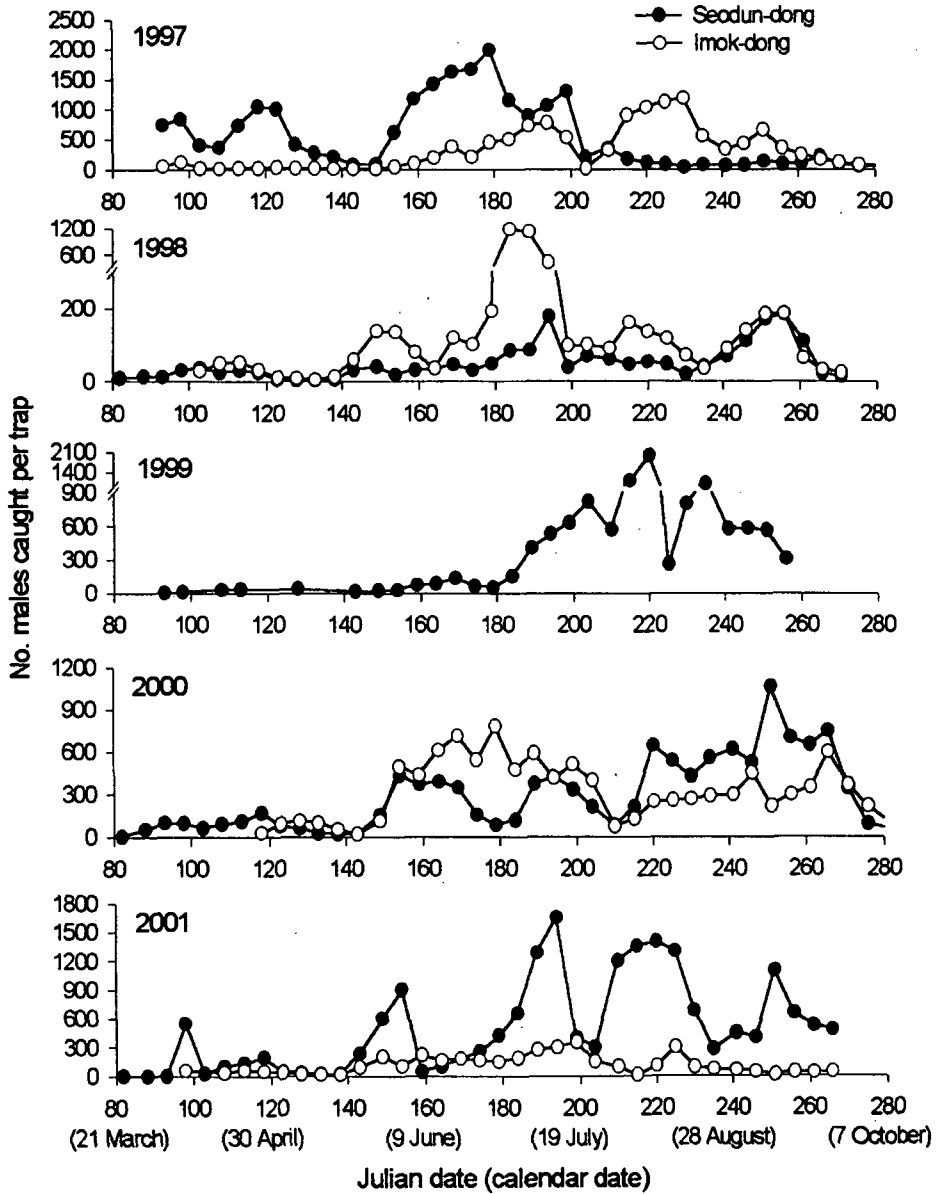


그림 20. 사과굴나방 성충의 연간 발생소장(수원)

경우는 4월 6일(2001년)이었다. 특히 2001년의 경우 초발시기가 매우 늦었으며 이것은 3월까지 저온이 지속되었기 때문으로 생각된다. 이런 경우 온도가 급격히 올라갈 때 초기 성충유인수가 갑작스럽게 증가하는 것으로 보인다. 즉 그림 20의 1997년과 2001년 자료에서와 같이 성충 초발일에 성충 유인수가 매우 많다가 점차 안정화되는 현상을 보인다. 이것은 월동 중인 번데기가 성충으로 우화직전 상태에 있는 상황에서 저온이 지속되면 우화하지 못하다가 온도가 증가하면 갑자기 집중적으로 우화하거나, 또는 우화한 성충이 저온상태에서는 비행력이 떨어져 유인되지 않다가 온도 증가에 따라 집중적으로 유인되는 것으로 생각된다. 이러한 점은 페로몬 트랩을 이용하여 초발일을 추정할 때 유의해야 할 사항으로 지적되고 있다(UCS, 1991). 따라서 사과

표 11. 사과굴나방의 발생시기와 적산온도와의 관계

| 연도 | 초발일 | | 월동세대 최성기 ¹ | 세대간 적산온도 | | | | 평균 |
|------|--------|------|--------------------------|--------------|-------------|----------------|-------------|-------|
| | 날짜 | DD | | 월동세대 ~1세대 | 1세대~ 2세대 | 2세대~ 3세대 | 3세대~ 4세대 | |
| 1996 | 3월 13일 | 27.6 | 123.6 | 574.7 | 634.3 | - ² | - | 604.5 |
| 1997 | 3월 27일 | 22.4 | 160.4 | 672.2 | 523.7 | 534.0 | 495.7 | 556.4 |
| 1998 | 3월 17일 | 17.7 | 133.1 | 609.7 | 574.8 | 574.4 | 639.7 | 599.7 |
| 1999 | 3월 30일 | 36.1 | 151.3 | 673.7 | 599.6 | - | - | 636.7 |
| 2000 | 3월 25일 | 14.2 | 143.7 | 540.7 | 543.3 | 618.1 | 573.7 | 569.0 |
| 2001 | 4월 6일 | 39.1 | 144.0 | 526.5 | 614.7 | 547.1 | 533.6 | 555.5 |
| 평균 | | 26.2 | 142.7 | 599.6 | 581.7 | 568.4 | 560.7 | 586.9 |
| 표준오차 | | 4.46 | 5.82 | 28.49 | 19.04 | 21.46 | 35.54 | 14.40 |

¹ 1월 1일부터 6℃ 이상 누적

² 자료 불명확

굴나방 초발일을 알기 위해서는 평균온도가 6°C 이상으로 올라가면 바로 트랩을 설치해야 할 것으로 판단된다.

월동세대 성충의 시기적 누적 우화율과 적산온도와 관계는 그림 21과 같다. 그 관계는 일반적으로 곤충의 발육완료기간 분포 추정에 많이 이용되는 Weibull 함수로 잘 설명된다($a=-1.7394 \pm 14.95933$, $b=169.5489 \pm 16.41198$, $c=1.9511 \pm 0.26395$, $r^2=0.97$). 월동세대 성충의 50% 우화일은 1월 1일부터 6°C 이상의 온도를 누적하여 142.7DD 되는 날이었다. 페로몬 트랩으로 초발일을 찾기 어려운 경우 이 월동세대 50% 발생일을 기준으로 다음세대의 발생시기를 예측할 수 있을 것으로 생각된다. 사과굴나방 세대기간은 표 11과 같이 평균 586.9DD 이었다. 각 세대기간 적산온도는 월동세대부터 1세대 599.6DD, 1세대부터 2세대 568.4DD, 3세대부터 4세대 560.7DD 이었다. 페로몬 트랩 유인수를 계속 기록하여 각 세대 성충 최성기를 결정하고 그로부터 적산온도를 계산하여 다음 세대의 발생최성기를 추정할 수 있을 것으로 생각된다.

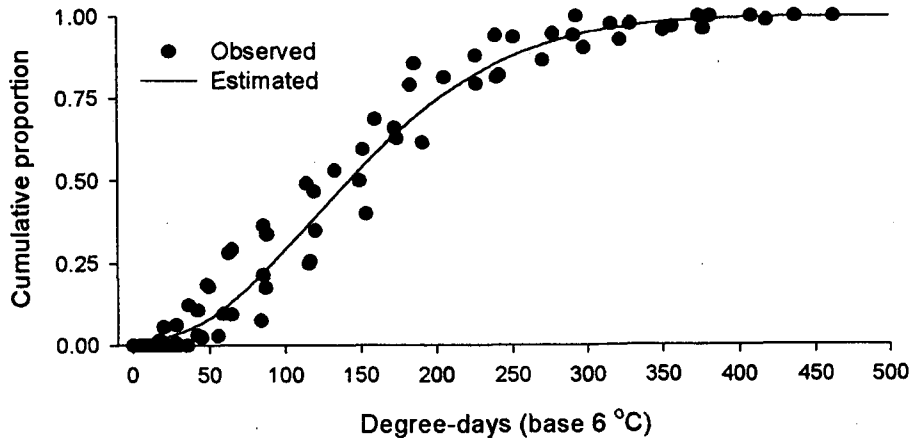


그림 21. 사과굴나방 월동세대 성충 누적발생율과 적산온도와의 관계.

나) 사과애모무늬잎말이나방

수원 지역에서 사과애모무늬잎말이나방 대략 5월 중순경부터 월동세대 성충이 발생하기 시작하여 6월 중순경까지 지속되었다(그림 22). 현재 사과애모무늬잎말이나방은 성충이 6월 상중순, 7월 하순, 8월 중순에서 9월 상순 등 연 3~4회 발생하는 것으로 알려져 있다(백, 1984). 1998년, 2000년, 2001년은 3회의 성충 발생기가 관측되었으나 1997년과 1999년에는 연간 성충 발생기가 뚜렷하지 않았다. 비교적 성충발생 최성기가 구분되는 2000년과 2001년 자료를 통해서 볼 때 월동세대 성충 발생최성기는 5월 하순에서 6월 상순, 1세대 성충은 7월 중순, 2세대는 8월 하순에서 9월 상순에 나타났다. 2000년에는 마지막 세대인 2세대 성충이 알려진 시기보다 늦은 9월 중순경 나타났으며, 2001년에는 보다 복잡하여 8월 하순경에 최성기를 보이다가 9월 중순경에 또 다른 최성기가 나타났다.

월동성충의 초발생일은 1월 1일부터 8℃ 이상 온도를 누적했을 때 평균 275.8DD이었다(표 12). 빠른 경우 5월 3일에 초발하였으며 늦은 경우는 5월 23일이었다. 따라서 사과애모무늬잎말이나방 초발일을 알기 위해서는 1월 1일부터 8℃ 이상의 온도를 누적하여 275.8DD 이전인 200DD 정도되는 시점이 적당할 것으로 생각된다. 사과애모무늬잎말이나방의 한 세대기간은 평균 812.0DD 이었다. 각 세대기간 적산온도는 월동세대부터 1세대 820.2DD, 1세대부터 2세대 803.8이었다. 페로몬 트랩 유인수를 계속 기록하여 각 세대 성충 최성기를 결정하고 그로부터 적산온도를 계산하여 다음 세대의 발생최성기를 추정할 수 있을 것으로 생각된다. 즉 월동세대 성충 최성기부터 820.2DD 되는 날이 1세대 성충 발생최성기가 되므로 페로몬 트랩 유살량을 계속 기록하여 향후 발생추이를 추정할 수 있을 것으로 판단된다.

월동세대 성충의 누적 우화율과 적산온도와의 관계(그림 23)는 일반적으로 곤충의 발육완료기간 분포 추정에 많이 이용되는 Weibull 함수로 잘 설명되

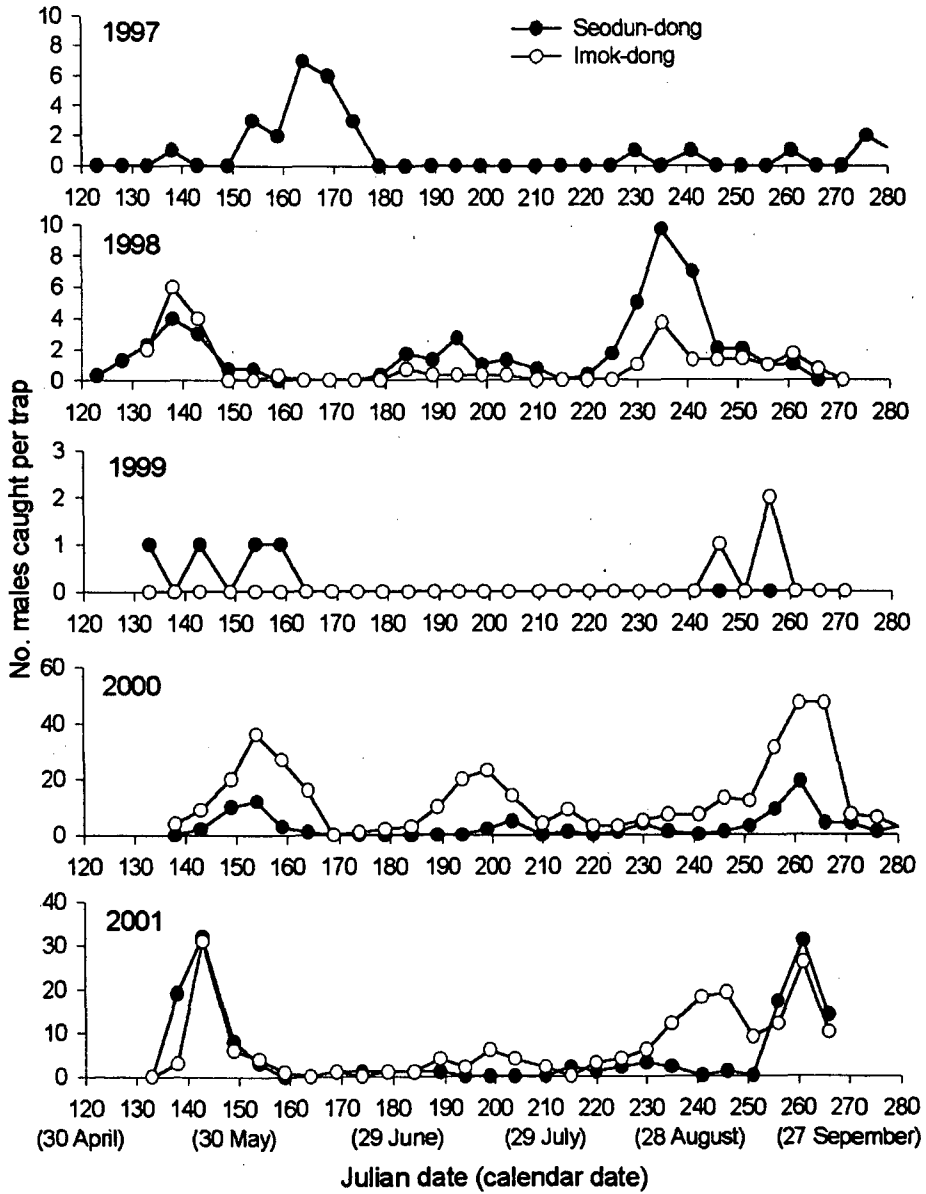


그림 22. 사과애모무늬잎말이나방 성충의 연간 발생소장(수원).

표 12. 사과애모무늬잎말이나방의 주요 발생시기와 적산온도와의 관계

| 연도 | 초발일 | | 월동세대 최성기 ¹ | 세대간 적산온도 | | |
|------|--------|-------|--------------------------|----------|--------|-------|
| | 날짜 | DD | | 월동~1세대 | 1~2세대 | 평균 |
| 1996 | 5월 23일 | 270.8 | 345.5 | 855.6 | - | 855.6 |
| 1997 | 5월 18일 | 292.8 | 433.9 | - | - | - |
| 1998 | 5월 3일 | 264.1 | 382.9 | 824.0 | 713.6 | 768.8 |
| 1999 | 5월 13일 | 269.9 | 405.8 | - | - | - |
| 2000 | 5월 18일 | 267.1 | 457.1 | 779.2 | 987.5 | 883.4 |
| 2001 | 5월 18일 | 290.0 | 357.3 | 822.2 | 710.2 | 766.2 |
| 평균 | | 275.8 | 397.1 | 820.2 | 803.8 | 812.0 |
| 표준오차 | | 5.52 | 19.47 | 18.11 | 112.52 | 34.68 |

¹ 1월 1일부터 8℃ 이상 누적

² 자료 불명확

었다($a=209.0925 \pm 90.37558$, $b=188.3728 \pm 95.10080$, $c=2.4130 \pm 1.46918$, $r^2=0.91$). 월동세대 성충의 50% 우화일은 1월 1일부터 8℃ 이상의 온도를 누적하여 397.1DD 되는 날이었다. 페로몬 트랩으로 초발일을 찾기 어려운 경우 이 월동세대 50% 발생일을 기준으로 다음 세대의 발생시기를 예측할 수 있을 것으로 생각된다.

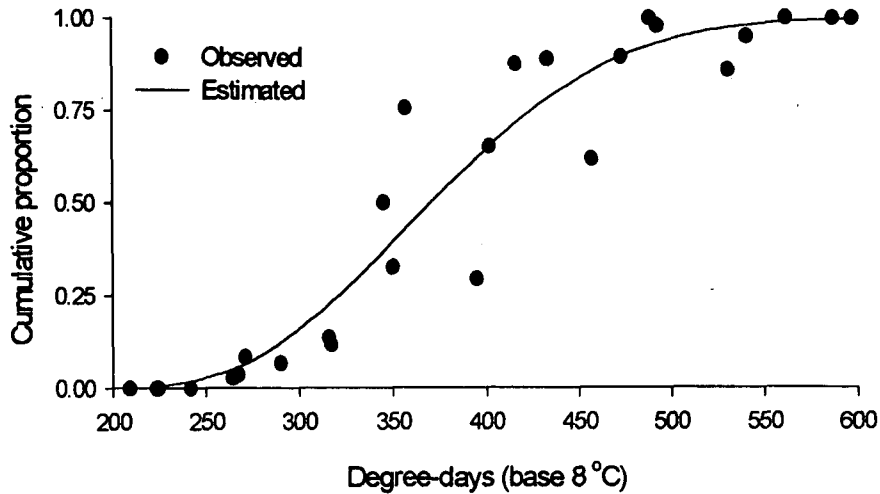


그림 23. 사과에모무늬잎말이나방 월동세대 성충 누적발생율과 적산 온도와의 관계.

다) 사과무늬잎말이나방

수원 지역에서 사과무늬잎말이나방 월동세대 성충은 대략 5월 중순경부터 이 발생하기 시작하여 6월 중하순경까지 지속되었다(그림 24). 현재 사과무늬잎말이나방은 연 3~4회 성충이 발생하는 것으로 알려져 있으나(백, 1984) 그림 24와 같이 월동세대를 포함하여 4회 발생되는 양상은 보이지 않았다. 연도별 성충 발생시기에는 차이가 있으나 비교적 발생최성기가 구분되는 1999~2001년 자료를 통해서 볼 때 월동성충 발생최성기는 5월 하순에서 6월 상순, 1세대 성충 7월 상중순, 3세대 성충은 9월 상중순이었다. 1997년과 1998년은 월동세대 이후 성충 발생이 거의 없거나 1, 2세대 성충이 크게 앞당겨지는 특징을 보였다. 즉 해에 따라 일반적인 발생양상에서 벗어나는 형태를

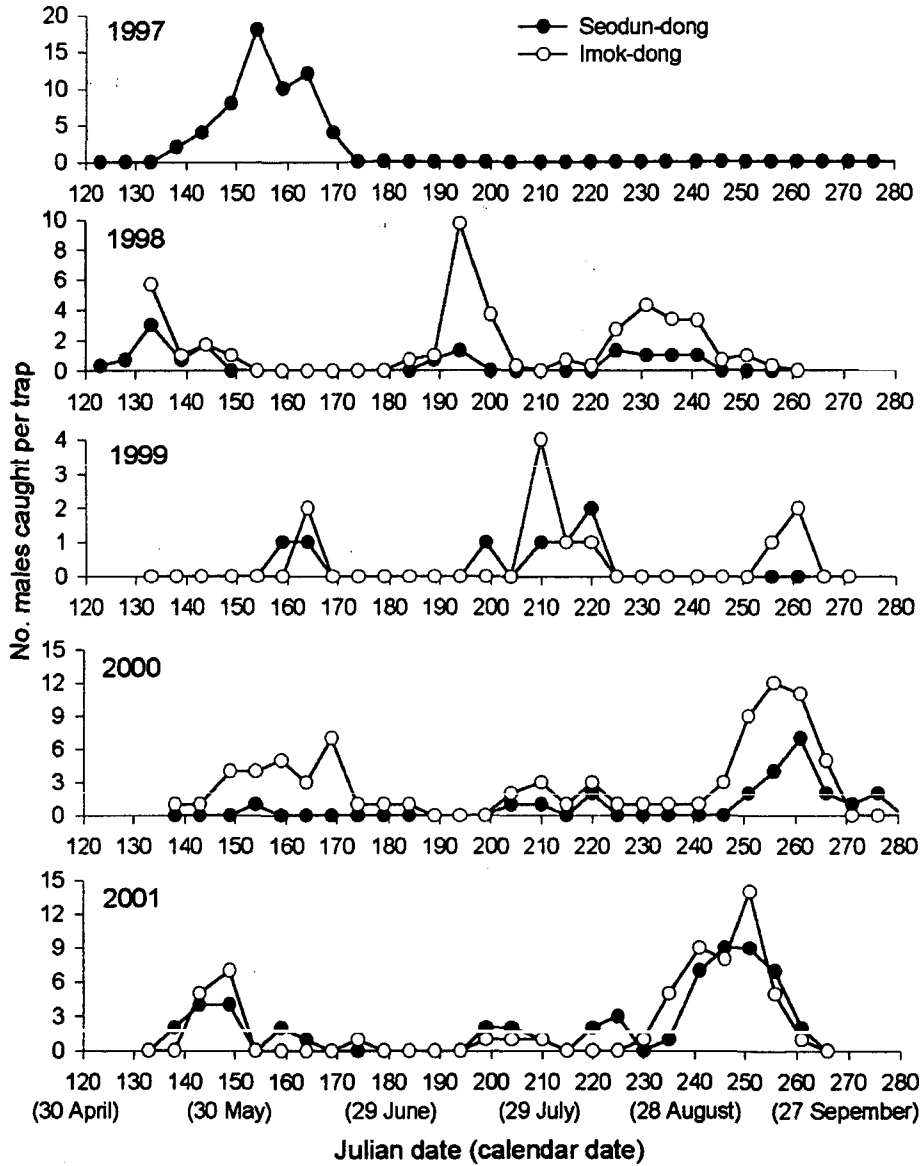


그림 24. 사과무늬잎말이나방 성충의 연간 발생소장(수원)

보이므로 페로몬 트랩을 활용하여 발생상황을 직접 확인하는 것이 필요하다.

월동성충의 초발생일은 1월 1일부터 8℃ 이상 온도를 누적했을 때 평균 275.8DD이었다(표 13). 빠른 경우 5월 3일 초발하였으며 늦은 경우는 5월 23일이었다. 따라서 사과무늬잎말이나방 초발일을 알기 위해서는 1월 1일부터 8℃ 이상 온도를 누적하여 275.8DD 이전인 200DD 정도되는 시점이 적당할 것으로 생각되며 사과애모무늬잎말이나방과 큰 차이가 없으므로 동시에 설치하면 될 것으로 판단된다.

월동세대 성충의 시기적 누적 우화율과 적산온도와 관계(그림 25)는 일반적으로 곤충의 발육완료기간 분포 추정예 많이 이용되는 Weibull 함수로 잘 설명되었다($a=209.0777 \pm 71.95668$, $b=242.85103 \pm 77.53759$, $c=1.9471 \pm 0.80359$, $r^2=0.88$). 월동세대 성충의 50% 우화일은 1월 1일부터 8℃ 이상의 온도를 누적하여 451.2DD 되는 날이었다. 페로몬 트랩으로 초발일을 찾기 어려운 경우가 월동세대 50% 발생일을 기준으로 다음세대의 발생시기를 예측할 수 있을 것으로 생각된다. 사과무늬잎말이나방 세대기간(표 13) 평균 782.2DD 이었다. 각 세대기간 적산온도는 월동세대부터 1세대 907.1DD, 1세대부터 2세대 657.2DD로 1세대 최성기까지의 기간이 길었다. 페로몬 트랩 유인수를 계속 기록하여 각 세대 성충 최성기를 결정하고 그로부터 적산온도를 계산하여 다음 세대의 발생최성기를 추정할 수 있을 것으로 생각된다. 즉 월동세대 성충 최성기부터 907.1DD 되는 날이 1세대 성충 발생최성기가 되므로 페로몬 트랩 유인수를 계속 기록하여 앞으로의 발생추이를 추정할 수 있을 것으로 판단된다.

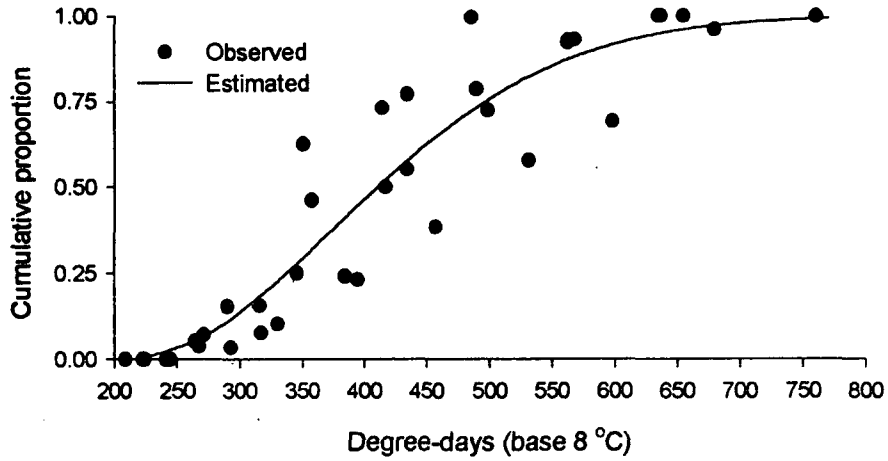


그림 25. 사과무늬잎말이나방 월동성충의 누적발생율과 적산온도와의 관계.

표 13. 사과무늬잎말이나방의 주요 발생시기와 적산온도와의 관계

| 연도 | 초발일 | | 월동세대 최성기 ¹ | 세대간 적산온도 | | |
|------|--------|-------|--------------------------|----------------|-------|-------|
| | 날짜 | DD | | 월동~1세대 | 1~2세대 | 평균 |
| 1996 | 5월 23일 | 270.8 | 416.6 | 899.3 | - | 899.3 |
| 1997 | 5월 18일 | 292.8 | 424.4 | - ² | - | - |
| 1998 | 5월 3일 | 264.1 | 413.8 | 776.4 | 663.5 | 720.0 |
| 2000 | 5월 18일 | 267.1 | 457.1 | 887.9 | 744.5 | 816.2 |
| 2001 | 5월 18일 | 290.0 | 544.2 | 1064.8 | 563.7 | 814.3 |
| 평균 | | 277.0 | 451.2 | 907.1 | 657.2 | 782.2 |
| 표준오차 | | 6.72 | 27.40 | 68.62 | 64.04 | 43.32 |

¹ 1월 1일부터 8°C 이상 누적

² 자료 불명확

제 4 절. 결 론

1. 복숭아심식나방

1. 복숭아심식나방은 페로몬 처리량이 증가할수록 유인수가 증가하였으며, 처리량 1.0~3.0mg 범위에서 비슷한 유인율을 보였다. 페로몬 총량 1.0mg을 계속 설치한 트랩은 20일 간격으로 미끼를 교환한 트랩과 비교하여 설치 30일 후 유인력이 떨어졌다. 종합적으로 판단할 때 30~40일간 유인력을 보전하기 위해서는 1.5mg 전후의 처리량이 필요할 것으로 판단되었다.

2. 복숭아심식나방 월동세대 성충의 초발생일은 1월 1일부터 8℃ 이상 온도를 누적하여 적산온도가 404.6DD 되는 날이어서 페로몬 트랩으로 초발생일을 알기 위해서는 약 300DD 되는 시기에 트랩을 설치해야 할 것으로 판단되었다.

3. 복숭아심식나방 페로몬 트랩 유인수를 이용한 피해과율 예측을 위하여 성충의 온도발육에 근거하여 연령별 산란율, 연령별 생존율, 온도별 총산란수 모형을 추정하고 산란모형을 작성하였다.

4. 피해과율 추정은 0.22ha 면적을 가정하고 실시하였다. 먼저 트랩 유인효율을 근거로 트랩 유인수를 보정하여 산란모형을 이용, 총 산란수를 추정하고, 평균 알밀도와 알에 감염된 과실의 관계 비율에 따라 피해과율을 추정하였다. 실제 조사자료와 비교결과 이용 가능한 예측결과를 얻었다.

4. 피해과율에 대한 추정모형 결과 경제적 피해수준을 피해과율 1.0%로 가정했을 때 20℃에서 5~10일간 트랩 유인수가 7.3마리이면 약제를 살포해야 할 수준이었다.

2. 복숭아순나방

1. 복숭아순나방은 페로몬 처리량이 증가할수록 유인수가 감소하였으며, 처

리량 1.0mg에서 안정된 유인율을 보였다. 페로몬 총량 1.0mg을 계속 설치한 트랩은 20일 간격으로 미기를 교환한 트랩과 비교하여 설치 50일까지 차이가 없었다. 종합적으로 판단할 때 1.0mg 트랩은 약 50일간 사용할 수 있을 것으로 판단되었다.

2. 복숭아순나방 월동세대 성충의 초발생일은 1월 1일부터 8℃ 이상 온도를 누적하여 적산온도가 46.7DD 되는 날이어서 페로몬 트랩으로 초발생일을 알기 위해서는 약 20DD되는 시기에 트랩을 설치해야 할 것으로 판단되었다.

3. 월동세대의 경우 초발일부터 성충 발생최성기까지 적산온도는 108.4DD, 알 발생 최성기까지는 166.8DD이었고, 알 최성기와 알 부화 초기가 일치하였다. 1세대부터는 성충 발생최성기와 알 발생최성기가 일치하였다.

4. 복숭아순나방 방제는 월동세대의 경우 초발일부터 166.8DD되는 날, 그리고 1세대 이후의 경우 성충 발생최성기가 될 것으로 판단되었다.

3. 기타 해충

1. 사과굴나방 월동세대 성충 초발생일은 1월 1일부터 6℃ 이상 온도를 누적하여 적산온도가 26.2DD 되는 날로 페로몬 트랩으로 초발생일을 알기 위해서는 평균온도가 6℃ 이상 되면 트랩을 설치해야 할 것으로 판단되었다. 사과굴나방 평균 세대기간은 발육하한온도 6℃에서 586.9DD 이었다.

2. 사과애모무늬잎말이나방과 사과무늬잎말이나방 월동세대 성충 초발생일은 1월 1일부터 8℃ 이상 온도를 누적하여 적산온도가 275.8DD 되는 날이었으며, 페로몬 트랩으로 초발생일을 알기 위해서는 적산온도가 200DD 되는 시기에 트랩을 설치해야 할 것으로 판단되었다. 사과애모무늬잎말이나방 및 사과무늬잎말이나방 평균 세대기간은 각각 812DD와 782.2DD 이었다.

인용문헌

- 김동순, 전홍용, 조명래, 나승용, 임명순. 1996. 과수해충 개체군 동태 및 예찰 시스템 개발. pp. 956~971. 1996년도 시험연구보고서(채소·화훼·시설·환경 편), 1209pp. 원예연구소, 농촌진흥청.
- 농진청. 1997. 과수병해충(표준영농교본-62). 441pp. 기술공보담당관실, 수원.
- 농진청. 2001. 농업경영 개선을 위한 2000 농축산물 소득자료집. 507pp. 농업경영관실. 문성사, 수원.
- 류언하, 이순원, 서상재, 김동아, 최경희. 1993. 사과해충 종합적 방제 실용화를 위한 한국·일본·미국의 사과병해충. 142pp. 대구사과연구소, 농촌진흥청.
- 백운하 등. 1984. 신고 해충학. 475pp. 향문사, 서울.
- 송유한, 최귀문, 김정환, 김석환. 1996. 사과해충의 발생예찰 및 정보전산처리 체계 확립. pp. 5~48. 사과해충 종합관리를 위한 기반기술 개발(농진청 특정과제 완결보고서), 286pp. 농촌진흥청.
- 양창열, 김기열, 부경생. 1997. 복숭아순나방의 발생생태 및 방제 연구. 1997년도 시험연구보고서(채소·화훼·시설·환경 편), 1209pp. 원예연구소, 농촌진흥청.
- Curry, G. L. and R. M. Feldman. 1987. Mathematical foundations of population dynamics. The Texas Engineering Experiment Station Monograph series, No. 3., Texas A&M University Press.
- Hukusima, S. 1953. Ecological studies on the peach fruit moth, *Carposina niponensis* Walsingham. I. On the diurnal rhythm of adult. Jap. J. Appl. Zool. 18: 35-60. (in Japanese with an English abstract)
- Hukusima, S. 1954. Ecological studies on the peach fruit moth, *Carposina*

- niponensis* Walsingham. II. The temperature preference of adult. Jap. J. Appl. Zool. 18: 35-60. (in Japanese with an English abstract)
- Jandel. 1996. TableCurve 2D. Automated curve fitting and equation discovery: version 4.0. Jandel Scientific, San Rafael, CA.
- Kim, D. S. 1999. Population phenology model of the peach fruit moth, *Carposina sasakii* (Lepidoptera: Carposinidae). Ph.D. dissertation, Seoul National University, Suwon, Korea.
- Kim, D.-S., J.-H. Lee, and M.-S. Yiem. 2001. Temperature-dependent development of *Carposina sasakii* (Lepidoptera: Carposinidae), and its stage emergence models. Environ. Entomol. 30: 298-305.
- Riedl H., B. A. Croft, and A. j. howitt. 1976. Forecasting codling moth phenology based on pheromone trap catches and physiological-time models. Can. Ent. 108: 449-460.
- Sanders, C. J. 1997. Mechanism of mating disruption in moths. *In* Insect pheromone research, New directions, eds. by R. T. Cardé & A. K. Minks. ITP, New York.
- SAS Institute. 1995. SAS/STAT user's guide, release 6.11 ed. SAS Institute, Cary, NC.
- Schoolfield, R. M., P. J. H. Sharpe, and C. E. Mugnuson. 1981. Nonlinear regression of biological temperature-dependent rate models based on absolute reaction-rate theory. J. Theo. Biol. 88: 715-731.
- Taylor, L. R. 1961. Aggregation, variance and the mean. Nature 189: 732-735.
- UCS (University of California State). 1991. Integrated pest management for apples & pears. Publication No. 3340. 214pp.

- Wagner, T. L., H. Wu, P. J. H. Sharpe, R. M. Schoolfield, and R. N. Coulson. 1984. Modeling insect development rates: a literature review and application of a biophysical model. *Ann. Entomol. Soc. Am.* 77: 208-225.
- Wilson, L. T. and P. M. Room. 1983. Clumping patterns of fruit and arthropods in cotton with implications for binomial sampling. *Environ. Entomol.* 12: 50~54.

제 7 장. 성페로몬을 이용한 사과해충들의 발생예찰 실용화

제 1 절. 서 설

성페로몬은 종 특이성이 높아서 이를 합성하여 사용하면 목적하는 해충을 특별히 많이 포획할 수 있다. 겉모습이 아주 비슷한 근연종에 있어서도 두 종의 성페로몬 성분이나 성분의 구성비가 다를 경우, 각각 다른 성페로몬을 유인원으로 하는 물질을 사용하므로써 간단하게 종간의 발생상황 차이를 파악할 수가 있다. 또한, 성페로몬은 감도가 매우 높아서 아주 미량으로도 효과를 발휘할 수 있다. 성페로몬 물질은 독성이 거의 없고 분해가 빨라서, 이용자에게 문제가 생기지 않고, 농작물에의 잔류나 환경 오염의 가능성도 거의 없다.

따라서, 성페로몬은 첫째, 해충의 발생시기와 발생량 예찰에 이용되어, 방제 적기 파악과 방제여부 판정에 활용된다. 둘째, 포장 전체에 합성 성페로몬을 적절히 배치하여 목적하는 면적에 지속적으로 퍼져 있게 하므로써, 수컷 성충이 암컷 성충의 탐색과 발견을 곤란하게 한다. 이 결과로 암컷의 교미를 저해하여 수정율을 떨어뜨려서 목표하는 해충의 번식률을 저하시킨다. 즉, 성페로몬의 교미교란 방제작용을 이용하여 해충을 농약과 같이 방제용으로 활용한다. 셋째, 수컷을 대량으로 유살하여 성충의 암수 성비에 큰 차이가 생기게 하여 교미빈도를 감소시키므로써 번식률을 저하시켜 방제효과를 거둘 수도 있다(Howse *et al.*, 1998)

해충들의 발생을 예찰하는데 성페로몬은 크게 3가지 방법으로 이용된다.

첫째는 특정해충을 검출하므로써 발생유무의 조사, 발생량의 파악, 미발생 주요 해충의 식물검역 등에 활용된다. 둘째는 발생시기를 조사하므로써, 해충의 방제적기나 위험도를 평가하고, 다른 조사 수단을 이용할 것인 지의 결정과 피해 발생시기를 예측할 수 있다. 셋째는 발생량 조사로서, 해충의 방제여부 결정, 개체군의 밀도 변동과 이동분산 조사, 피해 발생량 예측 및 방제수단의 효과를 평가할 수가 있다.

그러나, 성페로몬을 발생예찰에 실제 활용할 때에는 다음 사항들에 따라서 이용분야나 효과가 크게 다를 수 있다. ① 사용자가 일반농민, 전문지도원 또는 자문요원이나에 따라서 이용분야가 달라진다. ② 조사를 며칠마다 하느냐에 따라서 해충의 위험도를 평가하는데 오류를 범하지 않을 확률이 크게 다르다. ③ 트랩설치 위치에 따라서도 나방류의 발생량에 차이가 있다. 조사를 목적으로 하는 작물 재배지의 주변부 또는 중앙부에 따라서, 또는 트랩의 설치높이에 따라서도 트랩에 유살되는 나방류의 유살수에 차이가 날 수 있다. ④ 재배면적이 크고 경제적 가치가 높은 작물을 가해하는 해충의 성페로몬은 수요가 많으므로 상업화 가능성이 있지만, 적은 면적에 재배하는 특수작물만을 가해하는 해충은 국가 차원에서 지원이 있어야 성페로몬이 활용될 수 있다.

나방류 해충은 대부분 유충기에 피해를 준다. 특히 과실을 가해하는 심식충류와 잎말이나방류는 해충이 과실을 가해하기 전인 갓 부화한 유충시기 이전에 방제가 이루어져야 한다. 그러나, 지금까지는 광범위 살충제를 정기적으로 살포하므로써 살포횟수가 많고 천적 생태계를 파괴하여 응애류 등 2차 해충의 다발생을 초래하였다. 또한, 해충의 약제저항성이 유발되어 수년마다 새로운 농약으로 바꿔 사용해야 하거나 방제횟수를 늘려야 하는 악순환이 계속되고 있다. 그러므로 성페로몬트랩을 이용하여 성충의 발생시기와 밀도를 조사하면 약제방제 적기와 방제여부를 효과적으로 파악할 수 있다. 또한 최근

에는 농약의 과실 잔류와 환경오염에 대한 소비자들의 관심이 지대하므로, 농약살포 횟수 절감과 방제효율 증대를 위한 성페로몬 이용 발생예찰은 필수적인 수단이 되고 있다.

성페로몬트랩을 이용하여 사과원 나방류에 대한 발생예찰이 미국 등 주요 국가에서는 일반화되어 있으며, 사설 컨설턴트에 의한 발생예찰 사업도 활발하게 수행되고 있다(Riedl 등, 1986; Thwaite, 1997). 특히, 미국에서는 코드링 나방에 대하여 요방제밀도가 설정되어 있고, 지역에 따라서 차이가 있는데 1주일 동안에 트랩에 5~14마리이다(Washington State Univ. 1996). 일본에서도 사과나무의 주요 나방류 6종에 대한 발생예찰용 성페로몬 트랩을 개발하여 시판하고 있다(일본식물방역협회, 1993).

우리나라 사과원에서 나방류 성페로몬트랩의 발생예찰 이용은 박 등(1977년)이 최초였으며, 복숭아심식나방에 대하여 고 등(1983년)이 2년간 발생소장을 조사하였고 수반트랩과 끈끈이트랩의 유인효과를 비교한 바 있다. 이후 이 등(1994)에 의하여 1980년대에 복숭아심식나방의 발생예찰이 수행되었고, 1992년 대구사과연구소가 설립되면서 사과 재배 주산단지에서 심식나방류와 잎말이나방류에 대한 발생예찰이 수행되었지만(이 등, 1996), 이들은 모두 외국의 성페로몬 트랩 제품을 사용하였다.

본 연구에서는 사과원에서 농약을 이용한 방제 대상이 되는 나방류 6종(복숭아순나방, 복숭아심식나방, 사과애모무늬잎말이나방, 사과무늬잎말이나방, 사과굴나방, 은무늬굴나방(연구 목표 외 추가))에 대하여 성페로몬을 발생예찰에 실용화하기 위하여, 국내에서 개발한 유인제와 끈끈이트랩의 발생예찰 효율향상 시험, 나방류의 발생량과 발생소장 조사, 발생예찰 체계 확립 시험 및 성페로몬 발생예찰에 의한 농약절감 방제효율 향상에 관한 조사 등을 실시하였다.

제 2 절. 재료 및 방법

성페로몬 트랩에 나방이 유살되는 과정은 첫째, 성페로몬 성분이 어떻게 공기 중으로 잘 퍼져 나가느냐를 결정하는 유인단계와, 둘째, 유인되어 온 나방이 트랩 속으로 들어가는 단계로 구분할 수 있다. 트랩에는 도착 후 끈끈이에 붙어죽게 하는 점착형 트랩, 물을 담은 그릇에 빠져죽는 수반형 트랩과 입구로 들어갈 수는 있어도 나오지 못하며 휘발성 살충제가 들어 있어 죽게 되는 포획형 트랩으로 구분된다. 딱정벌레나 과실파리는 트랩 색깔에 민감하게 반응하지만, 나방류는 색깔에 둔하기 때문에 트랩이 무슨 색깔이냐에 따라서 포획수에는 거의 차이가 없다. 점착형 트랩은 끈끈이판(점착면)(그림 1)에 끈충을 붙여서 포획하는 것으로 발생예찰 하고자 하는 해충에 따라서 트랩 모양이 달라지며, 계속해서 사용하기 간편한 형태로 보완 발전되고 있다. 트랩은 크기보다 모양에 따라 포획수가 차이가 나며, 같은 모양일 경우 크기에 따라서도 반응이 약간 달질 수 있다. 사방이 터진 것보다 입구가 한곳으로 통일될수록 페로몬 냄새의 흐름이 일정하여 효과적이다(Knight, 1999). 본 시험에서는 1996년부터 1998년까지는 미국 Intercept사의 텡트랩(그림 1)을 사용하였고, 1999년 이후는 국내에서 제작한 변형된 델타트랩(그림 3)을 사용하였다.

해충 유인용 합성 성페로몬은 진짜 끈충의 성페로몬 성분과 꼭 같을 필요 없이 많은 종류의 미량성분을 제외해도 발생예찰을 위한 유인력이 충분한 경우도 있다. 예로, 일본의 사과애모무늬잎말이나방 성페로몬은 14종의 성분으로 구성되어 있으나, 발생예찰용 합성 성페로몬 미끼는 2개의 주성분인 (Z)9-14:Ac과 (Z)11-14:Ac를 9:1 비율로 혼합하여 제조한다. 합성 성페로몬

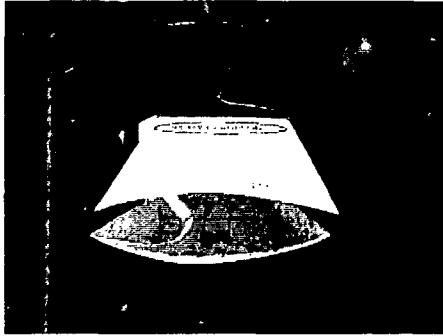


그림 1. 윙트랩(미국 제품)

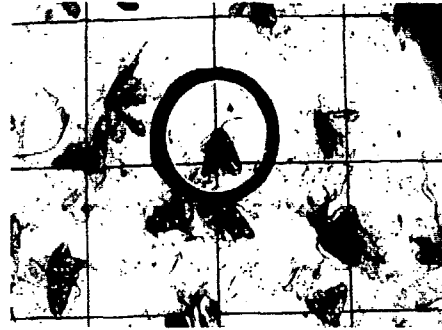


그림 2. 복숭아심식나방 끈끈이판 유살

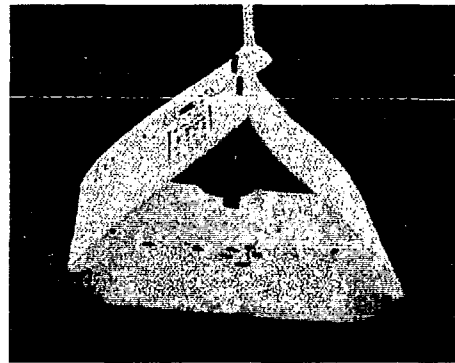
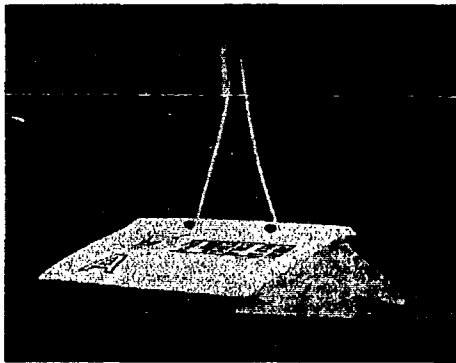


그림 3. 변형트랩 (국산제품)

의 유인력이 너무 좋을 경우 트랩 끈끈이판 오염 문제가 있어 자주 갈아주는 불편 때문에, 주성분과 구조가 유사한 일부 성분만을 사용하는 것이 좋을 경우도 있다. 본 시험에서는 나방류 종별로 표 1과 같은 화합물 조성을 갖는 성분을 고무튜브에 넣은 방출기를 사용하였다.

성페로몬 방출기는 은박지로 밀봉하여 냉장고의 냉장실에 보관하면서, 트랩 설치 시 해충별로 1개씩 윙트랩에는 끈끈이판에 놓았고, 변형 델타트랩에는 방출기 고정핀에 끼웠다. 방출기를 제외한 트랩이나 끈끈이판 등 자재는 서늘하고 건조한 창고에 보관하며 사용하였다. 일반적인 발생예찰용 트랩은

과수원 내에서 가장 손쉽게 관찰할 수 있는 곳에 설치하였고, 화분매개곤충인 꿀벌이나 머리빨가위벌 방사집 근처는 피하였다. 나방류별 트랩은 서로 유인력에 영향을 주지 않도록 5m 이상 거리를 유지하였다. 트랩 설치높이는 끈끈이판이 눈높이에 오도록 지상에서 약 1.5m 높이에 설치하였다.

사과해충들을 예찰하는데 각 종의 성페로몬을 혼합하여 하나의 트랩에 설치하여 여러 종의 해충을 한번에 예찰하는 성페로몬 혼합이용성을 탐색하기 위해 대구사과연구소 포장, 수원소재 서울대학교 과수원, 수원 농진청 여기서산 포장에서 성페로몬 혼합미끼를 설치하여 각 종에 대한 유인 수를 조사하였다. 대조구로서 단독처리는 복숭아순나방, 복숭아심식나방, 사과애모무늬잎말이나방, 사과무늬잎말이나방 성페로몬 미끼를 각 트랩에 설치하였으며 고무격막 1개에 두 종의 성페로몬 함유시킨 혼합처리미끼(혼합 1)는 복숭아순나방/복숭아심식나방, 복숭아순나방/사과애모무늬잎말이나방, 복숭아심식나방/사과애모무늬잎말이나방, 사과애모무늬잎말이나방/사과무늬잎말이나방 포획용 미끼로 각각 하나의 트랩에 설치하였다. 각 종의 성페로몬이 함유된 고무격막 2개를 설치한 혼합미끼(혼합 2)는 하나의 트랩에 2 종의 성페로몬 고무격막 2개를 약 10cm간격으로 설치하였는데, 복숭아순나방 + 복숭아심식나방, 복숭아순나방 + 사과애모무늬잎말이나방, 복숭아심식나방 + 사과애모무늬잎말이나방, 사과애모무늬잎말이나방 + 사과무늬잎말이나방 성페로몬 미끼를 설치하여 각 종의 유인 수를 조사하였다.

트랩의 나방류 유인수 조사는 5~10일 간격으로 조사하였고, 심식나방류와 잎말이나방류 같이 크기도 크며 유인수가 수 십 마리 이내인 것들은 정확한 유인수를 파악하였고, 굴나방류와 같이 크기도 작고 유인수가 수 백마리 이상인 것들은 대략적인 유살수를 파악하였다. 끈끈이판은 1개월 이상 사용하지 않았으며, 수 회 누적 조사한 후에 전자는 100~200마리, 후자는 1,000~2,000마리 이상이 유살될 경우에 교체하였다.

표 1. 나방류 발생예찰에 사용한 성페로몬 미끼의 조성

| 대상 나방류 | 성페로몬 화합물 | 기주 작물 | 가해부위 |
|-------------|---------------------------------|-----------------------------|-----------|
| 복숭아순나방 | Z8-12:Ac, E8-12:Ac, Z8-12:OH | 사과, 배, 복숭아, 모과, 자두, 매실 등 | 과실, 신초 |
| 복숭아심식나방 | Z7-20-11Kt | 사과, 배, 복숭아, 대추, 모과, 자두 등 | 과실 |
| 사과애모무늬잎말이나방 | Z9-14:Ac, Z11-14:Ac | 사과, 배, 복숭아, 자두, 살구 | 과실, 잎 |
| 사과무늬잎말이나방 | Z11-14:Ac, E11-14:Ac | 사과, 배, 복숭아, 자두, 살구 | 과실, 잎 |
| 사과굴나방 | Z10-14:Ac, E4Z10-14:Ac | 사과, 사과대목류 | 잎 |
| 은무늬굴나방 | 10,14-dimethyl-18-1-ene | 사과, 사과대목류 | 잎(신초) |

성페로몬을 이용한 사과 나방류 해충들의 발생예찰 실용화 시험은 크게 4 분야로 나누어 실시하였다. 첫째는, 성페로몬 트랩의 발생예찰 효율향상 시험으로서, 트랩의 사과원내 설치위치, 트랩의 종류, 사과나무에의 트랩 설치높이 및 외국 제품과 국내 제품에 따른 대상 나방류의 유살수 차이 등을 비교하였다. 또한, 트랩의 색깔에 따른 익충이나 비 대상곤충의 유살수 차이도 조사하였다. 둘째는, 성페로몬 트랩을 이용하여 나방류 6종(복숭아순나방, 복숭아심식나방, 사과애모무늬잎말이나방, 사과무늬잎말이나방, 사과굴나방, 은무늬굴나방)의 발생량과 발생소장을 조사하였다. 연도별 발생량 차이는 1996~2001년에 경북의 사과 주산지인 군위, 의성, 안동, 청송, 영천 지역에서 매년 동일 사과원을 대상으로 나방류 종별 전 발생기간에 걸쳐 5~10일마다 유살수를

조사하였다. 나방류 종별 연간 발생량 차이는 2001년에 전국 8개도 23개 시군에 있는 선도농가에서 사과사랑동호회 홈페이지(www.iloveapple.co.kr)를 통해 5~10일 간격으로 입력한 유살수를 비교하였다. 나방류 6종의 발생소장 규명을 위해서는 복숭아순나방, 복숭아심식나방, 사과굴나방은 1996~2001년에, 사과에모무늬잎말이나방과 사과무늬잎말이나방은 1998~2000년에, 은무늬굴나방은 2000~2001년에 군위지역 3~5개 사과원의 반순 또는 순별 유살수를 이용하였다. 셋째는, 성페로몬 트랩을 이용한 나방류의 발생예찰 체계화 시험이다. 1996~1999년에는 농림수산정보센터의 PC통신 동호회 체계를, 1997~1999년에는 개인 컴퓨터용 소프트웨어 입출력 체계를, 2000년부터는 인터넷 사과사랑동호회 홈페이지를 통한 입출력 체계를 개발하여 운용하였다. 넷째는, 성페로몬 트랩을 이용하여 발생예찰을 실시할 경우의 방제효율 향상과 농약절감 실태를 조사하였다. 1997년에는 전국 70개 사과원의 발생예찰 자료의 충실도를 조사하였다. 1999년에는 전국 선도농가 200개 사과원을 대상으로 성페로몬에 대한 이해도, 나방류 종의 구분 정도, 유살수 조사 실태, 발생예찰 결과의 활용 및 살충제 절감 실태 등의 설문조사를 실시하였다. 2000년에는 경북 5개 지역에서 관행방제원 대비 성페로몬 트랩을 이용한 발생예찰방제원의 살충제 살포회수를 비교하였다.

제 3 절. 결과 및 고찰

1. 성페로몬 트랩의 발생예찰 효율향상 시험

본 시험에서는 나방류 종별 트랩의 설치위치, 트랩형태, 설치높이, 방출기의 페로몬 함량 및 외국 제품과 국산 개발제품 트랩의 유살수 차이를 조사하

였고, 트랩 색깔에 따른 익충과 비대상곤충의 유살수 차이를 조사하여 다음과 같은 결과를 얻었다.

표 2는 3종 나방류의 월동세대와 월동세대 이후세대를 구분하여 트랩을 사과원 중앙부와 주변부에 설치하였을 때의 유살수 차이로서 5개원에서 조사한 평균치이다. 통계적인 유의차이는 없지만, 복숭아순나방의 월동세대 이후를 제외하면 3종 모두 중앙부 보다 주변부에서 유살수가 많은 경향이였다. 이는 나방류가 주변의 방제가 소홀한 자생 기주식물이나 관리소홀원에서 유입하기 때문이거나, 주변부가 중앙부보다 성페로몬 냄새를 인식하기 쉽기 때문인 지는 분명하지 않다. 복숭아순나방 월동세대 이후에는 중앙부가 주변부보다 유살수가 많은 것은 일부의 조사 사과원에서 1~3세대에 피해를 준 유충에서 우화된 것들이 많이 유살되었기 때문인 것으로 생각된다(이순원 등, 1996).

표 2. 트랩 설치위치에 따른 나방류의 유살수 차이(1997)

| 구 분 | | 사과원 중앙부 | 사과원 주변부 |
|---------|--------|----------|---------|
| 복숭아순나방 | 월동 세대 | 62.5 | 105.5 |
| | 월동세대이후 | 155.8 | 148.8 |
| 복숭아심식나방 | 월동세대 | 41.0 | 68.0 |
| | 월동세대이후 | 18.8 | 26.6 |
| 사과굴나방 | 월동세대 | 1,436.5 | 1,612.0 |
| | 월동세대이후 | 1,1896.8 | 7,535.6 |

* (마리/트랩, 5개원 평균)

표 3은 3종 나방류를 대상으로 미국 Intercept사의 5종 트랩과 국산시제품 트랩의 유살수 차이를 비교한 것이다. 변형된 델타트랩 형태인 국산시제품(그

림 3)은 복숭아심식나방에서 유살수가 가장 많았고, 복숭아순나방과 사과굴나방에서는 윈트랩인 Intercept W(그림 1) 보다는 적었지만 다른 4형태의 트랩 보다는 유살수가 많아서, 나방류의 발생예찰 트랩으로서 효율이 높다고 생각된다. 델타트랩인 Intercept D의 유살수가 3종 모두에서 가장 적었는데, 이는 끈끈이판 면적이 다른 트랩들은 300cm² 정도인데 비하여 200cm² 정도로 작아서 끈끈이판이 유살된 나방류에 의해 쉽게 오염되는 것도 하나의 이유가 될 수 있다고 생각된다(Riedl *et al.*, 1986).

표 3. 나방류 종별 트랩 형태에 따른 유살수 차이(1997)

| 트랩 형태 | 복숭아심식나방 | 복숭아순나방 | 사과굴나방 |
|---------------|---------|--------|---------|
| Intercept A | 26.3 | 128.3 | 2,226.0 |
| Intercept C | 50.3 | 123.3 | 2,501.3 |
| Intercept D | 16.7 | 51.3 | 1,861.3 |
| Intercept W | 51.7 | 185.3 | 4,196.0 |
| Intercept WCP | 36.3 | 118.3 | 2,993.7 |
| 국산시제품 | 61.0 | 132.7 | 3,311.0 |

* (마리/트랩, 3반복 평균)

표 4와 5는 사과굴나방을 대상으로 트랩의 설치높이와 설치위치 별 유살수 차이를 조사한 결과이다. 트랩의 설치높이는 결실 수에서 월동세대는 0.5m, 1~4세대는 1.0과 1.5m에서 유살수가 많은 경향이나, 유목에서는 2~3세대에 0.5m에서 유살수가 가장 많고 높아질수록 유살수가 적어지는 경향이었다. 이는 사과굴나방은 지면의 피해낙엽 속에서 번데기로 월동한 후에 월동성충이 우화해 나오며, 월동세대 성충은 일찍 전엽이 되는 지제부의 흡지 등에 주로

산란하기 때문에 월동세대는 결실 수나 유목 모두에서 0.5m 높이의 트랩에 유살수가 많은 것으로 생각된다. 반면, 결실수의 1~4세대에는 1~1.5m 높이의 트랩에서 유살수가 많은 것은 사과굴나방의 피해가 나무 전체로 확산되기 때문이며, 유목은 잎이 0.5~1.0m 높이에 많이 분포하기 때문에 결실 수와는 차이가 있을 것으로 생각된다. 또한, 수관 내부에서 외부보다 유살수가 많은 것은 사과굴나방이 우화하면 주간부 줄기의 조피틈 등에 붙어서 있다가 교미하고 산란하기 때문인 것 같다(이 등, 1985a, b).

표 4. 트랩 설치높이에 따른 사과굴나방의 유살수 차이(1997)

| 나무구분 | 세대구분 | 설치 높이(m) | | | | | 비고 |
|------|-------|----------|--------|--------|-------|-------|-------|
| | | 0.5 | 1.0 | 1.5 | 2.0 | 2.5 | |
| 결실수 | 월동세대 | 1113.0 | 460.3 | 213.7 | 76.7 | 35.7 | 4월 |
| | 1~4세대 | 727.7 | 1005.3 | 1020.7 | 539.0 | 176.7 | 5~10월 |
| 유목 | 2~3세대 | 3546.7 | 1202.0 | 172.0 | 41.0 | - | 6~7월 |

* 결실수: 10년생, 수고 2.5~3m; 유목: 4년생, 수고 2m

* (마리/트랩, 3반복 평균)

표 5. 사과나무 내 트랩 설치위치별 사과굴나방의 유살수 차이(1997)

| 수관 내부 | 수관 외부 | 비고 |
|--------|-------|-------------|
| 1117.3 | 739.5 | 2~3세대(6~7월) |

* (마리/트랩, 4반복 평균)

표 6은 방출기의 페로몬 함량별 사과굴나방의 유살수 차이로서, 1~5mg 범위에서는 함량이 많을수록 유살수가 많은 경향이었지만, 1mg의 방출기도 사과굴나방의 발생시기와 방제적기를 판단하기 위한 발생예찰용 트랩으로는 큰 문제가 없을 것으로 생각된다. 표 7은 페로몬 미끼의 일본제품과 국내합성제품과의 사과굴나방 유살수 차이이다. 이들의 방출기는 모두 페로몬 함량이 1mg으로 동일하였지만, 국내제품은 연간 유살수가 95,218마리로 많은 반면에 일본제품은 34마리로서 거의 유인효과가 인정되지 않았다. 이는 동일종이라도 우리나라와 일본의 지역적인 격리에 의하여 성페로몬 조성에 지리적인 차이가 있을 수 있음을 시사하는 것으로 생각된다(일본식물방역협회, 1993; Cardé and Minks, 1995).

나방류 성페로몬 트랩을 이용하여 발생예찰을 하는 사과원에서 개화기간중에 꿀벌과 머리빨가위벌 등 방화곤충이 끈끈이판에 많이 붙어 죽는다는 문제

표 6. 페로몬함량별 사과굴나방의 유살수 차이(1997)

| 페로몬 함량 | 1mg | 2mg | 3mg | 4mg | 5mg | 비 고 |
|--------|---------|---------|---------|---------|---------|--------|
| 유살수 | 1,973.7 | 2,323.0 | 2,750.3 | 3,542.7 | 4,325.7 | 월동~4세대 |

* (마리/트랩, 3반복 평균)

표 7. 국내산과 일본산 페로몬트랩에 잡힌 사과굴나방의 연간 유살수(1997)

| 구 분 | 국내합성 페로몬 | 일본제품 페로몬 |
|------------|----------|----------|
| 유살수(마리/트랩) | 95,218 a | 34 b |

와 대상 나방류가 아닌 곤충들이 적지않게 유살되기 때문에 대상 종의 동정에 애로가 있다는 의견들이 제시되었다. 표 8은 6종의 나방류 페로몬 트랩에 대하여 기존에 사용하던 백색과 새로이 제작한 노란색의 끈끈이판에 유살되

표 8. 나방류의 페로몬 트랩의 색깔에 따른 익충과 비대상곤충의 유살수 (1999) (마리/트랩, 평균±표준편차)

| 종 명 | 트랩 색깔 | 익충(꿀벌+가위벌+꽃등에) | 비대상곤충 |
|-----------------|-------|----------------|------------|
| 복숭아순나방 | 흰색 | 15.3±5.86 | 61±62.2 |
| | 노랑 | 8.0±6.93 | 115±119.93 |
| 복숭아심식나방 | 흰색 | 3.7±3.21 | 40±30.41 |
| | 노랑 | 1.7±2.89 | 16±2.65 |
| 사과굴나방 | 흰색 | 8.3±2.31 | 40±18.19 |
| | 노랑 | 4.3±3.51 | 187±153.11 |
| 사과애모무늬 잎말이나방 | 흰색 | 1.3±2.31 | 15±7.0 |
| | 노랑 | 6.3±10.97 | 65±62.7 |
| 사과무늬 잎말이나방 | 흰색 | 10.3±7.77 | 28±18.45 |
| | 노랑 | 3.0±5.20 | 46±31.77 |

는 익충(화분매개곤충)과 이들을 제외한 비대상곤충의 유살수 차이를 본 것이다. 익충은 사과애모무늬잎말이나방 트랩 외에 다른 4종 트랩의 흰색 끈끈이판에서 노란색 끈끈이판보다 유살수가 많았다. 반면, 비대상곤충은 복숭아

심식나방 트랩 외에 다른 4종 트랩의 노란색 끈끈이판에서 백색 끈끈이판보다 유살수가 많은 경향이였다. 따라서, 백색의 끈끈이판을 그대로 사용하되 꿀벌과 머리빨가위벌의 방사통이 있는 곳에서 트랩을 격리하여 설치하도록 대농민 지도를 하므로써 문제를 해결하게 되었다(이순원 등, 2000).

사과해충들을 보다 편리하게 예찰하기 위해 하나의 트랩에 여러 대상 해충의 성페로몬을 혼합하여 동시에 처리하는 혼합이용성을 탐색하고자 심식성 사과해충인 복숭아심식나방과 복숭아순나방 그리고 잎을 가해하거나 과실 표면을 가해하는 사과애모무늬잎말이나방과 사과무늬잎말이나방의 성페로몬을 혼합하여 각 종의 유인력에 미치는 영향을 경북지역과 수원지역에서 조사하였다. 복숭아심식나방은 복숭아순나방 성페로몬과 혼합한 경우나 사과애모무늬잎말이나방 성페로몬과 혼합한 경우 유인력에서 큰 차이를 보이지 않아 상기 두 종의 성페로몬과 혼합하여도 예찰이 가능 할 것으로 여겨진다(그림 4, 5).

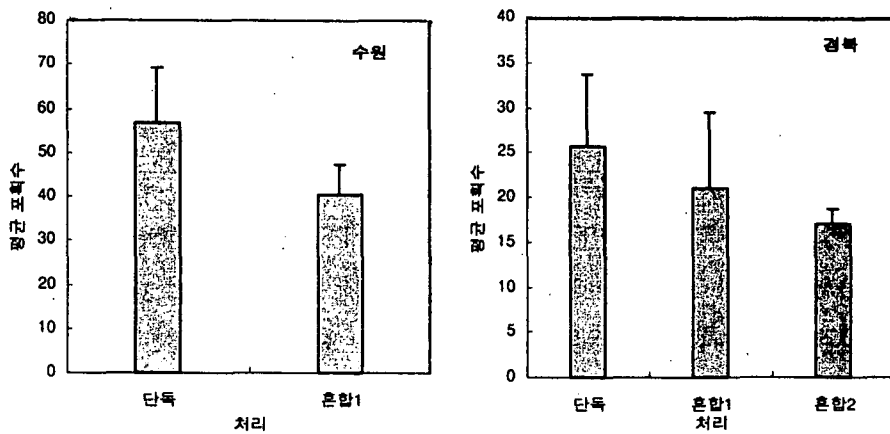


그림 4. 복숭아순나방 성페로몬과 혼합한 성페로몬 미끼에 포획된 복숭아심식나방 수

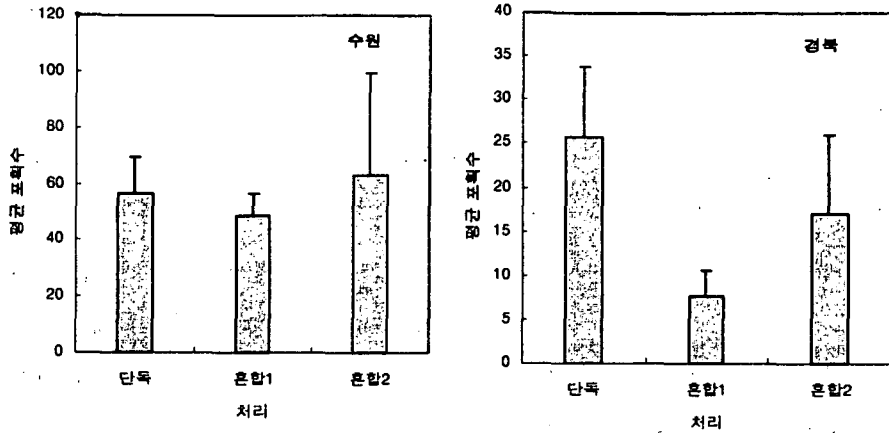


그림 5. 사과애모무늬잎말이나방 성페로몬과 혼합한 성페로몬 미끼에 포획된 복숭아심식나방 수

복숭아순나방은 복숭아심식나방 성페로몬과 혼합하였을 때는 유인력에 영향을 미치지 않으나 사과애모무늬잎말이나방 성페로몬과 혼합하였을 때는 유인력이 감소하는 경향이 나타났다(그림 6, 7). 이는 두 종이 과 수준에서 잎말이나방과에 속해 있어서 약간의 영향이 나타나는 것으로 판단된다. 이러한 영향은 사과애모무늬잎말이나방에서도 유사하게 나타나는데 사과애모무늬잎말이나방은 복숭아심식나방 성페로몬과 혼합하였을 때보다 같은 과인 복숭아순나방 성페로몬과 혼합하였을 때 현저하게 유인력이 감소하였다(그림 8, 9). 따라서 복숭아순나방과 사과애모무늬잎말이나방 성페로몬을 혼합하여 이용하는 것은 유인력을 감소시켜 효과적인 예찰을 할 수 없어 바람직하지 않다.

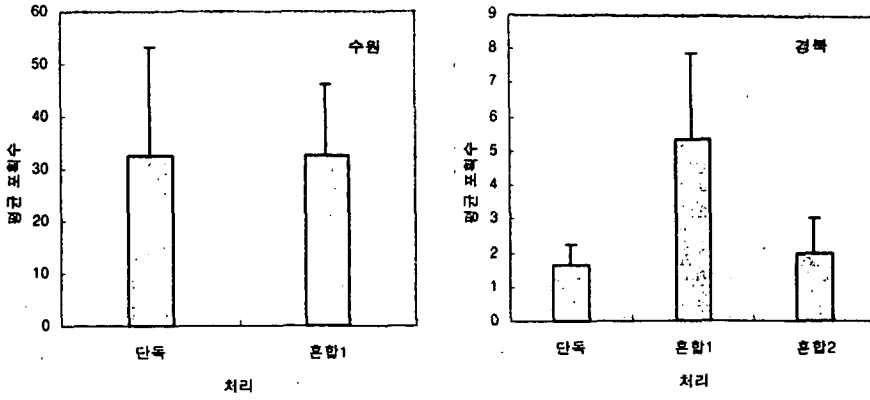


그림 6. 복숭아심식나방 성페로몬과 혼합한 성페로몬 미끼에 포획된 복숭아순나방 수

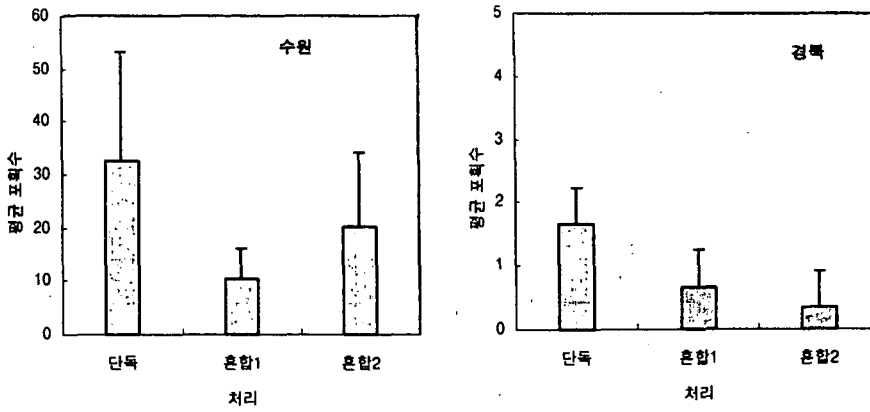


그림 7. 사과애모부늬잎말이나방 성페로몬과 혼합한 성페로몬 미끼에 포획된 복숭아순나방 수

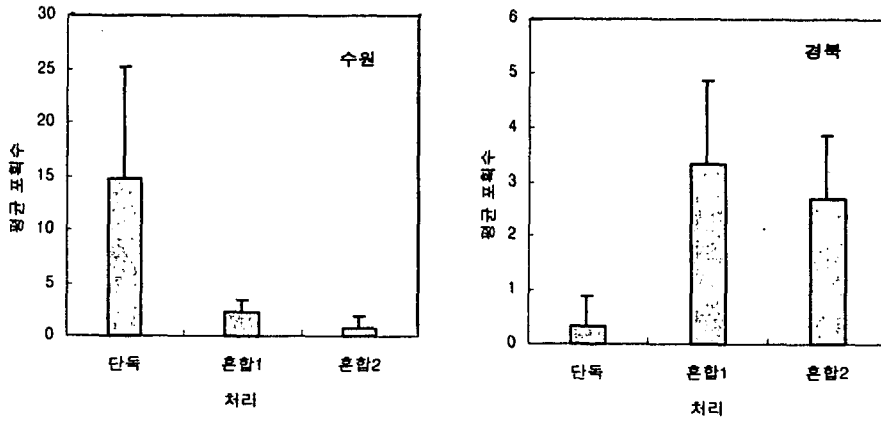


그림 8. 복숭아순나방 성페로몬과 혼합한 성페로몬 미끼에 포획된 사과 애모무늬잎말이나방 수

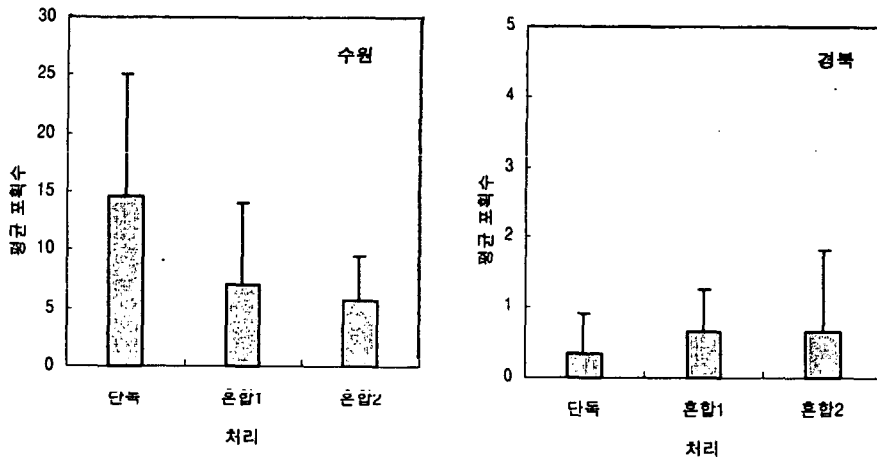


그림 9. 복숭아심식나방 성페로몬과 혼합한 성페로몬 미끼에 포획된 사과애모무늬잎말이나방 수

동일 아과인 사과에모무늬잎말이나방과 사과무늬잎말이나방의 경우 두 종의 성페로몬 성분은 Z11-14:Ac를 공유하고 있는 특징이 있으나 실제성페로몬 성분을 혼합하여 포획실험을 실시한 결과 이 두 종의 성페로몬 성분들은 상대 종의 유인을 저해하는 효과가 있었다(그림 10, 11). 따라서 잎말이나방 두종의 성페로몬 역시 각 각 다른 트랩을 사용하여 발생예찰을 실시하는 것이 바람직하다. 상기와 같은 경향성은 단일 방출제에 성페로몬 성분을 함께 넣은 경우(혼합1)와 각기 다른 방출제에 각 종의 성페로몬을 넣은 후 한 트랩에 10cm정도 분리하여 설치한 경우(혼합2)가 차이가 없었다.

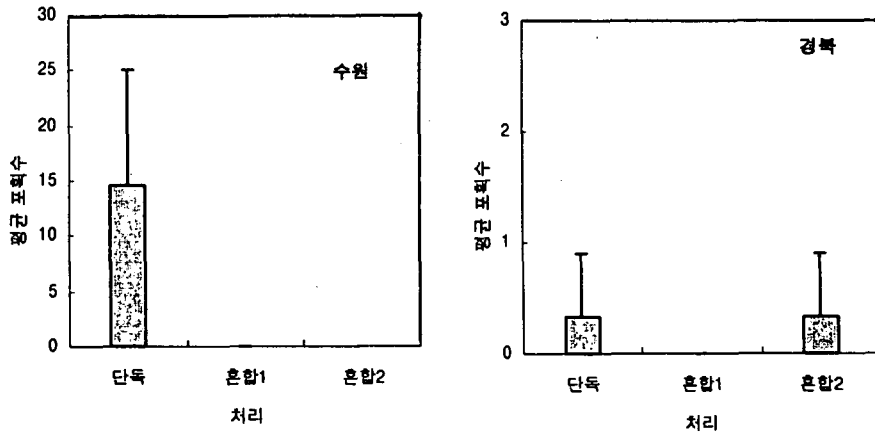


그림 10. 사과무늬잎말이나방 성페로몬과 혼합한 성페로몬 미끼에 포획된 사과에모무늬잎말이나방 수

성페로몬 혼합이용은 트랩사용의 절감이라는 효과가 있다. 그러나 이 경우 한 트랩에 여러 종의 해충이 포획되므로 가장 크게 대두되는 문제는 농민이 각 종을 정확하게 분류 동정하는 문제이다. 종 분류가 정확하지 않을 경우,

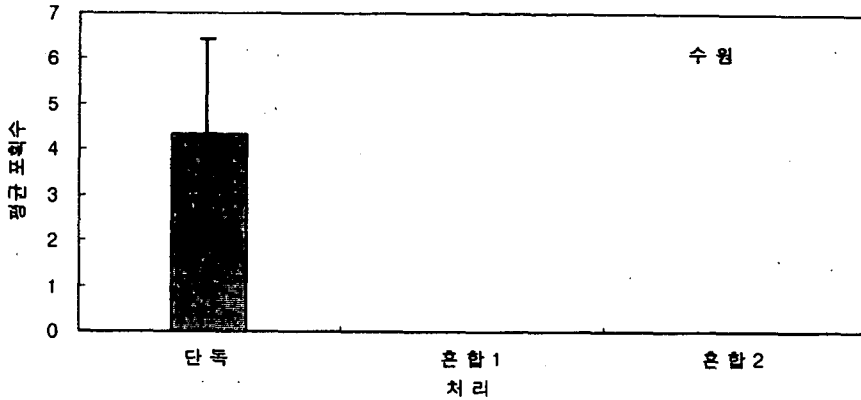


그림 11. 사과애모무늬잎말이나방 성페로몬과 혼합한 성페로몬 미끼에 포획된 사과무늬잎말이나방 수

예찰 자료로서의 이용은 불가능하며 방제 여부의 결정과 방제 적기 설정에도 혼란이 야기될 수 있다. 사과해충 종 분류에 대한 설문 조사 결과(제2 세부과 제 참조), 응답자의 약 51%가 종 분류를 할 수 있다고 하였다. 따라서 성페로몬의 혼합이용은 실제 농민이 종 분류가 가능하도록 교육하는 것과 병행하여 시도되는 것이 바람직한 것으로 판단된다.

2. 성페로몬트랩 이용 나방류 발생량과 발생소장

해충나방류를 효율적으로 방제하기 위해서는 성충의 발생량과 발생소장을 정확히 조사하는 것이 방제여부와 방제시기를 결정하는데 필수적으로 요구된다. 본 시험에서는 사과원의 주요 해충 나방류 6종을 대상으로 경북 사과재배 주산지에서 연도별 발생량과 전국의 사과재배 지역별 연간 발생량 차이 및 군위지역에서 발생소장을 조사하였다.

표 9는 사과원 나방류 6종의 연도별 발생량 차이를 경북 주산지 5개 지역(군위, 의성, 안동, 청송, 영천)의 동일 사과원에서, 복숭아순나방, 복숭아심식나방, 사과굴나방은 1996~2001년, 사과애모무늬잎말이나방과 사과무늬잎말이나방은 1998~2001년, 은무늬굴나방은 2000~2001년에 걸쳐 성페로몬트랩의 유살수로 비교한 결과이다. 복숭아순나방은 6년 간 5개 지역의 평균 연간 유살수가 807마리이며, 연도별은 1996년이 1,116마리로 가장 많았고 2001년이 561마리로 가장 적었으며, 지역(사과원)별은 영천이 985마리로 가장 많았고 군위가 502마리로 가장 적었다. 복숭아심식나방은 6년간 5개 지역의 평균 연간 유살수가 170마리이며, 연도별은 1998년이 300마리로 가장 많았고 2000년이 107마리로 가장 적었으며, 지역별은 의성이 287마리로 가장 많았고 영천이 76마리로 가장 적었다. 사과애모무늬잎말이나방은 4년간 5개 지역의 평균 연간 유살수가 23마리이며, 연도별은 2001년이 48마리로 가장 많았고 1999년이 12마리로 가장 적었으며, 지역별은 의성과 안동이 26마리로 많았고 군위가 17마리로 적었는데, 다른 나방류에 비하여 유살수가 적은 경향이였다. 사과무늬잎말이나방은 4년간 5개 지역의 평균 연간 유살수가 11마리로 6종 나방류중 가장 적었으며, 연도별은 1998년이 23마리로 가장 많았고 2001년은 2마리로 가장 적었으며, 지역별은 의성이 42마리로 많았고 안동은 1마리로 적었는데, 다른 나방류에 비하여 유살수가 가장 적었다. 사과굴나방은 6년간 5개 지역의 평균 연간 유살수가 7,919마리로 6종 나방류 중 발생량이 가장 많았으며, 연도별은 1996년이 16,950마리로 가장 많았고 2000년이 2,700마리로 가장 적었으며, 지역별은 의성이 18,012마리로 가장 많았고 군위가 3,179마리로 가장 적었다. 은무늬굴방은 2년간 5개 지역의 평균 연간 유살수가 1,079마리로 많았으며, 연도별은 2001년이 1,458마리로 2000년의 699마리 보다 많았고, 지역별은 의성이 1,693마리로 가장 많았고 청송이 800마리로 가장 적었다.

표 9. 성페로몬트랩에 유인된 주요 사과해충들의 마리수

| 종 명 | 지역/사과원 | 1996 | 1997 | 1998 | 1999 | 2000 | 2001 | (평균) |
|-------------------------|--------|---------|-------|-------|-------|-------|-------|---------|
| 복숭아 순나방 | 군위/사공현 | 715 | 297 | 834 | 443 | 231 | 490 | (502) |
| | 의성/윤석기 | 1,093 | 267 | 1,248 | 1,432 | 1,094 | 836 | (995) |
| | 안동/권세원 | 936 | 243 | 680 | 1,060 | 1,066 | 531 | (753) |
| | 청송/김상구 | 1,416 | 884 | 682 | 1,107 | 421 | 304 | (802) |
| | 영천/조규신 | 1,418 | 1,393 | 867 | 787 | 799 | 643 | (985) |
| | (평균) | (1,116) | (617) | (862) | (966) | (722) | (561) | (807) |
| 복숭아 심식나방 | 군위/사공현 | 160 | 374 | 260 | 23 | 52 | 106 | (163) |
| | 의성/윤석기 | 341 | 80 | 533 | 263 | 216 | 288 | (287) |
| | 안동/권세원 | 174 | 47 | 203 | 114 | 73 | 87 | (116) |
| | 청송/김상구 | 123 | 98 | 327 | 234 | 166 | 305 | (209) |
| | 영천/조규신 | 74 | 121 | 175 | 47 | 30 | 7 | (76) |
| | (평균) | (174) | (144) | (300) | (136) | (107) | (159) | ((170)) |
| 사과 애모무늬 잎말이 나방 | 군위/사공현 | - | - | 10 | 5 | 5 | 49 | (17) |
| | 의성/윤석기 | - | - | 6 | 9 | 2 | 85 | (26) |
| | 안동/권세원 | - | - | 5 | 29 | 6 | 63 | (26) |
| | 청송/김상구 | - | - | 10 | 6 | 46 | 31 | (23) |
| | 영천/조규신 | - | - | 55 | 11 | 14 | 12 | (23) |
| | (평균) | (-) | (-) | (17) | (12) | (15) | (48) | ((23)) |
| 사과무늬 잎말이 나방 | 군위/사공현 | - | - | 5 | 2 | 1 | 1 | (2) |
| | 의성/윤석기 | - | - | 102 | 11 | 46 | 9 | (42) |
| | 안동/권세원 | - | - | 0 | 2 | 2 | 0 | (1) |
| | 청송/김상구 | - | - | 4 | 3 | 1 | 0 | (2) |
| | 영천/조규신 | - | - | 3 | 2 | 18 | 1 | (6) |
| | (평균) | (-) | (-) | (23) | (4) | (14) | (2) | ((11)) |

계속

| 종 명 | 지역/사과원 | 1996 | 1997 | 1998 | 1999 | 2000 | 2001 | (평균) |
|------------|--------|----------|----------|---------|---------|---------|---------|----------|
| 사과 굴나방 | 군위/사공현 | 6,505 | 1,161 | 1,912 | 4,533 | 402 | 4,558 | (3,179) |
| | 의성/윤석기 | 33,395 | 17,771 | 33,815 | 11,010 | 7,480 | 4,600 | (18,012) |
| | 안동/권세원 | 13,487 | 11,430 | 1,245 | 4,840 | 3,000 | 2,956 | (6,160) |
| | 청송/김상구 | 13,605 | 13,502 | 7,129 | 1,634 | 1,307 | 2,136 | (6,552) |
| | 영천/조규신 | 17,756 | 7,325 | 4,563 | 535 | 1,313 | 2,674 | (5,694) |
| | (평균) | (16,950) | (10,238) | (9,733) | (4,510) | (2,700) | (3,385) | (7,919) |
| 은무늬 굴나방 | 군위/사공현 | - | - | - | - | 749 | 1,367 | (1,058) |
| | 의성/윤석기 | - | - | - | - | 699 | 2,687 | (1,693) |
| | 안동/권세원 | - | - | - | - | 831 | 888 | (860) |
| | 청송/김상구 | - | - | - | - | 735 | 866 | (800) |
| | 영천/조규신 | - | - | - | - | 481 | 1,484 | (983) |
| | (평균) | (-) | (-) | (-) | (-) | (699) | (1,458) | (1,079) |

2001년에는 사과사랑동호회 인터넷 홈페이지(www.iloveapple.co.kr)를 이용하여 사과원 별 6종 나방류의 유살수(발생상황)를 입출력하는 사과원이 약 100여명에 이르렀다. 이들 중 조사 및 입출력이 우수한 전국 23개 지역(시, 군) 40명 선도농가들의 나방류 종별 연간 유살수를 보면 표 10과 같다. 해충별 뚜렷한 지역적 발생특성을 찾아보기는 어려울 것 같다. 전국의 평균 유살수보다 2배 이상 많거나 적은 것을 기준으로 발생의 다소를 비교해 보면, 북

송아순나방은 의성1, 무주1, 거창2 농가에서 많았고 단양, 영주, 영덕, 서천1, 부여2, 논산1, 무주2, 함양1과2, 장성1과 2농가에서 적었다. 복숭아심식나방은 영주, 의성1, 청송2, 아산, 완주1농가에서 많았고, 군위2, 의성3, 안동2, 영천1과2, 서천1, 부여1~3, 함양1과2, 장성1과 2농가에서 적었다. 사과애모무늬잎말이나방은 이천, 군위2, 안동2, 무주1농가에서 많았고, 강릉, 장호원, 단양, 영주, 영천1, 부여1과2, 금산, 함양2, 장성1과2농가에서 적었다. 사과무늬잎말이나방은 의성2, 영덕, 아산, 서천1~3, 부여1, 장성2농가에서 많았고, 장호원, 단양, 영주, 군위1과 2, 의성1과3, 안동1과2, 청송1과2, 영천 1과2, 포항, 부여2와 3, 금산, 무주1, 거창1과 2, 함양2, 장성1농가에서 적었다. 사과굴나방은 장호원, 서천1과3, 부여2와 3, 무주1, 거창1농가에서 많았고, 단양, 군위2, 청송2, 포항, 영덕, 예산, 서천2, 논산1과 2, 금산, 완주1과 2, 무주2, 함양1, 장성1과 2농가에서 적었다. 은무늬굴나방은 문경, 군위2, 의성1, 영천2, 영덕에서 많았고, 이천, 단양, 예산, 서천1~3, 부여1과 2, 논산2, 금산, 완주1, 장성1과 2농가에서 적었다. 이를 통해서 볼 때, 심식나방과 잎말이나방류는 주변에 야생기주나 관리소홀된 등의 유무에 따라서, 굴나방류는 기주가 사과나무속으로서 주변의 식생에 영향을 거의 받지 않고 사과원 별 잎의 과번무나 수세의 강약에 따라서 발생량이 많거나 적은 경향이 있는 것으로 생각된다(이순원 등, 1985a; 1996).

표 10. 지역에 따른 나방류의 성페로몬트랩 이용 연간유살수 차이(2001)

(마리/트랩)

| 지 역 | 복숭아 순나방 | 복숭아 심식나방 | 사과 애모무늬 잎말이나방 | 사과무늬 잎말이나방 | 사과굴나방 | 은무늬 굴나방 |
|-------|------------|-------------|---------------------|---------------|--------|------------|
| 강원 강릉 | 272 | 183 | 14 | 13 | 8,073 | 1,179 |
| 경기 이천 | 606 | 155 | 109 | 38 | 7,037 | 356 |
| 장호원 | 355 | 109 | 21 | 2 | 16,052 | 819 |
| 충북 단양 | 26 | 67 | 9 | 9 | 1,331 | 93 |
| 경북 영주 | 139 | 278 | 19 | 5 | 3,192 | 1,141 |
| 문경 | 242 | 72 | 50 | 16 | 3,100 | 2,380 |
| 군위1 | 490 | 106 | 49 | 1 | 4,558 | 1,367 |
| 군위2 | 513 | 0 | 122 | 5 | 1,913 | 2,471 |
| 의성1 | 836 | 288 | 85 | 9 | 4,600 | 2,687 |
| 의성2 | 797 | 174 | 76 | 44 | 5,194 | 1,826 |
| 의성3 | 279 | 27 | 65 | 2 | 3,320 | 789 |
| 안동1 | 531 | 87 | 63 | 0 | 2,956 | 888 |
| 안동2 | 577 | 34 | 122 | 2 | 4,696 | 945 |
| 청송1 | 363 | 219 | 42 | 0 | 8,416 | 989 |
| 청송2 | 304 | 305 | 31 | 0 | 2,136 | 866 |
| 영천1 | 643 | 7 | 12 | 1 | 2,674 | 1,484 |
| 영천2 | 568 | 6 | 74 | 0 | 2,358 | 2,727 |
| 포항 | 515 | 91 | 59 | 7 | 1,326 | 1,284 |
| 영덕 | 138 | 76 | 83 | 87 | 1,612 | 2,197 |
| 충남 아산 | 546 | 305 | 70 | 74 | 2,754 | 1,766 |
| 예산 | 190 | 159 | 35 | 31 | 312 | 130 |
| 서천1 | 151 | 38 | 50 | 66 | 12,859 | 463 |
| 서천2 | 257 | 61 | 75 | 104 | 2,179 | 131 |
| 서천3 | 98 | 59 | 51 | 53 | 14,925 | 307 |

계속

| 지 역 | 복숭아 순나방 | 복숭아 심식나방 | 사과 애모무늬 앞말이나방 | 사과무늬 앞말이나방 | 사과굴나방 | 은무늬 굴나방 |
|--------|------------|-------------|---------------------|---------------|--------|------------|
| 충남 부여1 | 245 | 30 | 17 | 54 | 553 | 259 |
| 부여2 | 96 | 35 | 19 | 11 | 13,540 | 310 |
| 부여3 | 252 | 50 | 47 | 4 | 12,317 | 802 |
| 논산1 | 46 | 115 | 87 | 16 | 1,176 | 967 |
| 논산2 | 156 | 184 | 51 | 22 | 694 | 417 |
| 금산 | 195 | 84 | 5 | 8 | 827 | 140 |
| 전북 완주1 | 474 | 284 | 90 | 18 | 1,814 | 435 |
| 완주2 | 221 | 150 | 63 | 20 | 895 | 620 |
| 무주1 | 713 | 210 | 125 | 0 | 13,611 | 1,257 |
| 무주2 | 130 | 78 | 37 | 30 | 1,396 | 625 |
| 경남 거창1 | 450 | 166 | 61 | 6 | 10,244 | 1,405 |
| 거창2 | 676 | 187 | 42 | 9 | 7,246 | 1,681 |
| 함양1 | 104 | 5 | 57 | 20 | 1,506 | 538 |
| 함양2 | 47 | 19 | 13 | 4 | 4,563 | 1,299 |
| 전남 장성1 | 7 | 0 | 6 | 0 | 381 | 442 |
| 장성2 | 40 | 4 | 12 | 53 | 140 | 188 |
| 평 균 | 332 | 113 | 53 | 21 | 4,712 | 1,017 |

그림 12부터 17은 사과원 나방류 6종의 발생소장 구명을 위하여 복숭아순나방, 복숭아심식나방, 사과굴나방은 5년 간(1996~2000년), 사과애모무늬잎말이나방과 사과무늬잎말이나방은 3년 간(1998~2000년), 은무늬굴나방은 2년 간(2000~2001년)에 걸쳐서 군위지역 3~5개 사과원의 반순 또는 순별 성페로몬 트랩의 유살수를 조사한 결과이다.

복숭아순나방은 년 4세대 발생하며 제1세대는 4월 중순~5월 중순, 제2세대는 6월 중순~7월 상순, 제3세대는 7월 중순~8월 하순, 제4세대는 8월 하순~9월 중순으로 추정되었으나, 제3세대와 제4세대는 세대간에 중복이 되었고, 세대별 발생 최성기는 각각 5월1반순, 6월4반순, 8월1~2반순, 9월 2반순이었다. 세대별 성충 발생량을 보면 제3세대, 제1세대, 제2세대, 제4세대 순이었다. 이는 우리나라 나주지역의 배 과수원에서 년4세대 발생하는 것과 세대별 발생시기는 본 조사와 일치하였으나, 세대별 발생량 중 제4세대 발생량이 해에 따라 큰 차이가 있는 점에서 다른 경향이었다(나주배연구소, 2000).

복숭아심식나방은 년 2세대 발생하며 제1세대는 6월 상순~7월 하순, 제2세대는 8월 상순~9월 상순이었고, 세대별 발생 최성기는 각각 6월 6반순, 8월2~3반순 이었다. 세대별 성충 발생량은 제1세대가 제2세대보다 훨씬 많았다. 이는 1980년대 사과원의 발생소장 조사결과와 발생시기는 큰 차이가 없으나, 세대별 발생량과 발생 최성기는 차이가 있었다(고 등, 1983; 이 등, 1984, 1994).

사과애모무늬잎말이나방은 년 3세대 발생하며 제1세대는 5월 상순~6월 상순, 제2세대는 6월 하순~7월 하순, 제3세대는 8월 중순~9월 상순이었고, 세대별 발생 최성기는 각각 5월 하순, 7월 중순, 8월 하순이었다. 세대별 성충 발생량은 비슷하였으나, 최성기 발생량은 세대가 진행될수록 많아지는 경향이었다.

사과무늬잎말이나방은 년 3세대 발생하며 제1세대는 5월 중순~6월 중순,

제2세대는 7월 상순~8월 상순, 제3세대는 8월 중순~9월 하순이었고, 세대별 발생 최성기는 각각 5월 하순, 7월 중순, 8월 하순이었다. 세대별 성충 발생량을 보면 제1세대와 제2세대가 비슷하게 많았고, 제3세대는 적은 경향이었다.

사과굴나방은 년 5세대 발생하며 제1세대는 4월 상순~하순, 제2세대는 5월 하순~6월 중순, 제3세대는 6월 하순~7월 중순, 제4세대는 7월 중순~8월 중순, 제5세대는 8월 하순~9월 하순으로 추정되었으나, 제3세대와 제4세대는 세대간에 중복이 되는 경향이었다. 세대별 발생 최성기는 각각 4월 3반순, 6월 1반순, 7월 1반순, 7월 5반순, 9월 4반순 이었다. 세대별 성충 발생량을 보면 제3세대, 제4세대, 제2세대, 제1세대, 제5세대 순이었다. 1980년대 사과나무의 피해 앞에서 조사한 결과(이 등, 1985b)와 비교할 때에 발생소장은 비슷하였으나, 본 조사 결과에서는 세대별 발생량과 발생시기를 보다 명확하게 구분할 수 있는 점이 달랐다.

은무늬굴나방은 년 5세대 발생하며 제1세대는 5월 상순~5월 하순, 제2세대는 6월 상순~6월 하순, 제3세대는 7월, 제4세대는 8월, 제5세대는 9~10월 상순으로 추정되었다. 세대별 발생 최성기는 각각 5월 4반순, 6월 3반순, 7월 3반순, 8월 6반순, 9월 5반순 이었다. 세대별 성충 발생량을 보면 제1세대, 제2세대, 제3세대 순으로 세대가 진전될수록 발생량이 감소되는 경향이었다. 은무늬굴나방은 사과나무 신초의 어린잎만을 가해하기 때문에 신초의 생장이 지속되는 5~6월에는 대부분의 사과원에서 발생이 많지만, 7월 이후는 질소를 과다 사용하거나 착과량이 적어서 신초가 2차 성장하는 일부의 사과원을 중심으로 발생이 국한되기 때문에 발생소장양상에 차이가 많고 발생량이 급격히 감소하는 것으로 생각된다(이 등, 1996a).

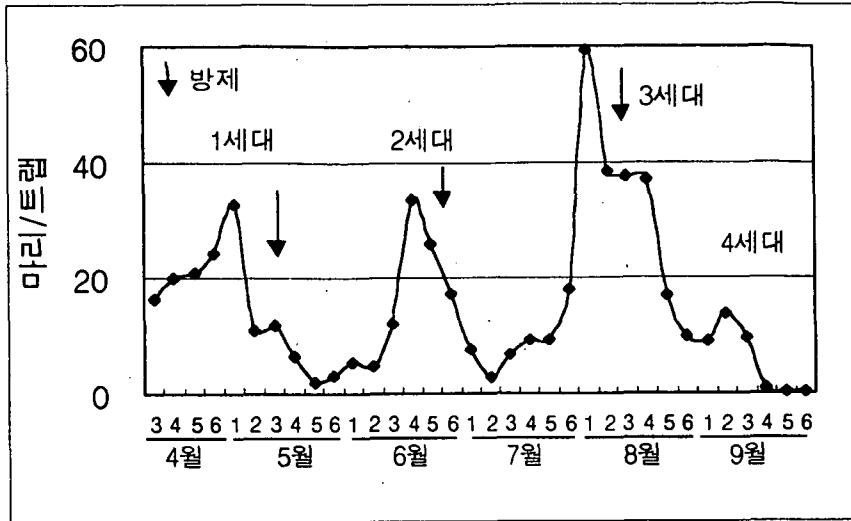


그림 12. 복숭아순나방(1996-2000년 평균, 균위)

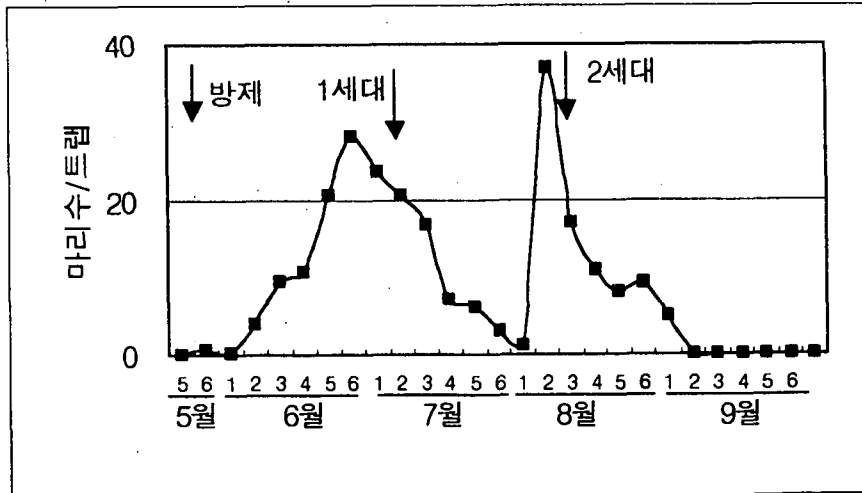


그림 13. 복숭아심식나방(1996-2000년 평균, 균위)

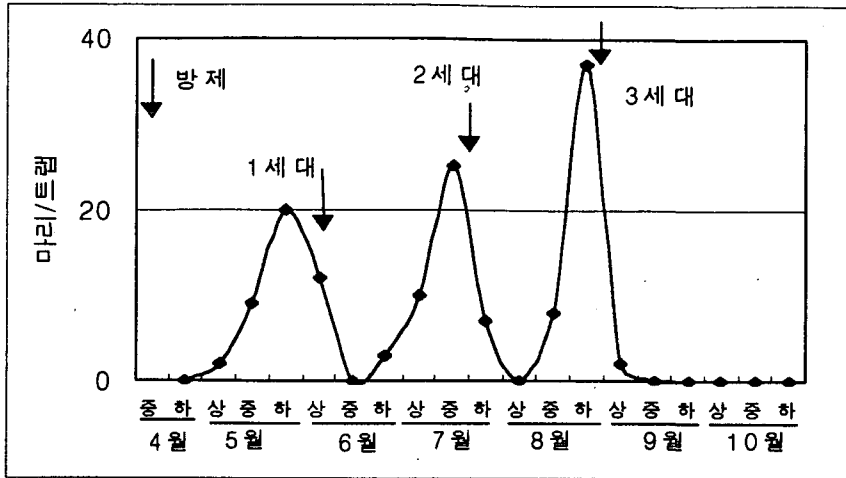


그림 14. 사과에모무늬잎말이나방(1998-2000년 평균, 군위)

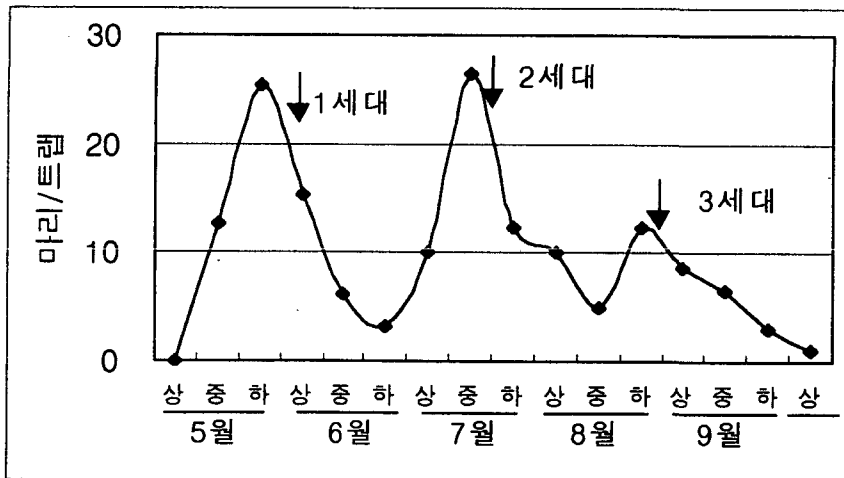


그림 15. 사과무늬잎말이나방(1998-2000년 평균, 군위)

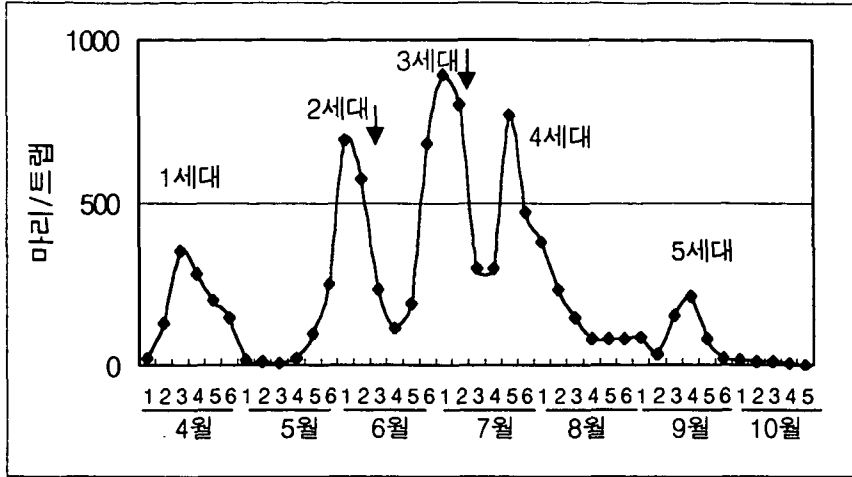


그림 16. 사과굴나방(1996-2000년 평균, 군위)

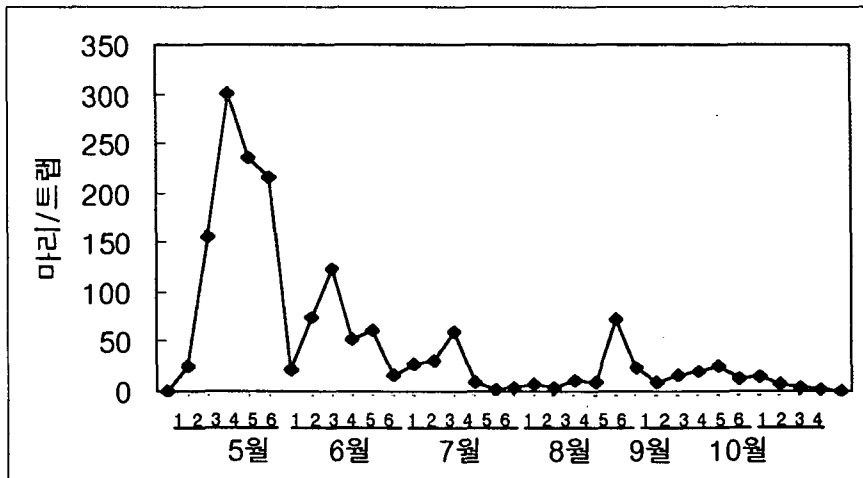


그림 17. 은무늬굴나방(2000-2001년 평균, 군위)

3. 성페로몬 발생예찰 체계화

성페로몬 트랩을 이용한 나방류의 발생예찰은 무엇보다도 사과원별로 정기적인 유살수 조사와 기록유지가 원활하게 이루어져야 방제유무나 방제적기를 결정할 수 있다. 이러한 발생예찰 조사는 개개 사과원별로 수행하는 것보다 주산단지 또는 지역 단위로 체계화될수록, 한 해에 그치지 않고 수년간에 걸쳐 지속적으로 수행될 때에 기대이상의 효과를 거둘 수 있을 것이다. 여기에서는 본 시험 뿐 아니라 농촌진흥청의 시범사업을 통해서 성페로몬 트랩을 공급한 사과원을 대상으로, 어떻게 하면 발생예찰 조사 결과를 효과적이고 신속하게 입출력 할 수 있을 지에 대한 방안을 강구코자 하였다. 다행히 대구사과연구소에서는 1995년부터 컴퓨터 사과사랑동호회를 구성하여 운영하므로써, 이들 회원을 중심으로 컴퓨터 사용환경의 변화에 따라 다음과 같은 3단계에 걸친 발생예찰 체계화 사업을 추진하였다.

첫째 단계는 1996년에 농림수산정보센터(AFFIS)에서 운영하는 PC통신 동호회의 하나였던 사과사랑동호회를 이용한 발생예찰 체계이다. 그림 18과 같이 사과사랑동호회 초기화면의 '32. 페로몬 조사' 방을 만들었다. 이 방에 들어가서 쓰기(W)를 클릭한 후에 나방류 종별 조사 결과를 5일 간격으로 입력하면 그림 19와 같이 목록이 만들어지며, 회원이면 누구든지 이들 자료를 검색할 수 있다. 이 체계는 당시 농민들의 컴퓨터 이용체제를 적용한 점에서 의의도 있었고 전국 최초로 사과 재배농민 스스로의 발생예찰 기록이었다는 점에서 그 중요성이 있었다. 그러나, 동호회원에게만 입출력이 허용된 폐쇄 이용자 이용체제로써 인터넷 홈페이지 체제에 비교하여 사용상 많은 제약과 단점이 있어 1999년까지 한시적으로 운영된 후에 폐지되었다.

[금주에 할일]

1. 사과원 주요작업
2. 병해충발생상황/대책
3. 공지사항

[사진정보]

11. 병
12. 해충
13. 생리장애
14. 재배기술
15. 품종

[동호회 안내]

88. 동호회안내

[게시판]

21. 사과사랑쉼터
22. 동호회 특집기사
23. 유통정보
24. 문헌정보

[질문/답변]

31. 묻고 답하기
32. 폐로몬조사
33. IPM 모임

99. 사과지기에 편지보내기

100. 회원가입/탈퇴
101. 회원정보

명령/번호 입력 >> 32

그림 18. 농림수산정보센터 사과사랑동호회의 초기 메뉴화면

둘째 단계는 1997년에 개인 컴퓨터를 이용하는 성페로몬 발생예찰 소프트웨어 입출력 체계이다. 그림 20의 초기화면에서 작업일자를 선택하고, 기온과 성페로몬트랩 관찰 자료를 입력할 수 있다. 다음으로 그림 21과 같이 대상 나방류를 선택하고 성페로몬 발생예찰 자료를 출력하면 조사지역의 10년 간의 최고와 최저기온을 평균한 기온 그래프가 상단에 나타난다. 가운데 그래프에는 대상 나방류의 요방제밀도(예: 복숭아심식나방의 요방제밀도 누적치는 7마리/트랩)선과 실제 입력(기록)한 시기별 조사 결과가 표시된다. 그리고, 하단에는 연중 발생예찰 모델에 따라 시기별 성충, 알, 유충, 용의 발육단계가 나타난다.

| 화면명 : 설문조사 | 현재일자 : 98/02/16 | | | | |
|--|-----------------|----------|-----|-----|---------------------|
| 자료량 : 29/30 | 현재시각 : 13:23:57 | | | | |
| 번호 | 등록자 | 등록일자 | 읽은수 | 응답수 | 제 목 |
| 1 | ZTARI | 97/03/10 | 105 | 9 | 페로몬트랩 조사 |
| 2 | ZTARI | 97/04/17 | 18 | 2 | [3월 15일] 페로몬트랩 조사결과 |
| 3 | ZTARI | 97/04/17 | 5 | 1 | [4월 6일] 페로몬트랩 조사결과 |
| 4 | ZTARI | 97/04/17 | 5 | 1 | [4월 11일] 페로몬트랩 조사결과 |
| 5 | ZTARI | 97/04/17 | 6 | 2 | [4월 15일] 페로몬트랩 조사결과 |
| 6 | ZTARI | 97/04/17 | 6 | 1 | [4월 21일] 페로몬트랩 조사결과 |
| 7 | ZTARI | 97/04/17 | 8 | 1 | [4월 26일] 페로몬트랩 조사결과 |
| 8 | ZTARI | 97/04/17 | 6 | 1 | [5월 1일] 페로몬트랩 조사결과 |
| 9 | ZTARI | 97/04/17 | 5 | 1 | [5월 6일] 페로몬트랩 조사결과 |
| 10 | ZTARI | 97/04/17 | 6 | 1 | [5월 11일] 페로몬트랩 조사결과 |
| 11 | ZTARI | 97/04/17 | 8 | 1 | [5월 16일] 페로몬트랩 조사결과 |
| 12 | ZTARI | 97/04/17 | 9 | 1 | [5월 21일] 페로몬트랩 조사결과 |
| 13 | ZTARI | 97/04/17 | 29 | 2 | [5월 26일] 페로몬트랩 조사결과 |
| 14 | BY0211 | 97/04/29 | 32 | 1 | [4월 28일] 페로몬 조사결과 |
| 첫화면(T) 해당정보(M) 윗화면(P) 뒤(엔터키) 이동(GO) 도움말(H) 끝(X) 쓰기(W) 받기(DOWN) 삭제(D) 제목수정(U) 연속읽기(NR) | | | | | |

그림 19. 농림수산정보센터 사과사랑동호회의 「32. 페로몬 조사」 메뉴 목록

이 체계는 대상 농가의 나방류별 발생상황과 해당지역의 기상자료에 근거하여 합리적인 방제여부와 방제적기 판단이 가능한 체계라는 점에서 큰 장점이 있다. 그러나, 이 소프트웨어가 정확성이 있기 위해서는 나방류 별 장기간의 발생예찰 자료가 축적되어 있어야 하는 전제조건이 아직 우리나라의 현실에서 충족되기에 좀 더 시간이 필요하고, 이용자인 재배 농민들이 이를 충분히 이해하고 응용하기에는 쉽지 않은 단점이 있다. 따라서, 이 프로그램은 당분간 연구원과 현장 지도원들에 의해 자료의 축적과 발생예찰 모델 모형으로 사용하는 것이 바람직 할 것으로 생각한다. 또한 컴퓨터 이용이 어려운 관행

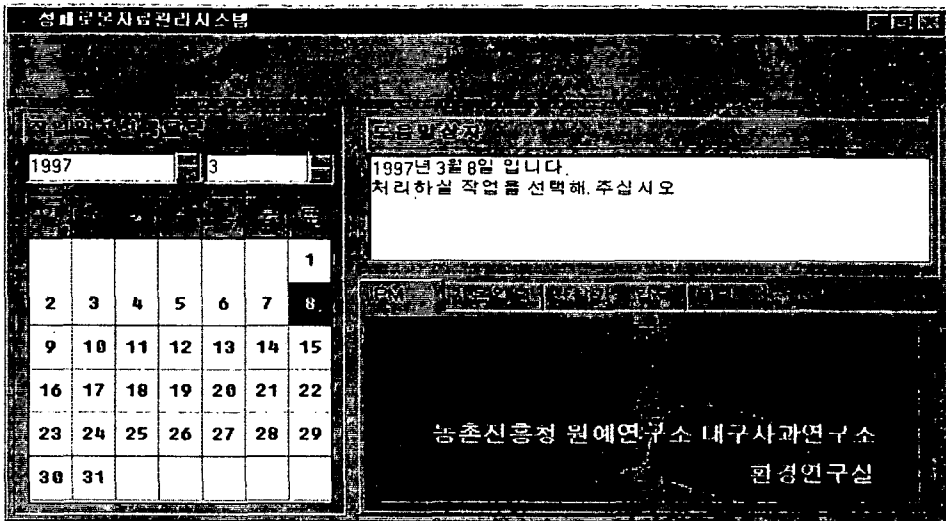


그림 20. 개인 컴퓨터용 성페로몬트랩 발생예찰 자료관리 프로그램 초기화면

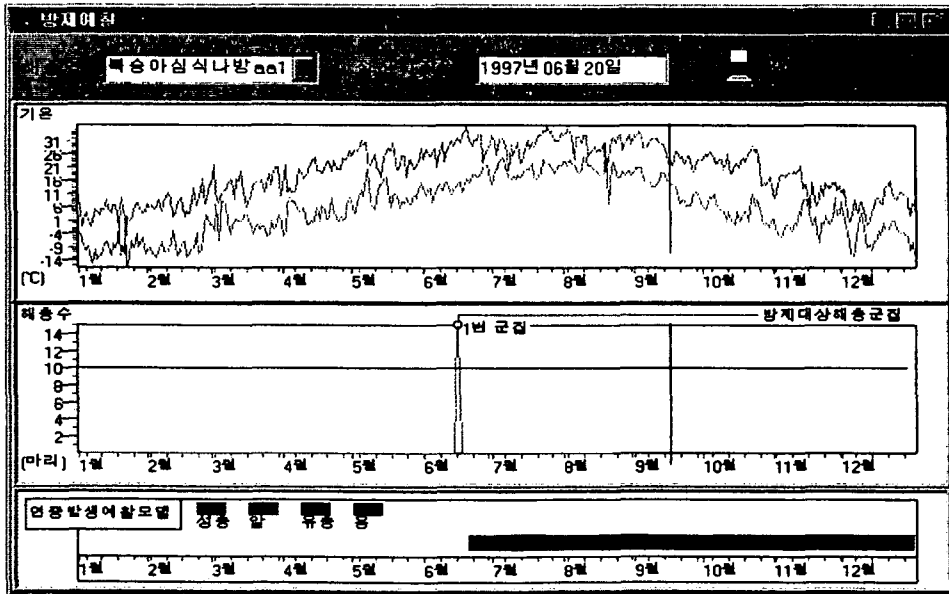


그림 21. 개인 컴퓨터용 성페로몬트랩 발생예찰 자료관리 프로그램 출력 화면

방제 사과농가에 대해서는 성페로몬 트랩을 이용하여 각 해충의 발생 상황을 예찰하고 그 결과를 이용하여 해충별 약제방제적기와 요방제밀도에 근거한 방제여부를 판단하도록 각 해충에 대한 발생예찰용 성페로몬 트랩을 이용한 해충별 약제방제적기와 요방제밀도 가이드라인을 작성하였다(표 11). 이 가이드라인은 연중 발생예찰 모델과 평균 기온 및 재배관리 경험 등을 기초로 작성되었으므로 개별 사과원의 기온이 평균 기온과 많이 다를 경우 차이가 발생할 가능성은 있으나 재배 농민이 방제여부 및 방제적기를 판단하는 쉬운 기준이 된다. 이를 더욱 편리하게 하기 위해 전화음성사서함(053-152-6677)을 통해 전화음성으로 주 1회 나방별 발생상황과 방제처방을 제공하고 있다

표 11. 발생예찰용 성페로몬 트랩을 이용한 해충별 약제방제적기와 요방제 밀도

| 해충 명 | 약제방제적기 | 요방제 밀도 |
|----------------------------------|--|---|
| 복숭아순나방 | 제 1세대: 발생최성기 15일 후 제 2, 3세대: 발생최성기 7일 후 제 4세대: 발생최성기 10일 후 | 20마리/트랩, 5일 (발생최성기 50마리 이상 시 반드시 방제) |
| 복숭아심식나방 | 제 1, 2세대: 발생최성기 10일 후 | 7마리/트랩, 5일 (발생최성기 20마리 이상 시 반드시 방제) |
| 사과애모무늬 잎말이나방 사과무늬 잎말이나방 | 제 1세대: 발생최성기 12-14일 후 제 2세대: 발생최성기 8-9일 후 | 5마리/트랩, 5일 (총 10마리 미만 시는 방제 생략) |
| 사과굴나방 | 과실 가해 해충과 동시 방제 | 100마리 2회이상/트랩, 5일(6-7일) |

셋째 단계는 최근 급격하게 농민들의 컴퓨터 이용환경이 개선됨에 따라 2000년 10월에 개통된 사과사랑동호회의 인터넷 홈페이지(www.iloveapple.co.kr)를 이용하는 입출력 체계이다. 홈페이지 초기메뉴 화면의 좌측 중간에 있는 '성페로몬 조사'를 클릭하면 그림 22와 같이 성페로몬 트랩 발생예찰 입력자료 목록이 표시된다. 여기서 하단의 '글쓰기'를 클릭하면 시기별 나방류 6종의 발생예찰 자료(숫자)를 입력할 수 있는 화면이 나타나므로, 자신이 관찰한 숫자만을 입력하면 자료가 등록된다. 또한, 사과원 나방류 발생예찰 자료를 보고자 할 때는 원하는 제목(주소)를 클릭하면, 그림 23과 같이 해당 사과원의 조사당일 입력 결과가 표시된다. 나방류 종별 숫자의 아래에 표시된 그래프를 클릭(예로 복숭아순나방)하면 그림 24와 같이 지금까지 입력한 자료의 반순 별 그래프가 나타나며, 맨 밑에 칸에는 월 별 입력 자료의 소계가 숫자로 표시된다. 하단의 '분기별산출'을 클릭하면 그림 25와 같이 월별, 반순 별 입력 자료의 숫자가 나타난다. 이 체계는 사과사랑동호회 원 여부에 관계없이 나방류 성페로몬트랩 발생예찰 조사 자료를 입출력 할 수 있을 뿐 아니라, 입력자일 경우는 자료 수정도 가능하며 발생소장도 한 눈에 쉽게 그래프로 변환하여 볼 수 있기 때문에 제 1, 2단계보다는 뚜렷하게 많은 자료가 입력되고 있다. 2001년 약 500여 사과원에 성페로몬트랩이 공급되었는데, 이들의 20%인 100여 사과원이 발생예찰 자료를 입력하였으며, 60여 사과원은 4월부터 10월까지 반순 별로 자료를 성실하게 입력하고 있다. 다만, 그림 22에 표시된 10월의 자료 조회수가 2-3회로 많지 않은 것은 6종 나방류 대부분의 발생이 종료된 시기이며 방제를 하는 시기도 아니기 때문이다. 7-8월의 자료 조회 수는 많은 경우 15회 정도였다. 앞으로 농민의 컴퓨터 이용이 빠르게 활성화됨에 따라 이와 같은 성페로몬트랩 발생예찰 자료의 입출력 체계는 세계의 어느 나라에서도 찾아볼 수 없는 성공적인 사례가 될 것이라고 믿는다.








성페로몬트랩 리스트

| 전체갯수:3565 관리자 Page:357 | | [성명 ▾] | [검색] | | | |
|----------------------------|-----------------|--------|------------|-----|----|--|
| 번호 | 지목(주소) | 성명 | 조사일 | 조회수 | 수정 | |
| 3565 | 포항시 북구 신광면 우각리 | 이춘형 | 2001-10-25 | 2 | 수정 | |
| 3564 | 전라남도장성군 황룡면 금호리 | 박래일 | 2001-10-25 | 3 | 수정 | |
| 3563 | 경북 영천시 화남면 | 박용 | 2001-10-25 | 3 | 수정 | |
| 3562 | 경북 영덕 육산 | 신기량 | 2001-10-25 | 2 | 수정 | |
| 3561 | 경북 영덕 육산 | 신기량 | 2001-10-20 | 1 | 수정 | |
| 3560 | 충남 서천군 서면 | 강진구 | 2001-10-25 | 5 | 수정 | |
| 3559 | 충남 서천군 서면 | 백옥현 | 2001-10-25 | 2 | 수정 | |
| 3558 | 충남 서천군 중천면 | 이문화 | 2001-10-25 | 1 | 수정 | |
| 3557 | 충남 서천군 중천면 | 안극수 | 2001-10-25 | 0 | 수정 | |
| 3556 | 충남 서천군 마산면 | 김진한 | 2001-10-25 | 2 | 수정 | |

[글쓰기] 1 [2] [3] [4] [5] [다음] [홈가기]

그림 22. 인터넷 홈페이지의 성페로몬트랩 발생예찰 입력자료 목록

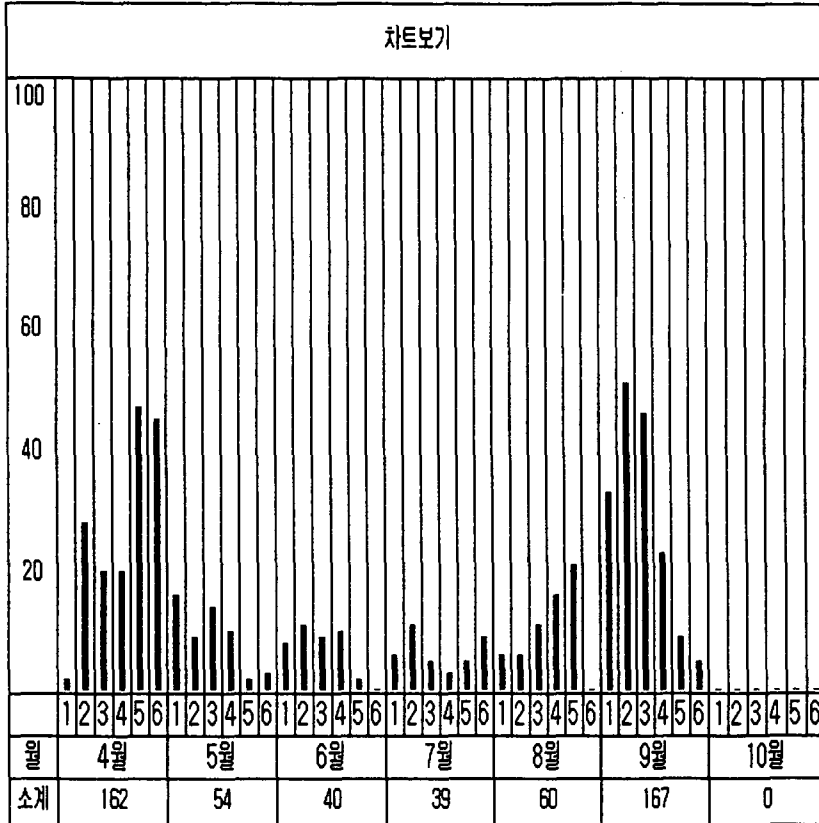
박용의 리스트

| 성명 | 조사일 | 복숭아 순나방 | 복숭아 심식나방 | 사과무늬 앞말미나방 | 사과애모무 나 앞말미나방 | 사과 굴나방 | 은무늬 굴나방 |
|---|------------|---|---|---|---|---|---|
| 박용 | 2001-10-25 | 0 | 0 | 0 | 8 | 5 | 23 |
|  | |  |  |  |  |  |  |

이전 화면

그림 23. 영천 박용 씨 사과원의 나방류별 발생예찰 입력자료

2000 년도별



분기별산출 | 이전 화면

그림 24. 박용 씨 사과원의 복숭아순나방 발생소장 그래프 화면

| 월구분 | 1일-5일 | 6일-10일 | 11일-15일 | 16일-20일 | 21일-25일 | 26일-31일 |
|-----|-------|--------|---------|---------|---------|---------|
| 4월 | 2 | 28 | 20 | 20 | 47 | 45 |
| 5월 | 16 | 9 | 14 | 10 | 2 | 3 |
| 6월 | 8 | 11 | 9 | 10 | 2 | 0 |
| 7월 | 6 | 11 | 5 | 3 | 5 | 9 |
| 8월 | 6 | 6 | 11 | 16 | 21 | |
| 9월 | 33 | 51 | 46 | 23 | 9 | 5 |
| 10월 | 0 | | | 0 | 0 | |

참달기

그림 25. 박용 씨 사과원의 복숭아순나방 성페로몬트랩 분기별 유살수
입력자료

4. 성페로몬트랩 발생예찰의 방제효율 향상과 농약절감

본 시험에서는 사과원 나방류를 대상으로 성페로몬트랩을 이용하여 발생예찰을 실시하는 농가들의 관찰기록 실태를 조사하고, 성페로몬에 대한 이해도, 나방류 종의 구분 정도, 발생예찰 결과의 활용 및 살충제 절감효과 등에 관한 설문조사를 실시하였으며, 경북 주산단지에서 농약을 정기적으로 관행방제하는 사과원과 비교하여 성페로몬트랩을 이용한 발생예찰을 실시하면서 적기에 방제하는 사과원의 살충제 살포회수를 비교하였다.

먼저, 본 시험기간에 걸쳐 연도별 전국의 사과재배 농민에게 발생예찰용 성페로몬트랩을 보급한 실적은 다음과 같다. 1997년에는 심식나방류 3종(복숭

아순나방, 복숭아심식나방, 복숭아명나방)의 복합성페로몬트랩과 사과굴나방 성페로몬트랩 2종의 1년 분 세트를 전국 42시군 186개원 210개소에 공급하였다. 1998년에는 나방류 5종(복숭아순나방, 복숭아심식나방, 사과굴나방, 사과애모무늬잎말이나방, 사과무늬잎말이나방) 각각의 성페로몬 트랩 5종의 1년 분 세트를 전국 37시군 150개원에 공급하였다. 1999년에는 1998년에 보급한 것과 같은 5종의 1년 분 세트를 60시군 400개원에 공급하였는데, 이 때까지 공급한 성페로몬 방출기는 국산 시제품이며, 트랩 자재 중 윗판은 그림 6-1과 같은 미국의 워트랩 제품이었으나, 밑판(끈끈이판)은 미국 제품과 유사한 재질과 규격이며 여기에 끈끈이 재료인 탱글퓏을 도포하여 자체 제작한 것이었다. 2000년에는 1999년에 보급한 것과 같은 5종의 나방류에 대하여 국산 제품인 변형된 델타트랩(그림 3) 1년 분 세트를 전국 50시군 약1,200개원에 공급하였는데, 이들 중 1,110개원에 공급한 트랩은 농촌진흥청 기술지원국의 시범사업비로 제공하였다. 2001년에는 2000년에 공급한 5종 나방류에 은무늬굴나방을 추가하여 6종의 국산제품 성페로몬트랩 1년분 세트를 전국 50시군 약 700개원에 공급하였는데, 이들 중 610개원은 2000년과 같이 시범사업비로 제공하였다.

그림 26은 1997년에 성페로몬트랩을 이용하여 발생예찰을 실시한 50개 사과원을 대상으로 관찰기록 자료관리의 충실도를 조사한 결과이다. 자료관리가 충실한 22%(11개원)는 나방류 구분이 명확하고 관찰기록도 5-7일 간격으로 실시하였으며, 보통인 24%(12개원)는 나방류 구분은 대체로 양호하였으나 정기적인 관찰기록이 미흡하였다. 불량인 8%(4개원)는 나방류 구분도 미흡하고 방출기와 끈끈이판의 교체도 적기에 실시하지 않았으며 관찰한 내용을 기록하지 않았다. 매우 불량인 46%(23개원)은 최초 성페로몬트랩을 공급받은 때에만 트랩을 설치하고, 이후 관찰 노력도 하지 않으면서 방치하고 있는 상태였다.

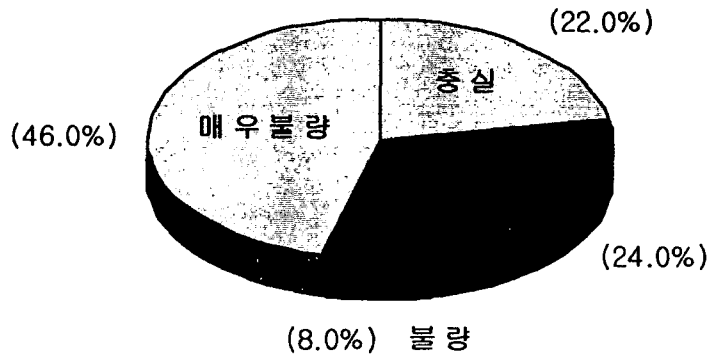


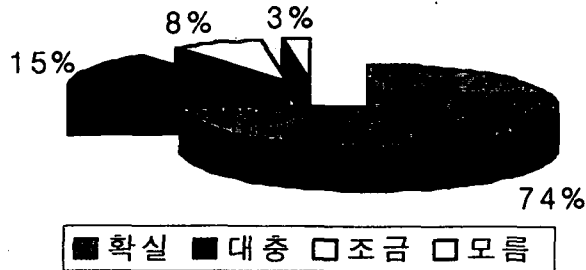
그림 26. 성페로몬트랩 발생예찰 사과원의 자료관리 충실도(1997)

그림 27은 1999년에 성페로몬트랩을 공급받은 400개원의 50%인 200개원을 대상으로 설문조사를 실시한 결과이다. 성페로몬에 대한 이해정도는 74%가 확실하게 이해한다고 하였고 15%가 대충 이해한다고 한 반면에 3%만이 잘 모른다고 응답하였다. 성페로몬트랩의 발생예찰 필요성도 97%가 꼭 필요하다고 하였으며, 성페로몬을 잘 모르는 3%만이 별로 라고 하였다. 나방류 5종의 구분에 대하여는 51%가 확실하게 구분할 수 있다고 하였으며, 41%도 대충은 구분한다고 한 반면 8%는 구분이 불가능하다고 하였다. 트랩의 유살수 조사를 72%가 5~10일 간격으로 실시하였고, 18%가 부정기적으로 조사하며, 나머지 10%는 조사를 실시하지 않는 것으로 나타났다. '성페로몬트랩의 유살수 조사를 농민 대신에 어디에서 담당하는 것이 좋은가?' 라는 물음에는

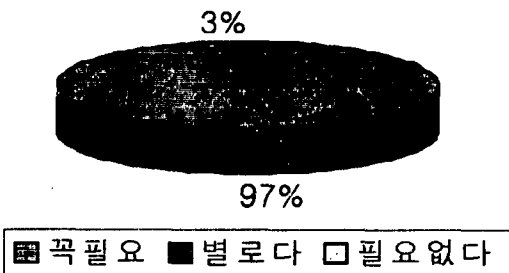
76%가 농업기술센터, 나머지는 농협과 원예(농금)조합이 좋다고 응답하였다. 만약에 성페로몬트랩 유살수 조사를 민간에 위탁하여 유료로 할 경우에 연간 지불할 수 있는 금액은 10, 20, 30만원이라고 응답한 농민은 각각 52, 27, 6% 이었고 15%는 지불할 수 없다고 하였다. 발생예찰용 성페로몬트랩의 조사결과 활용은 36%가 방제적기 추정, 31%가 방제여부 결정, 15%는 방제여부와 방제적기 결정이라 하였으며, 18%는 발생 종을 파악하는데 활용하는 등 모든 농민이 발생예찰 결과를 활용한다고 하였다. 성페로몬트랩 이용으로 연간 살충제 절감여부에 대해서는 1회와 2회 절감이 66%이었지만, 절감 못하는 경우도 25%이었고, 3%는 나방류 발생을 확인하므로서 오히려 살충제를 더 많이 살포한다고 하였다. 끝으로, '심식나방류의 성페로몬을 농약대신 방제를 위한 교미교란제로 개발하면 사용할 것인가?' 라는 물음에는 50%는 꼭 사용한다고 하였으며 45%는 농약보다 돈이 적게 든다면 사용하겠다고 하여 발생예찰 뿐만 아니라 교미교란에 대해서도 많은 관심을 보였다.

이상의 설문 결과를 종합해 볼 때 과수 해충의 중요한 예찰수단으로 성페로몬트랩을 인식하고, 필요성을 절감하였고 실제로 살충제 절감에 적극적으로 활용하였다. 그러나, 아직 일부 농가에서는 6종 나방류의 구분과 정기적인 유살수 조사를 힘들어하고 있어 앞으로 지속적인 성페로몬 교육과 해충구분 훈련이 필요하였다.

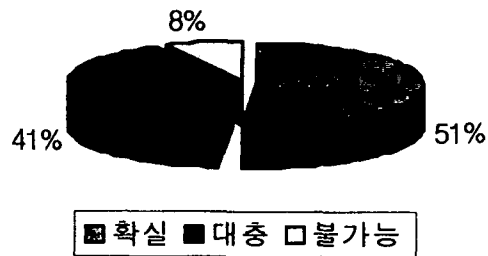
성페로몬에 대한 이해 정도

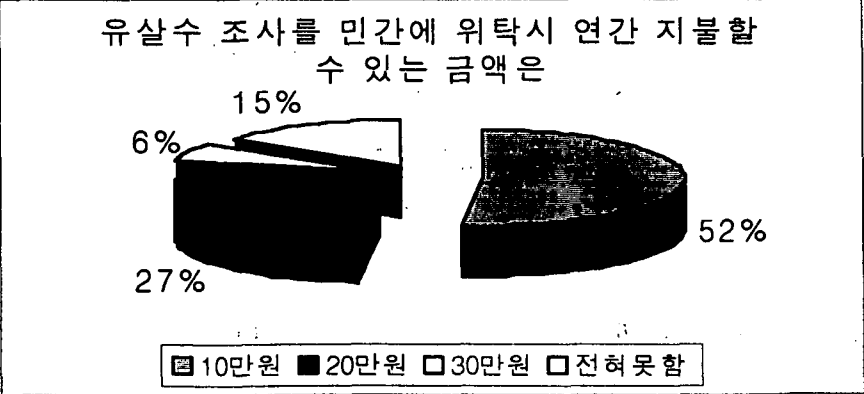
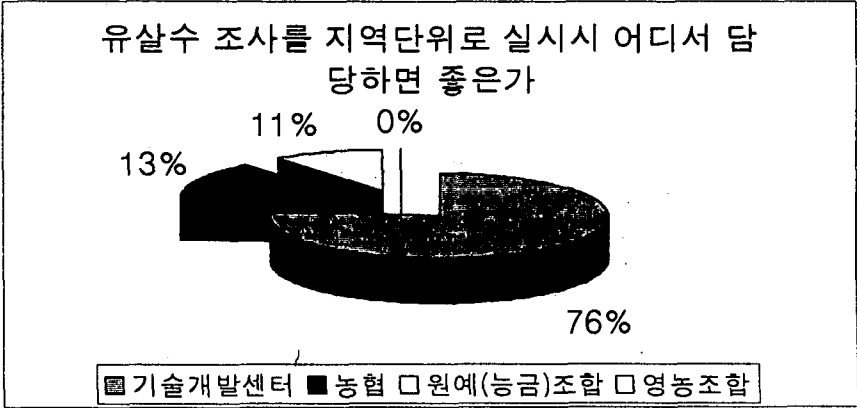
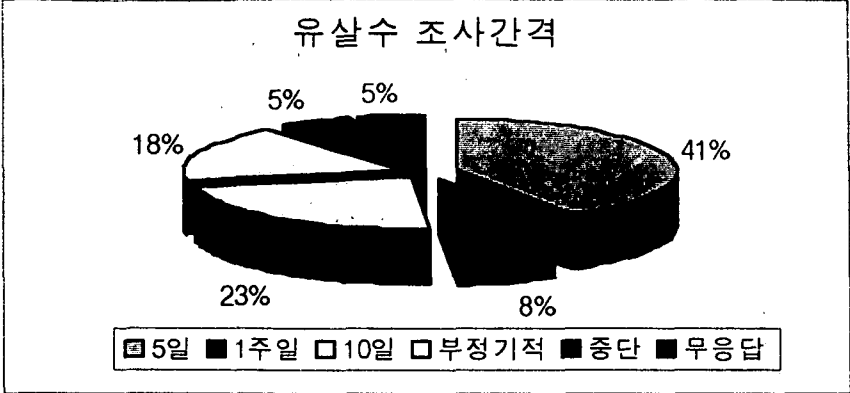


성페로몬 트랩의 발생예찰 필요성



5종 나방류 구분정도





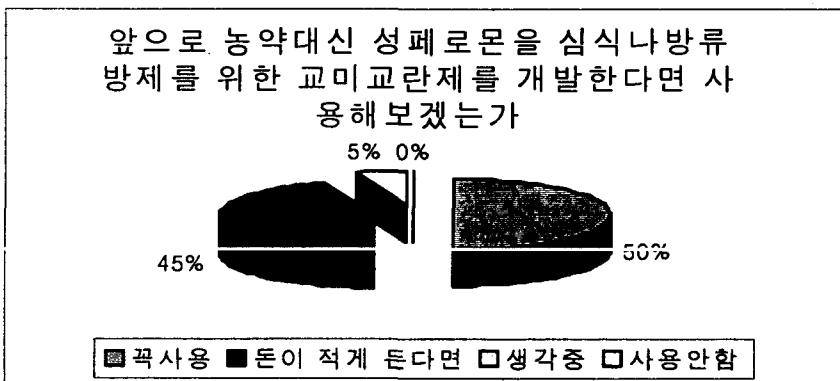
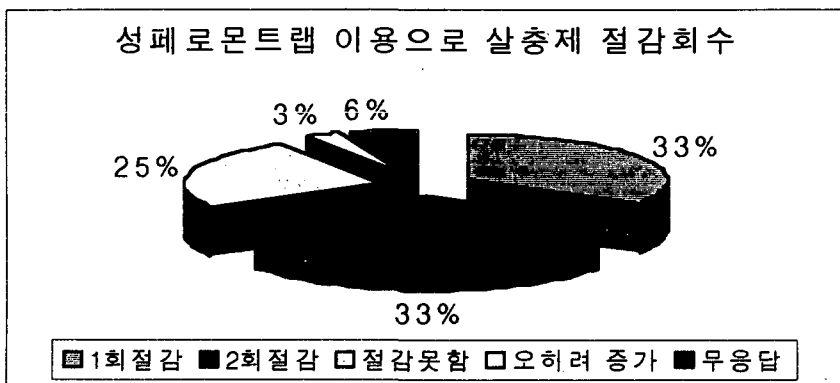
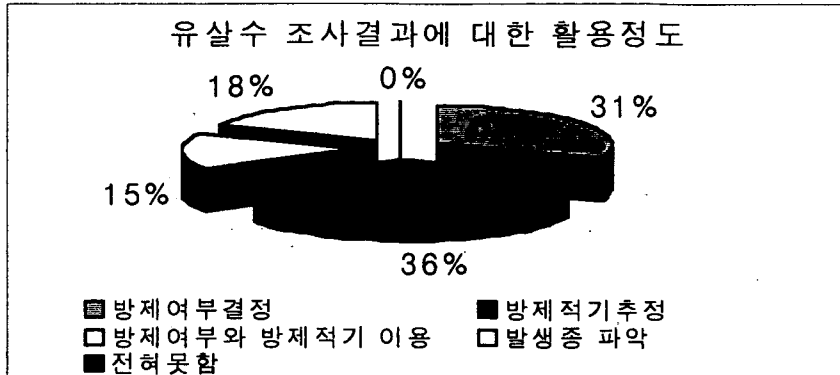


그림 27. 성페로몬트랩에 대한 설문조사 결과(1999)

표 12는 경북 5개 지역에서 성페로몬트랩 발생예찰 결과에 따라 방제를 실시하는 예찰방제원과 살충제를 살균제 살포 시에 혼용하여 정기적으로 살포하는 관행방제원을 대상으로 지역별 3개원의 농약(살충제와 응애약 구분) 살포회수를 비교한 것이다. 예찰방제원이 관행방제원에 비하여 연간 살충제는 2.4회, 응애약은 0.3회 정도 적게 살포하는 것으로 나타났다. 특히 컴퓨터를 이용하여 성페로몬트랩 발생예찰 결과를 입출력하는 예찰방제원은 다른 예찰방제원에 비해서 응애약을 포함한 살충제의 살포회수를 약 2회, 관행방제원에 비해서는 4.5회나 절감하였다.

표 12. 성페로몬트랩 이용 예찰방제원과 관행방제원의 농약살포회수 비교
(1999) (회/년)

| 지역 | 살충제 | | | 응애약 | | |
|-----|-------|--------|------------|-------|-------|------------|
| | 예찰방제원 | 관행방제원 | 컴퓨터이용예찰방제원 | 예찰방제원 | 관행방제원 | 컴퓨터이용예찰방제원 |
| 군 위 | 8.5 | 10.0 | - | 4.0 | 2.5 | - |
| 의 성 | 9.0 | 8.0 | | 3.0 | 4.0 | |
| 안 동 | 8.5 | 10.0 | | 3.0 | 4.0 | |
| 청 송 | 5.7 | 11.5 | | 2.7 | 4.0 | |
| 영 천 | 6.7 | 11.0 | | 4.0 | 3.5 | |
| 평 균 | (7.7) | (10.1) | | (6.5) | (3.3) | |

2000년에 대구사과연구소 병해충 발생예찰 조사대상인 6개 지역의 사과원 중 성페로몬트랩을 이용하여 발생예찰을 성실하게 수행하는 예찰방제원과 성페로몬트랩을 설치하였음에도 스스로 발생예찰을 실시하지 않고 정기적으로 농약을 살포하는 관행방제원에서 응애약을 포함한 살충제의 살포횟수와 나방

류의 피해 및 응애류와 조팝나무진딧물의 발생정도를 비교하였다(표 13).

표 13. 성페로몬트랩 이용 예찰방제원과 관행방제원의 해충 피해 및 발생 비교(2000)

| 구분 | 지역 | 살충제 살포회수 (회/년) | 피해과율 또는 피해엽율(%) | | | 최고밀도 (5-10월, 마리/100엽, 40신초) | | |
|-------|------|----------------|-----------------|---------|--------|-----------------------------|---------|----------|
| | | | 심식 나방류 | 잎말이 나방류 | 굴나방류 | 점박이 응애 | 사과응애 | 조팝나무 진딧물 |
| 예찰방제원 | 군 위 | 9 | 0.3 | 0.2 | 0.8 | 172 | 8 | 382 |
| | 의 성 | 11 | 0 | 0 | 0.4 | 82 | 69 | 68 |
| | 안 동 | 11 | 0.06 | 0 | 1.7 | 301 | 1 | 220 |
| | 청 송 | 11 | 0 | 0 | 8.4 | 52 | 535 | 92 |
| | 영 천 | 12 | 0 | 0 | 1.1 | 1,610 | 12 | 794 |
| | 영 주* | 5 | 0.2 | 0.3 | 2.2 | 4 | 43 | 241 |
| | (평균) | (9.8) | (0.09) | (0.08) | (2.43) | (370.2) | (111.3) | (299.5) |
| 관행방제원 | 군 위 | 13 | 1.2 | 0 | 2.3 | 680 | 376 | 45 |
| | 의 성 | 13 | 0.9 | 0.2 | 10.1 | 0 | 44 | 1,243 |
| | 안 동 | 12 | 0.4 | 0.4 | 0.2 | 162 | 33 | 1,348 |
| | 청 송 | 12 | 1.9 | 0.6 | 3.9 | 69 | 391 | 1,065 |
| | 경 천 | 13 | 0.2 | 0.3 | 2.9 | 257 | 4 | 940 |
| | 영 주 | 14 | 0 | 0 | 3.1 | 0 | 705 | 656 |
| | (평균) | (12.8) | (0.77) | (0.25) | (3.75) | (194.7) | (258.8) | (882.8) |

* 영주 예찰방제원은 성페로몬 교미교란제 처리원임

살충제 살포회수는 예찰방제원이 관행방제원에 비하여 연간 3회 정도 적었다. 그러나, 과실 또는 잎을 가해하는 나방류의 평균 피해과(엽)율과 사과응애나 조팝나무진딧물과 같이 잎가해 해충의 발생도 예찰방제구가 관행방제구보다 낮은 경향이였다. 다만, 점박이응애는 예찰방제원에서 많았는데, 이는 영천의 예찰방제원이 천적을 이용한 생물적방제를 기대하면서, 응애약을 적기에 살포하지 못했기 때문이였다. 이상의 결과로 볼 때, 성페로몬트랩의 발생예찰을 성실하게 수행한다면 방제효율도 높이고 살충제도 3~4회 이상 절감할 수 있음이 입증되였다.

나방류 성페로몬트랩 발생예찰이 사과 재배농민들로부터 호응을 받고 널리 실용화되기 위해서는 무엇보다도 경제적 이익이 수반되어야 한다. 표 14에서 보듯이 성페로몬트랩 이용 예찰방제원에서는 발생예찰에 의한 자가노력 인건비와 트랩 비용으로 농약을 정기적으로 살포하는 관행방제원에 비하여 204,490원의 비용이 증가된다(현재는 농촌진흥청에서 친환경농업 시범사업으로 트랩은 정부에서 무상 지원하고 있다). 반면에 예찰방제원에서는 농약대중 살충제 3회 정도의 절감비용 240,398원과, 심식나방류와 잎말이나방류의 피해 경감에 따른 과실 0.85%의 수량증대에 의한 228,327원의 이익이 발생한다. 따라서, 성페로몬트랩 예찰방제원에서 관행방제원 대비 연간 264,235원의 소득증대 효과가 있다(트랩을 제공받을 경우 468,725원임). 그러나, 성페로몬트랩 발생예찰을 실시하는 사과 재배농민들은 이러한 직접적인 효과보다는 전반적인 농약절감 노력을 통해 국립농산물품질관리원으로부터 '저농약품질인증'을 받음으로서, 사과 가격을 관행재배농민들이 받는 1,110원/kg보다 훨씬 높은 1,500원/kg 정도를 받고 있다. 이로 인한 추가 소득증대는 ha에 9,438,000원이 되기 때문에, 사과원에서 나방류 성페로몬트랩 발생예찰은 크게 확산되어 가는 추세이다

표 14. 나방류 성페로몬트랩 발생예찰에 의한 사과재배상의 경제성분석

(기준 : 2000년/ha)

| 비용적 요소(A) | 수익적 요소(B) |
|---|---|
| ○ 증가되는 비용 - 발생예찰 인건비: 30회 $5,449\text{원} \times 1/3\text{시간} \times 30\text{회} = 54,490\text{원}$ - 트랩 6중세트 재료비: $150,000\text{원}$ | ○ 감소되는 비용* - 농약대(살균제, 살충제 각12회 중 살충제 3회) $1,923,180\text{원} \times 3/24 = 240,398\text{원}$ ○ 증가되는 수익부분 - 과실 피해감소에 의한 수량증대 0.85%(표 12) $24,200\text{kg} \times 1,110\text{원} \times 0.0085 = 228,327\text{원}$ - 과실 안전성 향상: α^{**} |
| ○ 예상수익(B-A): $(240,398 + 228,327 + \alpha) - (54,490 + 150,000) = 264,235\text{원} + \alpha$ | |

* 농약살포에 따른 인건비는 산정하지 않음

** 저농약 품질인증에 따른 과실 안전성 향상(α)으로 판매단가가 1,100원/kg에서 1,500원/kg으로 높아질 경우는 9,438,000원/ha($24,200\text{kg} \times (1,500 - 1110\text{원/kg})$)의 추가 소득증대효과가 있음(참고자료 : 농촌진흥청 2000농축산물소득자료집 60쪽)

제 4 절. 결 론

성페로몬 트랩의 발생예찰 효율향상 시현으로서, 트랩의 사과원내 설치위치, 트랩의 종류, 사과나무에의 트랩 설치높이 및 외국 제품과 국내 제품의 대상 나방류 유살수 차이 등을 비교하고 트랩의 색깔에 따른 익충이나 비대상곤충의 유살수 차이도 조사하여 발생예찰 방법의 기준으로 설정하였다.

성페로몬을 이용한 발생예찰과 이를 근거로 한 방제체계의 실제로 사과원

에서 문제되는 나방류 6종(복숭아순나방, 복숭아심식나방, 사과애모무늬잎말이나방, 사과무늬잎말이나방, 사과굴나방, 은무늬굴나방)의 해충들에 대한 발생예찰 성페로몬 트랩을 1997년부터 2001년 동안 주산단지 사과원에 보급하여, 이들의 시기별 발생밀도와 과실의 피해정도 및 농민의 성페로몬 트랩 활용 의견과 방제실태를 조사하였다. 또한 해충 발생량에 대한 정보를 공유하고 해석할 수 있도록 발생예찰 결과 입력프로그램을 전산망을 통해 운영하여 1996~1999년에는 농림수산정보센터의 PC통신 동호회 체계를, 1997~1999년에는 개인 컴퓨터용 소프트웨어 입출력 체계를, 2000년부터는 인터넷 사과사랑동호회 홈페이지를 통한 입출력 체계를 개발하여 운용하였고 방제여부 판단과 방제적기 산정 프로그램을 보급하였다. 그 결과, 1993년 관행방제 사과원의 평균 농약살포 회수는 살충제 10.3회, 용애약 4.5회였으나, 1999년 성페로몬 트랩 이용 예찰방제 사과원에서는 살충제 7.5회, 용애약 3.5회로 감소하여 방제효율도 높이고 살충제도 3~4회 이상 절감할 수 있음이 입증되었다.

단 복숭아명나방 경우, 사과원에서 발생정도가 적어 농가단위에서 상시적인 예찰을 하기보다는 연구기관 단위에서 예찰을 실시하는 것이 적절할 것으로 판단되고 오히려 밤, 단감과 매실 등에서, 지속적인 발생예찰에 유용할 것으로 기대되었다.

성페로몬 트랩을 이용하여 발생예찰을 실시할 경우의 방제효율 향상과 농약절감 실태를 조사한 결과 사과 재배농민 97%가 성페로몬 트랩을 이용한 발생예찰의 필요성을 인정하였으며, 성페로몬 트랩 이용 목적은 방제적기 결정 51.1, 방제여부 파악 33.3, 발생 종 확인 15.6% 순이었고, 농약 절감실태에 대해서는 1회와 2회 절감이 66%였다. 이상의 설문 결과를 종합해 볼 때 과수 해충의 중요한 예찰수단으로 성페로몬트랩을 인식하고, 필요성을 절감하였고 실제로 살충제 절감에 적극적으로 활용하였다. 그러나, 아직 일부 농가에서는 6종 나방류의 구분과 정기적인 유살수 조사를 힘들어하고 있어 앞으로 계속

적인 성페로몬 이용에 대한 교육과 해충구분 훈련이 필요하다.

성페로몬을 이용한 발생예찰은 농가 소득증대에도 기여하여, 예찰방제농가의 경우, 농약대중 살충제 3회 정도의 절감비용 240,398원과, 심식나방류와 잎말이나방류의 피해 경감에 따른 과실 0.85%의 수량증대에 의한 228,327원의 이익이 발생하였다. 따라서, 성페로몬트랩 예찰방제원에서 관행방제원 대비 연간 264,235원의 소득증대 효과가 있다(트랩을 제공받을 경우 468,725원임). 그러나, 성페로몬트랩 발생예찰을 실시하는 사과 재배농민들은 이러한 직접적인 효과보다는 전반적인 농약절감 노력을 통해 국립농산물품질관리원으로부터 '저농약품질인증'을 받음으로서, 사과 가격을 관행재배농민들이 받는 1,110원/kg보다 훨씬 높은 1,500원/kg 정도를 받고 있어 이로 인한 추가 소득증대는 ha에 9,438,000원이 되기 때문에, 사과원에서 나방류 성페로몬트랩 발생예찰은 크게 확산되어 가는 추세이다.

인용문헌

- 고현관, 이정운, 이순원, 강석구, 박정민. 1983. 성페로몬에 의한 복숭아심식나방의 발생조사. 농시보고 25 : 132-135.
- 박규택, 최광열, 백종철, 한상찬. 1977. 사과나무의 나방류 해충. 한국식물보호학회지 16(1) : 33-39.
- 이순원, 김석환, 임명순, 이문홍, 현재선. 1985A. 사과원 관리 및 품종에 따른 사과굴나방의 피해와 기생을 변동. 한국식물보호학회지 24(3) : 157-162.
- 이순원, 김인수, 김정환, 이문홍, 현재선. 1985B. 사과굴나방 및 그 기생봉류의

- 발생소장과 가해엽위. 한국식물보호학회지 24(3) : 151-156.
- 이순원, 김동아, 이동혁, 최경희, 류언하. 1996. 사과 주산지 병해충 발생 및 환경 조사. 원예연구소 보고서 743-752.
- 이순원, 서상재, 김동아, 최경희, 이동혁, 류언하. 1996. 사과원의 병해충 방제 실태 및 방제의견 조사 연구. 농업논문집 38(1) : 545-552.
- 이순원, 이동혁, 김동아, 최경희, 김호열. 1999. 사과 병해충 종합관리 길잡이. 농촌진흥청 원예연구소 대구사과연구소. Env. 8. 214pp.
- 이순원, 이문홍, 최귀문, 현재선, 임명순. 1994. 농약살포가 사과나무의 주요해충 및 천적의 발생에 미치는 영향. 농업논문집 36(2) : 383-394.
- 이순원, 최경희, 이동혁, 김동아, 김동순, 양창열, 전홍용, 김호열, 임명순, 이정운. 2000. 과수원 나방류 성페로몬 사용 길잡이. 원예연구소 51pp.
- 이순원, 현재선, 박중수. 1984. 복숭아심식나방 월동유충의 발육에 관한 연구. 한국식물보호학회지 23(1) : 42-48.
- 최경희, 이순원, 권기면, 류하경, 이동혁, 김동아, 양상진, 류언하. 1997. 성페로몬을 이용한 사과 해충 발생예찰. 농촌진흥청 원예연구소 대구사과연구소. Env. 3. 6pp.
- 日本植物防疫協會. 1993. 性フェロモン劑等使用の手引(성페로몬제 사용방법). 86pp.
- Carde, R.T. and A.K. Minks. 1995. Control of moth pests by mating disruption: Successes and Constraints. Annu. Rev. Entomol. 40:559-85.
- Howse, P., I. Stevens and O. Jones. 1998. Insect pheromones and their use in pest management. Chapman & Hall. 369pp.
- Knight, A. 1999. Using traps and lures in pheromone-treated orchards. Good Fruit Grower(April 1) Vol.50(7): 45-51.
- Riedl, H., J.F. Howell, P.S. McNally and P.H. Westigard. 1986. Codling

- moth management: Use and standardization of pheromone trapping systems. Agr. Expt. Sta. Univ. of California. Bulletin 1918. 23pp.
- Thwaite, W.G. 1997. Australia's progress in apple IPM. NSW Agriculture technical Bulletin 48. 34pp.
- Univ. of California. 1991. *Integrated pest management for apples & pears.* 214pp.
- Warner, G. 1998. Pest control will be less crisis driven in future. *Good Fruit Grower*(December) Vol.49(17): 14-18.
- Washington State Univ. 1996. *Crop protection guide for tree fruits in Washington.* 91pp.

제 8 장. 성페로몬을 이용한 교미교란방제 실증 시험

제 1 절. 서 설

성페로몬 교미교란 방제는 해충의 합성 성페로몬을 방출기(그림 1과 2)에 넣어 과수원에 설치하여 서서히 방출되어 나오게 하므로서, 수컷 성충이 진짜 암컷 성충을 탐색·발견하지 못하도록 하여 교미를 저해하고 수정율을 떨어뜨려서 결국 대상 해충의 번식을 방해하므로서 방제효과를 나타내는 것이다. 교미교란 방제 방법에는 두 가지 이상 물질로 구성된 성페로몬 성분을 모두 사용하는 경우, 일부의 성페로몬 성분만을 사용하는 경우 또는 성페로몬은 아니지만 교미교란 작용을 가진 물질을 사용하는 경우로 나뉜다. 합성 성페로몬이 해충의 발생 전 기간에 걸쳐 지속적으로 방출되도록 사용하는 방출기는 속이 빈 섬유, 2중 플라스틱, 마이크로 캡슐, 폴리에틸렌 튜브나 주머니 등이 개발되어 사용된다(岡崎, 1999).

교미교란이 방제 효과를 나타내는 작용 메카니즘은 여러 가지 이론이 제시되고 있다. 첫째, 합성페로몬이 포장에 계속 방출될 경우에 이를 감지하는 곤충의 수용세포나 중추신경이 연속적인 자극을 받아서, 진짜 암컷의 페로몬에 대한 반응수준이 올라가거나 전혀 반응할 수 없게 된다. 둘째, 암컷이 부르기 전에 합성페로몬이 지속적으로 방출되어 이에 수컷이 반응을 하게 되면, 나중에 진짜 암컷이 페로몬을 방출할 때는 수컷의 반응이 떨어지게 된다. 셋째, 진짜 암컷이 내는 페로몬의 방출 흐름과 합성페로몬의 방출 흐름이 달라서, 수컷이 교미를

하기 위하여 나는 행동이 달라지게 되어 암컷의 위치를 파악하는 능력을 변화시킨다. 넷째, 어느 정도 떨어진 거리에서 암컷이 내는 페로몬이 방출될 경우, 가까운 거리에서 방출되는 합성페로몬 때문에 암컷이 내는 페로몬의 방향을 혼동하여 암컷을 찾아갈 수 없게 된다. 다섯째, 두 성분 이상의 페로몬을 이용하는 해충의 경우에, 일부 합성페로몬 성분만을 다량으로 사용하면 페로몬 성분의 구성비율이 달라져 정상적인 반응을 할 수 없게 된다. 그러나, 위에 제시된 이론 중 어떤 것이 얼마나 교미교란 작용에 영향을 주는 지를 포장에서 구분해서 시험하기가 불가능하므로 정확한 작용 메카니즘 구명이 곤란하다(Cardé와 Minks, 1995).

살충제의 방제효과는 해충이 약제방제에 가장 약한 발육시기에 치사량을 살포하여 충체에 접촉하거나 소화중독 또는 일부 침투작용을 통해 나타난다. 대부분의 나방류는 알이나 1령 유충기가 이에 해당되는데, 방제의 성공여부는 현장 조사 또는 성페로몬트랩을 이용한 나방류 발생 실태를 조사하여 알 또는 부화시기를 잘 파악하는데 있다. 과실을 가해하는 심식충류는 알에서 부화직후 유충이 과실 속으로 들어가므로 방제 적기의 폭이 아주 좁아서 실패할 위험성이 높으므로 발생기간 중 살충제를 정기적으로 과다 살포하게 된다. 또한, 현재 가장 널리 사용하는 유기합성 살충제(유기인계, 카바메이트계, 합성제충국제)는 광범위한 살충작용이 있어 목표 해충뿐 아니라 중요한 천적 등 익충도 무차별하게 죽이게 된다. 그러나, 얼마 후 목표 해충이 살충제에 저항성을 갖게 되어 방제효과가 낮아지면, 천적이 전혀 없기 때문에 이들 해충의 밀도가 급격히 증가하는 문제점이 나타난다(Howse *et al.*, 1998).

이런 문제점들을 극복하기 위하여 새로운 살충제를 개발하지만, 몇 년 내에 지금까지 30여년 이상 똑같은 과정이 반복되고 있다. 최근에는 친환경농업의 확산과 좀더 안전한 농약과 고품질의 농산물이 요구되고 있는 실정이다. 더욱이, 1999년에 미국에서는 식품품질보호법(FQPA)이 발효되어 기존 관

행 살충제에 대한 재등록이 실시되므로써 지금까지 사용하던 유기인계 살충제 사용이 극히 제한될 위기에 처해있고, 또한 새로운 광범위 살충제 등록이 어렵게 되어있다. 우리나라도 점차 기존의 광범위한 유기합성 살충제 사용과 새로운 살충제 등록에 많은 제약을 받을 전망이다(Warner, 1998).

이에, 성페로몬을 이용한 교미교란 방제는 문제해충의 방제를 가능케 할 뿐 아니라 상기와 같은 살충제의 생태계 파괴적인 악순환 고리를 차단할 수 있는 새로운 개념의 해충 방제 대책으로 급부상되고 있다. 특히, 친환경 농업으로 추진하고 있는 병해충 종합관리(IPM)와 과실종합생산(IFP) 체계에 있어서, 성페로몬을 이용한 교미교란 방제는 농약을 획기적으로 절감하고 응애류의 생물적방제를 가능케 하는 핵심기술로 이용되고 있다. 미국, 캐나다, 유럽연합, 호주, 뉴질랜드는 물론 일본에서도 성페로몬이 과수의 심식나방류와 잎말이나방류의 방제제로 등록되어 사용되고 있다(Riedl *et al.* 1986; 신월화학, 1999). 또한, 성페로몬 방출기를 나무에 매 다는 작업은 아주 단순하고 시간이 많이 소요되지 않는다. 특히, 성페로몬은 사람에게 전혀 영향이 없으므로 언제라도 과수원 작업이 가능하지만, 유기합성 살충제는 영향이 커서 살포 후 일정기간 과수원 작업을 해서는 안 된다. 예로, 미국에서는 코드링나방 방제를 위하여 낙화 후 유기인계를 18일 간격으로 살포할 경우 과수원에서 작업을 할 수 있는 날이 제한되어 5-6월에 적과작업을 효율적으로 수행할 수 없는 문제가 심각하다(Shin-Etsu, 2000; Warner, 1998).

본 시험에서는 우리나라 사과원에서 나방류에 대한 성페로몬 교미교란 방제 가능성을 검증하고, 농약절감을 위한 효율적인 사용방법을 구명하기 위하여, 사과굴나방에 대한 교미교란 시험을 실시하였으며 또한 과제 목표 외에 추가로 사과 과실을 가해하여 경제성을 직접적으로 감소시키는 심식충류인 복숭아순나방, 복숭아심식나방과 과실 표면을 가해하는 사과에모무늬잎말이나방이 실질적으로 해충 방제에 중요하였기에, 이들 해충을 대상으로 교미교

란 시험은 실시하여 교미교란 방제 가능성을 검증하였고 향후 방향성을 제시하였다.

제 2 절. 연구사례

성페로몬은 작물 뿐 아니라 사람과 환경에 해가 없으며, 종 특이성이 있어서 천적에도 영향을 주지 않는다. 해충 방제를 위해 성페로몬을 사용하므로서 광범위한 살충제 살포회수를 크게 줄인다면, 목표로 하는 해충의 천적 뿐 아니라, 용애·진딧물류와 같은 2차 해충의 천적도 증가하게 되어 추가로 이들을 방제하기 위해 사용하던 농약을 줄일 수 있다. 성페로몬 교미교란 방제는 지금까지 10년 이상을 동일 포장에서 계속 사용할 때에도 해충의 저항성 문제가 발생하지 않고 있으며 지속적으로 방제효과를 나타내고 있다.

그러나, 성페로몬의 교미교란 방제는 고려해야 하고 주의해야 할 전제조건들도 적지 않다. 제품의 성페로몬 성분이 일정하게 얼마나 잘 방출되고 오래 지속되느냐, 얼마나 분해되는 것이 보호되느냐, 효과가 있는 한계농도가 얼마이나 등에 따라서 방제효과가 크게 달라진다. 주성분이 화학적으로 동일할 경우는 효과에 영향을 미치는 것은 미세 성분일 수 있어서, 제품간에 교미교란 효과에 차이가 클 수 있다. 교미교란 방제 효과에 영향을 주는 중요한 요인의 하나는 이미 교미한 암컷이 다른 곳에서 날아오느냐의 문제이다. 교미교란 방제는 교미교란제가 처리되지 않은 다른 지역(포장)에서 교미한 암컷이 날라 들어오는 것을 막을 수 없다. 따라서, 대상으로 하는 해충의 발생동태를 과수원 뿐 아니라 주변까지도 철저히 파악하는 것이 성패의 관건이다.

해충의 개체군 밀도와 교미교란 효율성의 관계를 구명하는 것이 다음으로 중요하다. 개체군 밀도가 아주 높으면 암수의 짝짓기는 평균 이동거리가 짧

아저서 쉽게 이루어진다. 가까운 거리에서는 암수가 서로 보고 감촉으로 느끼며 일부 종에서는 청각으로도 알아볼 수 있다. 따라서, 해충 밀도가 높으면 교미교란 방제효과를 기대하기가 어렵다. 해충이 일년에 몇 회 발생하는 지도 교미교란 방제효과에 영향을 주는데, 연간 발생회수가 많을수록 방제효과가 떨어진다는 보고가 적지 않다(Howse *et al.* 1998).

다음은 Cardé and Minks(1995)가 사과의 나방류에 대한 교미교란 방제 사례를 기술한 내용을 요약한 것이다.

① 코드링나방

코드링나방의 1차 기주는 사과이지만, 기후나 먹이조건에 쉽게 적응하여 배, 복숭아, 살구, 호두 등도 쉽게 가해한다. 유럽, 남북아메리카, 남아프리카, 호주 등의 사과와 배에 주요 해충이고, 광범위 살충제를 사용하여 이를 방제 하므로써 익충의 밀도를 격감시켜 잎응애류의 다발생 문제를 야기시켰다. 1973년에 최초의 교미교란 시험이 집약적으로 수행되어 지금까지도 계속되고 있는데 이는 코드링나방이 경제적으로 매우 중요하고 선택적인 방제 필요성이 시급하기 때문이다. 미국, 캐나다, 서유럽, 호주, 뉴질랜드 등 각지에서 교미교란 시험이 실시되었으나 결과는 일정하지 않았다. 초기 발생 밀도가 낮고 교미교란제가 천연 페로몬 성분과 거의 같을 경우에만 성공적인 경향을 보였다.

Charmillot(1990)은 코드링나방 교미교란 성공조건으로 “① 과수원이 독립되어 있고 3ha보다 적지 않아야 한다. ② 외부의 발생원과 최소한 100m 이상 격리되어야 하고, 처리 과수원 주변에는 방출기를 2중으로 설치해야 한다. ③ 교미교란 처리와 살충제 처리를 비교 시는 40-50m 정도의 완충지대를 두어야 한다. ④ 처리 과수원은 수고가 2.5m 이하의 균일한 왜성 사과원이어야 한다. ⑤ 초기 발생밀도가 1주에 월동유충이 2-3마리 이하여야 처리 첫해에

경제적 피해수준을 넘지 않는다.”고 하는 전제조건을 제시한 바 있다.

1987년에는 방출기로 두 개의 병모양 플라스틱 용기가 사용되었는데, 한쪽에는 코드링나방, 다른 쪽에는 우점 잎말이나방 페로몬을 담았다. 이 제품은 손으로 달도록 고안되어 유럽 여러 나라에서 시험이 확대되었다. 1989-1991년에 네델란드 사과원 6ha에서 실시된 결과는 경제적 피해수준인 1% 미만의 피해를 가져왔다. 그러나, 스위스, 프랑스 등지에서는 초기 발생밀도가 많거나 방출량이 충분치 못해서 결과가 만족스럽지 못하였다. 오스트리아에서는 교미교란이 대성공을 거두어 400ha까지 확대되었다. 이탈리아 남티롤 지방에서는 1989-1991년에 20ha에서 성공을 거두어, 1991년에는 인근 40여 농가 110ha, 1992년에는 600ha, 1993년에는 1,200ha, 1994년에는 2,000ha까지 확대되었다(2001년에는 총재배면적 17,000ha중 80% 이상에서 교미교란 방제를 실시하고 있다).

1986년 미국 서부 워싱턴주에서는 로프형 방출기 제품이 시험되었다. 길이 20cm의 폴리에틸렌이고 속에 페로몬을 넣고 양끝을 봉합하였다. 1991년까지의 시험결과 피해를 67-92% 정도 감소시켰다. 이는 대부분 피해과율이 0.5% 이하로서 경제적 피해수준 이하였으나, 일부 피해가 높은 경우는 주변에 코드링나방 발생이 많은 과수원이 있거나 방출기를 너무 적게 설치한 때문이었다. 그 외에 버지니아주의 사과원과 캘리포니아 배 과수원에서 바람직한 결과가 보고되었다. 이들로부터 성공을 위한 조건으로 ① 교미한 암컷이 이입해 들어올 수 없도록 격리된 곳, ② 나방류 개체군의 발생 수준을 미리 알고 있는 곳, ③ 다른 방제 수단으로부터 혼동이 없는 곳, ④ 같은 장소에서 수년간 지속적으로 실시 등 4가지가 제시되었다. 꼬는 로프제품은 1991년에 미국에서 1ha에 1,000개씩 2회 처리하는 것으로 상업적 사용을 위한 등록이 되었다. 1991년에 800ha, 1992년에 2,750ha, 1993년에 4,000ha까지 워싱턴주와 캘리포니아주에서 사용되었다. 1998년에는 전체 면적의 약 20%인 16,000정보 이

상 사과·배 과수원에서 사용되었다. 그러나, 등록된 농도에서 방제가 언제나 만족스러운 것은 아니어서 일부 과수원에서는 보완 살충제 살포를 실시한다. 페로몬 방출이 저온조건에서 너무 적기 때문에, 효율을 높이려면 설치 수를 늘리거나, 저온에서는 방출량을 좀더 많이 하기 위하여 방출기를 개선해야 한다.

교미교란 방제에 제한을 주는 것은 초기 발생밀도가 낮아야 한다는 것과 격리정도가 커야 한다는 것인데, 대부분의 과수 지대는 이 조건을 충족시키기 쉽지 않다. 성공 확률이 높은 곳은 중간정도의 온도조건을 갖는 곳으로서 코드링나방 발생이 연1~2회인 지대이다. 교미교란 방법을 사용하기 위한 가장 좋은 방안은 전지역을 포함하는 관리 체계가 실시되는 것일 수 있다. 교미교란 방제 비용은 최초에는 1정보에 380천원 정도였으나, 지금은 공급자간 경쟁 때문에 180천원으로 낮아졌다. 또한, Isomate C 제품은 초기에는 정보당 1,000개를 설치하였으나 지속적으로 대면적 처리를 실시하면서 방제효과가 좋아서 지금은 500개 정도만 설치하고 있다. 또한, 초기에는 살충제를 보완적으로 살포하였으나 지금은 페로몬 사용 농민의 14% 만이 살충제를 살포하고 있다.

코드링나방을 페로몬으로 방제 시 잎말이나방류와 밤나방류의 발생이 문제 되는 경우가 있는데, 이 때는 개화 전에 유기인제인 로스반(그로포)을, 6월 이후 온도가 21℃를 넘으면 미생물 살충제인 비티제를 1-2회 사용하여 방제하고 있다. 최근 로스반의 방제효과가 저하되어 봄철 저온기에 효과가 있는 스피노사드라는 새로운 저독성 살충제로 대체하여 효과를 보고 있으며 테부 페노자이드와 웨녹시카브가 등록되어 사용 가능하다. 앞으로 이들 나방류도 코드링나방과 동시에 방제할 수 있는 복합 페로몬 교미교란제를 개발하려는 노력을 하고 있다.

② 복숭아순나방

복숭아순나방은 중국 북서지방이 원산지이지만, 현재는 전세계 과수 재배 지대(아시아, 유럽, 남북아메리카, 북아프리카, 중동지방, 뉴질랜드, 호주)에 광범하게 분포한다. 특히 복숭아와 천도복숭아, 사과, 배 등의 주요 해충으로 유충이 신초와 과실에 구멍을 뚫고 들어가 가해하여 아주 낮은 밀도에서도 경제적 피해를 야기시킨다. 일반적으로 조생종 보다 만생종에서 피해가 많은데, 이는 개체군이 증가할 수 있는 기간이 길기 때문이다. 천적에 나쁜 영향을 주는 아진포(구사치온)와 같은 광범위 살충제의 사용으로도 방제하기가 쉽지 않다.

성페로몬은 3개 성분 (Z8-dodecenyl acetate : E8-dodecenyl acetate = 95 : 5 에 Z8-dodecen-1-ol 이 3-10% 함유)으로 구성된다. 호주와 미국의 시험 결과 복숭아순나방은 통신교란에 아주 민감함이 밝혀졌다. 처음에는 두 가지 아세테이트 성분만으로 교미교란을 했으나, 후에 보조성분인 알콜을 추가하므로써 교미교란에 필요한 페로몬 양을 절감할 수 있었다. 방출기는 1982-1989년에 프랑스에서 아세테이트 두 성분(9:1)을 75mg 씩 넣은 폴리에틸렌 튜브와 400-500mg을 넣은 중합체 병의 형태로 시판되었다. 교미교란 효과를 얻기 위해서는 1 ha면적에서 1시간에 20mg이 방출되어야 하였고, 이를 위해서는 1,000개의 방출튜브를 연 2회 설치해야 하였다. 반면, 플라스틱 병에 넣은 방출기는 1ha에 500개를 1회 설치하여도 발생기간 동안 방제가 가능하였다. 좀더 낮은 지대인 론계곡에서 시험한 결과가 더욱 성공적이어서 이후 상업적 개발을 부추기어 스페인, 이태리 등으로 확산되었고, 1992년에는 수천 정보의 면적에 처리되었다.

미국의 캘리포니아와 버지니아주에서는 페로몬 처리로 관행 살충제 살포시와 맞먹는 비용을 들여서 농약과 비슷하거나 또는 더 낮은 정도의 방제효과를 얻었다. 폴리에틸렌 튜브 방출기를 나무높이의 1/3 지점에 1,000개/ha를

설치하였는데 총량은 75g이다. 최초 설치는 봄철 1화기 발생 전에 하고, 2차는 90일 후에 설치하여 관행살충제 처리와 같거나 더 우수한 방제효과를 거두었다. 복숭아와 천도복숭아에서 1987년 600ha가 페로몬을 사용하였고, 1990년에는 4,000ha로 증가되었다. 중국(1988)과 브라질(1989)에서도 비슷한 사례가 있다.

가장 상업적 성공을 거둔 나라는 호주이다. 초기에 Vickers 등(1985)은 50ml의 유인제(아세테이트 + 알콜 3.8%)를 400ml의 원심분리기용 튜브에 넣어서 사용하였다. 이들을 한 나무에 4개씩 설치하여 1시간에 1ha에서 5mg씩이 방출되도록 하였다. 3년 간 25-40ha 규모의 시험결과, 교미교란 방제가 관행살충제와 비교하여 비용과 효과가 비슷하였다. 이로 인해 호주의 뉴사우스웨일즈와 빅토리아주에서 10,000ha 이상의 면적으로 확대되었다. 그러나, 일부 다른 지역에서는 효과가 저조하였는데, 이유는 복숭아순나방의 발생기간이 7개월로서 6세대가 발생하는데 이 기간 내내 충분한 양이 방출되지 않기 때문이라 하였다.

남아프리카에는 복숭아순나방이 최근 침입한 해충인데, 전년도에 피해가 많았던 1,200ha의 핵과류에 1991-1992년에 로프형 제품을 처리하여, 단1개의 피해도 없을 정도로 효과가 좋았다. 2년 동안 교미교란제 사용으로 대부분의 유기인제 살충제 저항성 개체군의 발생을 해결할 수 있었다. 이들 시험은 교미교란이 관행살충제와 거의 같거나 보다 우수한 방제효과를 보인다는 것을 입증하였다.

③ 잎말이나방류

잎말이나방류는 미국 북부와 유럽 북서지방에서 사과와 문해해충인데 몇 종이 혼합되어 과실에 피해를 준다. 이들 잎말이나방류에 공통인 성분의 페로몬 제품이 교미교란 효과를 주는 사례이다. 미국에서 교미교란 처리 시 트

랩 유살수가 3종에서 각각 97, 51, 55% 감소되었고, 과실 피해는 포장의 내부에서 3.8%, 외부 바깥쪽에서 2.8%였고, 관행살충제 방제구는 0.05%, 무방제구는 27.5%였다. 좀더 페로몬 성분을 개선하였을 때는 교미교란 처리시 포장의 내부에서 0.3-1.7%, 외부 바깥쪽에서 0.3-2.3%였고, 관행살충제 방제구는 0-1.1%, 무방제구는 18%였다. 그러나, 후자의 교미교란 처리시 트랩유살수는 전자의 시험에 비해 감소되지 않으므로써, 현재까지도 이들 잎말이나방류 교미교란 처리가 일반 농가에서 실용화되지 않고 있다.

스위스에서는 1979-1988년에 애모무늬잎말이나방(*A. orana*)에 대한 시험이 48ha에서 수행되었다. 단일성분 페로몬이 애모무늬잎말이나방 뿐아니라 다른 3종 잎말이나방에도 영향을 주었다. 대조 포장에 비해 교미교란 처리시 대부분 포장에서 과실피해가 경제성이 있었으나, 1989년 시험이 끝난 다음해 봄에는 예방적인 살충제 살포가 필요하였다. 네델란드는 잎말이나방 피해가 보통 수준인데, 1989-1991년 시험결과 교미교란 처리는 선택성 살충제 인체가 처리와 경제적으로 같은 효과를 보였고, 이로 인해 이웃한 국가들로 확대되어 효과를 거두었다. 그러나, 유럽 남부에서는 경제적인 피해수준의 효과를 보이지 않았다. 프랑스 론계곡에서는 1988년 시험 첫해는 8월에 피해가 1.4%로서 살충제 추가 살포가 필요하였으나, 다음 3년 간은 교미교란 처리가 충분한 방제효과를 보였다. 북부 이태리 지방의 5년 간(1987-1991) 시험도 비슷한 결과를 보였다. 첫해 시험에서는 피해가 너무 높아서 살충제 보완살포가 필연적이었으나, 1990년부터는 교미교란 처리만으로 만족한 효과를 얻었다.

④ 일본의 사과 나방류 해충

후쿠시마현에서는 친환경농업의 일환으로 농약과 화학비료를 적정 사용하고 절감하는 기술을 검토하였다. 현과수시험장에서는 여러 해 동안 성페로몬을 이용한 해충방제 기술개발에 몰두해 왔으며, 1996년 여러 종의 나비목 해

충을 동시에 방제하는 사과용 복합교미교란제를 농약으로 등록하였다. 이에 따라 기존 살충제를 크게 절감하고 천적을 보호·이용하는 새로운 해충방제 체계를 수행하게 되었다. 이 방제기술은 지금까지 살충제에 의한 천적상 파괴, 해충의 반전현상(재격발: 리서전스), 저항성 계통 출현 등의 부작용을 완화시키려는 목적도 포함하고 있다.

사과용 복합 교미교란제(콤포자A: 그림 2)는 사과굴나방, 복숭아순나방, 복숭아심식나방, 잎말이나방류를 동시에 방제할 수가 있으며, 한번 설치로 생육 기간 동안 효과를 볼 수 있다. 사과의 해충방제 체계는 복합 교미교란제를 이용함에 따라 살충제 살포량을 현재보다 절반으로 하고, 보완적으로 사용하는 약제는 응애류의 천적인 이리응애류에 영향을 적게 주는 것으로 선택하였다. 복합 교미교란제는 잎말이나방류의 월동세대 성충이 우화하기 전(5월 중순)에 10a에 약 100본의 방출기를 눈높이의 가지에 설치한다. 또한, 바람이 강하게 부는 사과원 주변부에는 페로몬 농도가 저하되기 쉬우므로 주변부 약 5m 폭에 있는 나무에는 중앙부보다 3배량을 설치하여, 페로몬의 농도 부족을 야기하지 않게 하는 배려가 있어야 한다. 처리면적이 넓을수록 안정된 효과를 얻으므로 지역 전체 농가에서 실시하는 것이 바람직하다.

페로몬 방제체계의 실천에는 지역 내에 이들 해충의 상습다발생 포장이나 방임원 등이 없을 것이 전제조건이다. 살충제를 절감하는 시기는 5월 하순, 6월 상순, 6월 하순, 7월 중순 및 8월 하순 이후이다. 대상해충에 대한 보완 방제가 필요할 경우, 사과굴나방은 제1세대 성충의 발생최성기(6월 중순)에 네오니코티노이드계(예: 모스피란, 아타라, 코니도)의 살충제를 살포하여 충분한 효과를 보았는데, 이들은 진딧물류와 동시방제도 가능하다. 심식나방류에 대해서는 교미교란제 효과가 안정되어 있어서, 심식나방류 발생이 적은 경우에는 7월 상순에 Cyanox(Cyanophos: 스미토모 제품) 수화제, 8월 중순에 수프라사이드 수화제 등 유기인제로 2회 보완살포를 실시하면 충분하였다. 그러

나, 방임원이 산재되어 있어 상습적인 피해가 나타나는 지역에서는 이에 대한 대책이 필요하였다. 유기인제 사용은 각지벌레류를 동시 방제할 목적도 있다. 잎말이나방류에 대해서는 당초 지역에 따라서 발생밀도에 차이가 있기 때문에, 문제가 되는 지역에서는 각 세대의 방제적기에 살충제를 함께 사용하였다. 그러나, 현재까지는 전엽초기~중기에 로무단 액상수화제(단, 누에 독성 주의), 7월 하순에 카스케이드 유제(단, 누에 독성 주의) 등 곤충생장조정제를 살포하여 충분한 방제효과를 얻었다. 이상과 같은 살충제 보완방제로 안정된 방제효과를 얻었고, 표에서와 같이 살충제의 대폭적인 절감이 가능하였다.

제 3 절. 재료 및 방법

1997년에는 사과굴나방 제3, 4세대를 대상으로 군위지역 4개 사과원에 국내합성 페로몬을 발생예찰용 고무튜브 방출기에 넣어 ha에 처리별 0.6~12g 수준으로 600~3,000개를 설치하였다. 발생예찰용 트랩을 설치하여 시험기간 중 유살수를 조사하였고, 인근 살충제 관행방제원과 방제효과를 비교하여 조사하였다.

1998년에는 사과굴나방, 복숭아순나방, 복숭아심식나방의 전 발생기간을 대상으로 군위지역의 대구사과연구소 시험포장과 이해원씨 사과원, 경주지역의 흙살림 사과원에서 국내합성 페로몬을 발생예찰용 고무튜브 방출기에 넣어 ha에 나방류 종별로 각각 90, 112.5, 75g 수준으로 3,000, 3,000, 2,000개를 3, 3, 2회로 나누어 설치하였다. 방출기별 경시적 페로몬 성분의 방출량을 감소하는 방출기의 무게를 측정함으로 추정하였고, 처리 포장에는 발생예찰용 트

램을 설치하여 시험기간 중 유살수를 조사하였다. 시험포장별로 교미교란제 단일처리와 교미교란제+살충제 복합처리 또는 인근 사과원 살충제 관행방제 원과의 방제효과를 비교하여 조사하였다.

1999년에는 사과굴나방, 복숭아순나방, 복숭아심식나방의 전 발생기간을 대상으로 군위지역의 대구사과연구소 시험포장과 장오선씨와 정태재씨 사과원에서 국내합성 페로몬을 노란색의 로프형 폴리에틸렌 튜브의 방출기(그림 1)에 넣어 ha에 나방류 종별로 각각 100, 150, 120g 수준으로 2,000개를 3, 3, 2회로 나누어 설치하였다. 추가로 복숭아순나방은 논산의 김하권씨 사과원, 복숭아심식나방은 제천의 우정태씨 사과원, 일본 교미교란 제품인 컴퓨터A(그림 2: 대상해충은 사과굴나방, 복숭아순나방, 복숭아심식나방, 잎말이나방 2종으로 복합성페로몬 제품이며, ha당 2,000개 설치)는 영천 박용씨 사과원에서 군위지역과 같이 처리하였다. 방출기별 경시적 페로몬 성분의 방출량과, 발생예찰용 트랩을 설치하여 시험기간중 유살수를 조사하였다. 시험포장별로 교미교란제 단일처리와 교미교란제+살충제 복합처리 또는 인근 사과원 살충제 관행방제원과의 방제효과를 비교하여 조사하였다.

2000년에는 사과굴나방은 군위지역의 장오선씨와 정태재씨 사과원에, 복숭아순나방과 복숭아심식나방은 대구사과연구소 시험포장에 1999년과 동일하게 처리하였다. 사과애모무늬잎말이나방은 수년 전부터 적용살충제를 연 8회 이상 정기살포 하여도 1999년도 수확기 후지 품종의 피해과율이 20% 이상으로 문제가 심각한 영천 김수원씨 사과원에, 발생전기간 동안에 걸쳐 국내합성 페로몬을 로프형 폴리에틸렌 튜브의 방출기에 넣어 ha에 150g 수준으로 2,000개를 2회로 나누어 설치하였다. 2000년부터는 방출기를 일본의 컴퓨터A와 유사한 재질로 개선하였다(그림 2). 추가로 일본 교미교란 제품인 컴퓨터A는 영주의 강대범씨와 청송의 조재현씨 사과원에서 1999년과 동일하게 처리하였다. 방출기별 경시적 페로몬 성분의 방출량과, 발생예찰용 트랩을 설치

하여 시험기간중 유살수를 조사하였다. 시험포장별로 교미교란제 단일처리와 교미교란제+살충제 복합처리 또는 인근 사과원 살충제 관행방제원과의 방제 효과를 비교하여 조사하였다.



그림 1. 교미교란 방출기 (국산 시제품, 1999년)



그림 2. 교미교란방출기(국산 시제품, 2001, 철심 포함)

2001년에는 사과굴나방은 군위지역의 장오선씨 사과원에, 복숭아순나방과 복숭아심식나방은 대구사과연구소 시험포장에, 사과애모무늬잎말이나방은 영천 김수원씨 사과원에, 컴퓨터A는 군위 홍성일씨, 영주 강대범씨, 청송 조재현씨 사과원에 2000년과 동일하게 설치하였다. 방출기별 경시적 페로몬 성분의 방출량과, 발생예찰용 트랩을 설치하여 시험기간중 유살수를 조사하였다. 시험포장별로 교미교란제 단일처리와 교미교란제+살충제 복합처리 또는 인근 사과원 살충제 관행방제원과의 방제효과를 비교하여 조사하였다.

제 4 절. 결과 및 고찰

합성 성페로몬 교미교란제의 방제효과가 지속적으로 유지되기 위해서는, 방출기에서 페로몬 성분이 장기간에 걸쳐 교미교란을 일으키는 수준 이상으로 일정하게 방출되는 것이 중요하다. 그림 3~5는 각각의 방출기별 경시적 페로몬 성분의 방출량을 조사한 결과이다. 1998년에 국내합성 사과굴나방 페로몬, 복숭아순나방과 복숭아심식나방 혼합 페로몬은 설치 직후 가장 많이 방출되었고, 전자는 9월 21일경까지 5개 방출기에서 5mg, 이후 10월에는 1~3mg 정도가 방출되었으며, 후자는 9월 25일경까지 2~3mg, 이후 10월에는 거의 방출량이 없었다. 양자 모두 1개월~1개월반 정도밖에 방출이 지속되지 않았다.

1999년에 국내합성 사과굴나방과 복숭아순나방 혼합페로몬은 설치 후 3반순 정도 10개 방출기에서 0.6~0.8mg, 6월3반순에 0.4mg 수준으로 많이 방출되었으며, 나머지 7월까지는 0.1mg이하로 방출량이 적었다. 복숭아순나방 페로몬은 설치 후 4반순 정도 지속적으로 방출량이 감소되었고, 이후 7월까지 0.1mg이하로 방출량이 적었다. 복숭아심식나방 페로몬은 설치직후 6월 3반순에

0.8mg정도로 가장 방출량이 높았고 이후 급격히 감소되면서 7월까지 0.1mg이하로 적었다. 반면, 일본제품인 컴퓨터A는 설치 후 6월 4반순까지 약 2개월간은 0.1mg정도로 낮지만 꾸준히 방출되었고, 6월 하순부터 7월 3반순까지는 0.4mg까지 서서히 오히려 증가하는 경향을 보였으며, 7월 하순 이후는 다시 0.2mg수준으로 방출되어서 국내합성 제품보다 방출량도 많고 지속적으로 방출되는 경향이였다. 설치 후 중간에 방출량이 증가하는 현상은 기상(온도)조건 등에 기인한 것이라 생각되는데, 평균기온이 20℃이상 25℃ 미만에서 방출량이 많은 경향이였다.

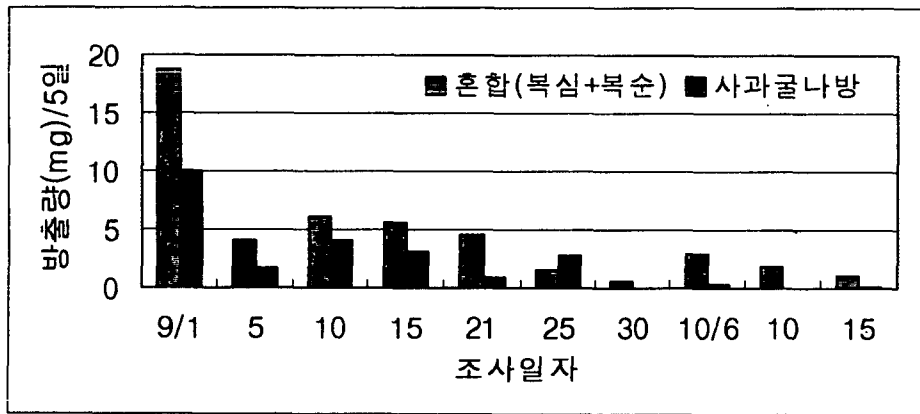


그림 3. 교미교란 방출기의 경시적 페로몬 성분 방출량(1998)

2000년에 국내합성 사과굴나방과 복숭아순나방과 페로몬은 4월(1차)에 설치한 경우 2 반순 동안 급격히 방출량이 감소된 후, 6월 중순까지 0.05mg수준으로 낮게 유지되었다. 잎말이나방 페로몬은 5월 하순부터 6월 상순까지 급격히 방출량이 감소되었고, 이후는 0.05mg수준으로 낮게 유지되었다. 반면, 컴퓨터A는 1999년과 유사하게 설치 후 6월 중순까지 0.1mg 수준으로 방출량이 지속되었고, 이후 7월 상순까지 약간 증가추세가 이어지다가 다시 0.1mg 수준

으로 방출량이 안정되었다. 따라서, 국내합성 페로몬 방출기는 일본제품인 컴퓨터A보다 지속성이 적어서 앞으로 국내합성 방출기의 개선이 필요한 것으로 생각된다. 또한, 이러한 방출량의 차이는 국내합성 페로몬 방출기의 경우, 제 5장에서도 기술하였듯이 휘발성이 높은 헥산이 용매로 사용하였기에 초기에 헥산이 먼저 휘발되기 때문에 발생하는 것으로 여겨져 용매 사용여부를 포함한 조성에 대한 연구도 계속될 필요가 있었다.

그러나 성페로몬 함량에 있어 일본의 시판제품인 컴퓨터A는 주성분이 개당 325mg이고(신월화학, 1999), 국내합성 교미교란제는 사과굴나방, 복숭아순나방, 복숭아심식나방이 1999년에는 개당 각각 30, 37.5, 37.5mg이며, 2000년에는 50, 75, 60mg으로 상대적으로 적은 양이었다. 따라서, 국내합성 교미교란제의 경시적 방출은 컴퓨터A와 비교할 때, 방출량은 오히려 많았으며, 방출기간도 큰 차이가 없는 것으로 여겨진다.

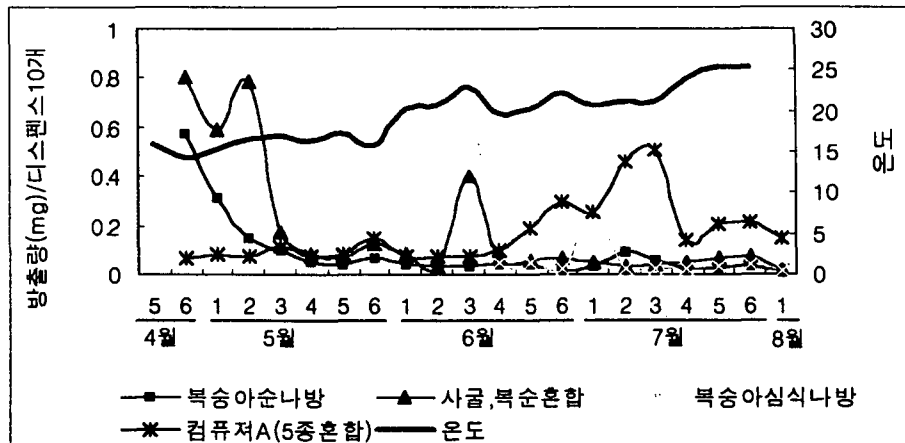


그림 4. 교미교란 방출기의 경시적 페로몬 성분 방출량(1999)

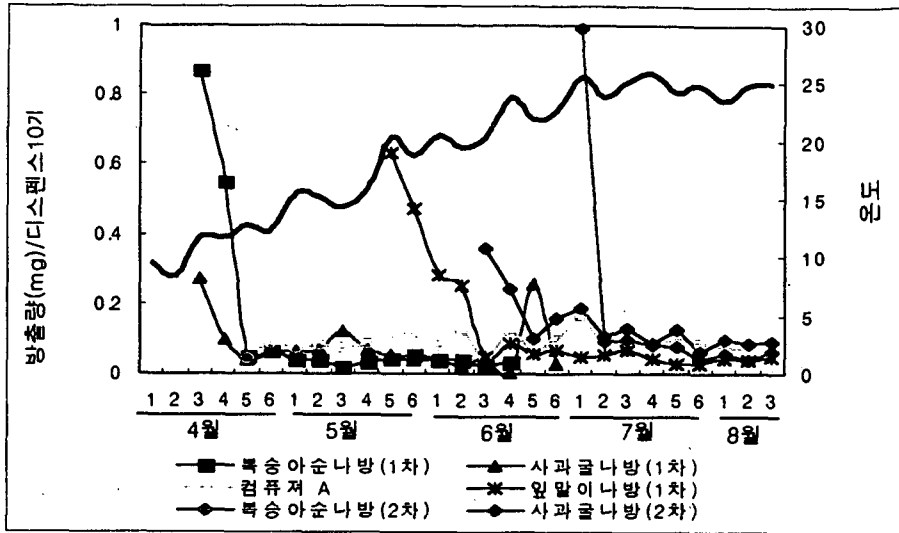


그림 5. 교미교란 방출기의 경시적 페로몬 성분 방출량(2000)

표 1은 1997년 사과굴나방 제 3, 4세대를 대상으로 군위지역 4개 사과원에서, 국내합성 페로몬을 발생예찰용 고무튜브 방출기에 넣어 실시한 교미교란 시험 결과이다. 교미교란제 처리 사과원은 무처리 관행방제 사과원에 비하여 발생예찰 트랩의 교미교란율($(\text{무처리 유살수} - \text{처리 유살수}) \div \text{무처리 유살수} \times 100$)이 98.4~99.8%로 높았다. 교미교란제 처리 전(7월 14일)과 처리 후(8월 20일)의 피해율을 증가한 무처리 사과원에 비하여 0.6g 처리 사과원에서는 차이가 없었으나, 3g 이상 처리 사과원에서는 피해율을 증가가 낮은 경향이어서, 교미교란 방제효과가 있었던 것으로 생각된다.

표 2는 1998년 3종 나방류의 교미교란 시험 결과이다. 발생예찰용 트랩의 유살수는 기존 사용 트랩에 비하여 성페로몬 함량이 5배가 많은 트랩에서 사과굴나방과 복숭아심식나방은 유살수가 대체로 많은 경향이거나, 복숭아순나방은 오히려 유살수가 적은 경향이였다. 교미교란율은 복숭아순나방이 3개 사

표 1. 사과굴나방 교미교란제와 살충제 처리원의 유살수와 피해엽율(1997)

| 처리 구분 | 유살수 (교미교란율:%) | 피해엽율(%) | |
|-------------------|------------------|---------------------------|---------------------------|
| | | 교미교란제 처리 전 (7월 14일) | 교미교란제 처리 후 (8월 20일) |
| 군위 | 16(99.8) | 1.9 | 13.4 |
| 이화달 교미교란제 6g/ha | 112(98.4) | 8.2 | 12.4 |
| 김윤희A 교미교란제 30g/ha | 83(98.8) | 8.2 | 11.7 |
| 김윤희B 교미교란제 60g/ha | 86(98.8) | 3.9 | 6.1 |
| 이해원 교미교란제 120g/ha | | | |
| 군위 | 7000 | 6.0 | 19.3 |
| 김진화 살충제8회 | | | |

(유살수: 교미교란 시험기간 중 트랩 당 마리수임)

과원 모두에서 높았으나, 복숭아심식나방은 군위 이해원씨 사과원에서 낮았고, 사과굴나방은 경주 흙살림 사과원에서 낮았다. 해충별 피해를 보면 사과굴나방은 연구소 사과원에서는 약간의 감소 경향이 있었으나, 이해원씨와 흙살림 사과원에서는 피해엽율이 20% 이상으로 높아서 살충제 관행방제에 비하여 방제효과가 낮았다. 과실을 가해하는 복숭아순나방과 복숭아심식나방은 살충제를 6회 이상 살포한 사과원은 피해과율이 1%이하로 낮았으나, 3개 교미교란 처리 사과원에서 피해과율이 8.2~23.9%로 피해가 높았다. 다만, 교미교란 처리와 함께 살충제를 3회 처리하였을 때 피해과율이 3.7과 3.3%로 낮아졌다.

표 3은 1999년 4종 나방류의 교미교란제 시험 결과이다. 모든 시험 사과원 모두 발생예찰용 트랩 유살수에 의한 교미교란율은 영천 박용씨 사과원의 사과애모무늬잎말이나방이 91%로 약간 낮았고, 나머지는 95~100%로 높았다.

사과굴나방 피해엽율은 관행방제에 비하여 교미교란제 처리원에서 높았으나, 실제 나무의 생육에 영향을 줄 정도로 피해가 높지는 않았다(이순원 등, 1985). 복숭아순나방은 연구소 시험포장에서 1998년에 비하여 발생밀도는 높았으나 피해는 감소되었고, 박용씨와 김하권씨 사과원에서는 교미교란 처리만으로도 피해가 1%내외로 낮았다. 복숭아심식나방은 연구소 시험포장에서 1998년에 비하여 발생밀도는 낮았으나 피해는 오히려 교미교란 처리에 살충제를 1회 추가살포하였어도 37%로 높았고, 우정태씨 사과원도 교미교란 처리에서 5%로 높았다. 사과애모무늬잎말이나방은 교미교란처리와 살충제 관행방제 모두 피해가 없었다.

표 2. 나방류 교미교란제 및 살충제 처리별 유살수와 피해 차이(1998)

| 처리 구분 | 사과굴나방 | | 복숭아순나방 | | 복숭아 심식나방 | |
|------------|------------|------|----------|------|-------------|------|
| | 유살수 | 피해 | 유살수 | 피해 | 유살수 | 피해 |
| 군위 이해원 | | | | | | |
| 교미교란 | 42(210) | 23.3 | 1(0) | 27.1 | 3(1) | 14.8 |
| 살충제6회 | 1139(1608) | 0.0 | 57(62) | 0.1 | 12(19) | 0.1 |
| 연구소 | | | | | | |
| 교미교란 | 0(7) | 1.9 | 0(0) | 8.2 | 0(0) | 23.9 |
| 교미교란+살충제3회 | 4(20) | 0.1 | 0(1) | 3.7 | 0(1) | 3.3 |
| 살충제6회 | 802(1410) | 3.0 | 48(14) | 0.0 | 207(217) | 0.0 |
| 경주 흙살림 | | | | | | |
| 교미교란 | 444(329) | 25.1 | 0(0) | 21.4 | 0(0) | 22.7 |
| 교미교란+살충제8회 | 1860(4210) | 1.2 | 228(160) | 0.6 | 160(177) | 0.8 |

* ()는 성페로몬 함량 5배량 트랩의 유살수임

표 3. 나방류 교미교란제 및 살충제 처리별 유살수와 피해 차이(1999)

| 처리 구분 | 사과굴나방 | | 복숭아순나방 | | 복숭아 심식나방 | | 사과애모무늬 잎말이나방 | |
|------------|--------|------|--------|------|-------------|-------|-----------------|-----|
| | 유살수 | 피해 | 유살수 | 피해 | 유살수 | 피해 | 유살수 | 피해 |
| 군위 | | | | | | | | |
| 장오선 교미교란 | 25 | 0.84 | | | | | | |
| 정태재 교미교란 | 0 | 0.43 | - | - | - | - | - | - |
| 김교목 살충제8회 | 10,693 | 0.18 | | | | | | |
| 연구소 | | | | | | | | |
| 교미교란+살충제1회 | 32 | 7.14 | 0 | 4.37 | 3 | 37.08 | | |
| 교미교란+살충제3회 | 32 | 4.63 | 1 | 1.95 | 2 | 3.54 | - | - |
| 교미교란+살충제6회 | 19 | 0.33 | 4 | 1.20 | 3 | 0.66 | | |
| 살충제8회 | 7,675 | 0.00 | 161 | 0.00 | 62 | 0.00 | | |
| 논산 김하권 | | | | | | | | |
| 교미교란 | - | - | 1 | 1.15 | - | - | - | - |
| 교미교란+살충제6회 | | | 484 | 0.90 | | | | |
| 제천 우정태 | | | | | | | | |
| 교미교란 | - | - | - | - | 0 | 5.17 | - | - |
| 교미교란+살충제5회 | | | | | 147 | 0.38 | | |
| 영천 | | | | | | | | |
| 박 용*교미교란 | 220 | 3.84 | 2 | 0.68 | 0 | 0.94 | 8 | 0.0 |
| 조규신 살충제8회 | 5,095 | 0.00 | 517 | 0.11 | 473 | 0.27 | 88 | 0.0 |

* 영천 박용씨 사과원은 일본제품 컴퓨터A 처리임

표 4는 2000년 4종 나방류의 교미교란제 시험 결과이다. 시험 사과원 모두 발생예찰용 트랩 유살수에 의한 교미교란율은 영주 강대범씨 사과원의 복숭아순나방이 87%로 약간 낮았고, 나머지는 94~100%로 높았다. 사과굴나방 피해율은 3개소 중 2개소는 관행방제에 비하여 교미교란제 처리원에서 약간 높고, 1개소는 약간 낮았으나, 피해가 1% 내외로 아주 낮았다. 복숭아순나방은 연구소 시험포장에서 1999년에 비하여 발생밀도가 낮았고 피해도 낮아서 교미교란 처리에 살충제를 3회 추가 살포한 경우에 0.21%로 관행방제(살충제 8회 살포) 0.35%보다 낮았으며, 일본제품 컴퓨터A를 처리한 강대범씨와 조재현씨 사과원은 모두 피해가 없었다. 복숭아심식나방은 연구소 시험포장에서 1999년에 비하여 발생밀도가 낮았고 피해도 낮아져서 교미교란 처리에 살충제를 3회 추가 살포한 경우에 1.87%로 관행방제 1.11%보다 약간 높았으며, 일본제품 컴퓨터A를 처리한 강대범씨와 조재현씨 사과원은 모두 피해가 없었다.

사과애모무늬잎말이나방의 경우, 김수원씨 사과원에서 지난해 적용 살충제를 8회 이상 살포하였음에도 수확기 피해과율이 20% 이상이었는데, 금년은 국내합성 교미교란제 처리만으로 피해가 0.2%로 격감하였고, 인근 김세원씨 사과원은 적용살충제를 9회 살포한 결과 피해가 23.0%로 높았다. 일본제품 컴퓨터A를 처리한 강대범씨와 조재현씨 사과원은 모두 피해가 없었다.

표 5는 2001년 4종 나방류의 교미교란 시험 결과이다. 시험 사과원에서의 발생예찰용 트랩 유살수에 의한 교미교란율은 영주 강대범씨 사과원의 복숭아순나방이 75%, 사과애모무늬잎말이나방이 72%로 낮았고, 나머지는 95~100%로 높았다. 사과굴나방 피해율이 2개소에서는 관행방제에 비하여 교미교란제 처리원에서 약간 높으나, 4개소 모두 피해가 1% 내외로 아주 낮았다. 복숭아순나방은 연구소 시험포장에서 2000년에 비하여 발생밀도가 아주 많았으나, 피해는 살충제를 추가 살포하지 않은 교미교란 처리에서도 쓰가루품종

표 4. 나방류 교미교란제 및 살충제 처리별 발생량과 피해 차이(2000)

| 처리 구분 | 사과굴나방 | | 복숭아 순나방 | | 복숭아 심식나방 | | 사과애모무늬 잎말이나방 | |
|-----------------|-------|------|------------|------|-------------|-------|-----------------|------|
| | 유살수 | 피해 | 유살수 | 피해 | 유살수 | 피해 | 유살수 | 피해 |
| 군위 | | | | | | | | |
| 장오선 교미교란 | 19 | 1.11 | | | | | | |
| 정태재 교미교란 | 2 | 0.16 | - | - | - | - | - | - |
| 김교목 살충제8회 | 584 | 0.00 | | | | | | |
| 연구소 | | | | | | | | |
| 교미교란 | | | 1 | 3.75 | 0 | 25.60 | | |
| 교미교란+살충제1회 | | | 1 | 2.80 | 0 | 13.89 | | |
| 교미교란+살충제3회 | - | - | 1 | 0.21 | 0 | 1.87 | - | - |
| 교미교란+살충제6회 | | | 0 | 0.19 | 0 | 0.36 | | |
| 살충제8회 | | | 98 | 0.35 | 14 | 1.11 | | |
| 영천 | | | | | | | | |
| 김수원 교미교란 | | | | | | | 0 | 0.33 |
| 교미교란+살충제4회 | - | - | - | - | - | - | 0 | 0.16 |
| 김세원 살충제 9회 | | | | | | | 132 | 23.0 |
| 영주 | | | | | | | | |
| 강대범* 교미교란+살충제2회 | 215 | 0.99 | 56 | 0.00 | 4 | 0.00 | 1 | 0.00 |
| 김준수 살충제9회 | 3,523 | 0.20 | 446 | 0.00 | 77 | 0.00 | 10 | 0.00 |
| 청송 | | | | | | | | |
| 조재현* 교미교란+살충제3회 | 0 | 0.00 | 1 | 0.00 | 0 | 0.00 | 0 | 0.00 |
| 황상원 살충제7회 | 8,187 | 0.20 | 888 | 0.00 | 36 | 0.00 | 9 | 0.06 |

* 영주 강대범씨, 청송 조재현씨 사과원은 일본제품 컴퓨터A 처리임

표 5. 나방류 교미교란제 및 살충제 처리별 발생량과 피해 차이(2001)

| 처리 내용 | 사과굴나방 | | 복숭아순나방 | | 복숭아 심식나방 | | 사과애모무늬 앞말이나방 | |
|----------------|-------|-----|--------|---------|-------------|---------|-----------------|------|
| | 유살수 | 피해 | 유살수 | 피해** | 유살수 | 피해* | 유살수 | 피해 |
| 군위 | | | | | | | | |
| 장오선 교미교란 | 0 | 0.9 | | | | | | |
| 교미교란+살충제4회 | 0 | 0.7 | - | - | - | - | - | - |
| 사공현 살충제7회 | 4,558 | 0.0 | | | | | | |
| 연구소 | | | | | | | | |
| 교미교란 | | | 12 | 1.2/0.4 | 2 | 2.7/6.9 | | |
| 교미교란+살충제1회 | | | 12 | 0.0/0.2 | 2 | 2.9/1.3 | | |
| 교미교란+살충제3회 | - | - | 15 | 1.0/0.0 | 1 | 0.0/0.7 | - | - |
| 교미교란+살충제5회 | | | 10 | 0.2/0.2 | 1 | 0.0/1.1 | | |
| 살충제6회(중앙부) | | | 490 | -/0.0 | 106 | -/0.5 | | |
| 살충제6회(변두리) | | | 490 | 0.5/0.5 | 106 | 4.1/8.3 | | |
| 영천 | | | | | | | | |
| 김수원 교미교란 | | | | | | | 0 | 0.2 |
| 교미교란+살충제5회 | - | - | - | - | - | - | 0 | 0.0 |
| 김세원 살충제 9회 | | | | | | | 150 | 16.5 |
| 군위 | | | | | | | | |
| 홍성일*교미교란+살충제2회 | 19 | 0.0 | 27 | 0.4 | 0 | 0.1 | 18 | 0.0 |
| 홍성일 살충제6회 | 1,913 | 0.0 | 523 | 0.0 | 20 | 0.0 | 122 | 0.0 |
| 영주 | | | | | | | | |
| 강대범* 교미교란 | 100 | 0.0 | 35 | 4.5 | 0 | 1.3 | 5 | 0.4 |
| 김준수 살충제8회 | 3,192 | 0.0 | 139 | 0.0 | 31 | 0.0 | 18 | 0.0 |
| 청송 | | | | | | | | |
| 조재현*교미교란+살충제4회 | 3 | 0.3 | 16 | 0.0 | 1 | 0.0 | 0 | 0.0 |
| 손계용 살충제7회 | 8416 | 0.1 | 363 | 0.0 | 219 | 0.0 | 42 | 0.0 |

* 군위 홍성일씨, 영주 강대범씨, 청송 조재현씨 사과원은 컴퓨터A 처리임

** 쓰가루(조생종)/후지(만생종), 나머지는 후지 품종의 피해과율임

이 1.2%, 후지 품종이 0.4%로 낮아서, 살충제를 1회이상 추가 살포한 경우나 관행방제의 번두리와 비슷하였다. 일본제품 컴퓨터A를 처리한 강대범씨는 피해가 4.5%로 문제가 되었는데, 인근 관리가 소홀한 사과원에서 교미한 암컷이 날아와 피해를 준 것으로 생각되며, 홍성일씨 사과원은 0.4%로 약간 문제가 되었으며, 조재현씨 사과원은 피해가 없었다. 복숭아심식나방은 연구소 시험포장에서 2000년에 비하여 발생밀도가 높았으나, 피해는 낮아져서 살충제를 추가 살포하지 않은 교미교란 처리에서도 쓰가루 품종이 2.7%, 후지 품종이 6.9%로 낮아졌고, 살충제를 1회 추가 살포한 경우는 관행방제의 번두리보다 적었고, 살충제를 3회 추가 살포한 경우는 관행방제의 중앙부와 비슷하게 피해가 적었다. 일본제품 컴퓨터A를 처리한 홍성일씨와 조재현씨 사과원은 피해가 없었으나, 강대범씨 사과원은 1.3%로 약간 문제가 되었다. 사과애모무늬잎말이나방은 김수원씨 사과원에서 국내합성 교미교란제 처리만으로 피해가 0.2%로 지난해와 같이 적었고, 인근 김세원씨 사과원은 적용살충제를 9회 살포하였음에도 피해가 16.5%로 높았다. 일본제품 컴퓨터A를 처리한 홍성일씨와 조재현씨 사과원은 피해가 없었으나, 강대범씨 사과원은 0.4%로 약간 피해가 있었다.

이상 5년간의 4종 나방류 교미교란 방제시험 결과를 종합해 볼 때, 사과굴나방은 처리 면적이 1,000평 미만으로 적었던 1997년과 1998년에는 방제효과가 미흡한 것으로 나타났다. 그러나, 1999년부터 2001년까지 군위지역 동일사과원에서 연속 시험한 결과나 처리면적이 3,000평 이상으로 넓었던 경우에는 어느 사과원도 관행방제에 비하여 사과나무의 생육에 영향을 줄 정도로 피해가 많지 않은 점에서 교미교란 방제효과가 있다고 생각한다. 그러나, 제 6장의 발생예찰 시험에서 1개 트랩의 연간 유살수가 경북지역은 7,919마리(표 6-9), 전국 평균은 4,712마리(표 6-10)로 많았는데, 1996년부터 발생예찰용 트랩을 설치한 사과원에서는 한 곳도 사과굴나방의 피해가 문제되지 않아서,

오히려 교미교란 방제와 함께 일정량의 포획용 트랩만을 설치하여 대량유살에 의한 방제효과도 기대되는 점에서 금후 검토가 필요하다. 복숭아순나방, 복숭아심식나방, 사과애모무늬잎말이나방의 교미교란 방제효과는 분명하였다. 그러나, 교미교란제 설치 첫해 또는 인근에 방제가 소홀한 사과원이나 야생기주가 있는 경우는 적절히 적용살충제를 보완살포 하거나, 여러 사과원을 포함하는 대 면적에 처리되어야 기대한 만큼의 방제효과를 거둘 수 있을 것으로 생각한다(岡崎, 1999; Cardé and Minks, 1995).

표 6은 교미교란제 시험 사과원에서 방위별 3종 나방류의 피해 차이를 조사한 결과이다. 중앙부에 비하여 동쪽은 피해가 많고 다른 3방향은 비슷하였는데, 동쪽에 100m 이내 가까이에 이웃한 사과원과 방제가 소홀한 야생기주가 있어서, 이들로부터 교미한 암컷이 날아와서 피해를 주었기 때문으로 생각된다.

표 6. 교미교란제 처리 사과원 나방류의 방위별 피해 차이(1998)

| 대 상 해 충 | 동 쪽 | | 서 쪽 | | 남 쪽 | | 북 쪽 | | 중 앙 | |
|---------|-----|------|-----|------|------|------|-----|------|-----|------|
| | 1차 | 2차 | 1차 | 2차 | 1차 | 2차 | 1차 | 2차 | 1차 | 2차 |
| 사과굴나방 | 1.0 | 31.3 | 1.2 | 19.4 | 0.5 | 22.5 | 0.8 | 24.6 | 0.9 | 23.2 |
| 복숭아순나방 | 0.6 | 25.0 | 0.5 | 10.6 | 2.3 | 12.2 | 1.7 | 9.9 | 0.9 | 7.0 |
| 복숭아심식나방 | 9.8 | 35.7 | 6.1 | 11.5 | 15.4 | 15.2 | 5.3 | 15.4 | 4.7 | 15.9 |

* 1차조사일: 7. 28, 2차조사일: 10. 23. 사과굴나방은 피해엽율, 나머지는 피해과율(%)임

표 7은 수고가 3m 이상인 사과나무에서 높이에 따른 3종 나방류의 피해를

조사한 결과로서, 1차 조사에서는 거의 차이가 없었으나, 2차 조사 시기에는 3종 모두 상단부가 하단부 보다 피해가 많은 경향이였다. 코드링나방과 같이 과실을 가해하는 나방류는 사과나무의 상단부에서 주로 활동하고 피해도 많이 가하며, 또한 성페로몬은 공기보다 무거워 가라앉으므로(Riedl *et al.* 1986; Shin-Etsu, 2000), 교미교란제는 상단부에 더 많이 설치하는 것이 효과적일 것이다.

표 7. 교미교란제 처리 사과원 나방류의 사과나무 높이별 피해 차이(1998)

| 대 상 해 충 | 1.5m 미만(하단부) | | 1.5m 이상(상단부) | |
|---------|--------------|------|--------------|------|
| | 1차조사 | 2차조사 | 1차조사 | 2차조사 |
| 사과굴나방 | 0.4 | 20.0 | 1.4 | 27.7 |
| 복숭아순나방 | 1.2 | 5.2 | 0.9 | 13.6 |
| 복숭아심식나방 | 5.9 | 13.6 | 8.1 | 27.7 |

* 1차조사일: 7. 28, 2차조사일: 10. 23. 사과굴나방은 피해엽율, 나머지는 피해과율(%)임

제 5 절. 결 론

이상 5년 간의 교미교란 방제시험 결과를 종합해 볼 때, 사과잎을 가해하는 사과굴나방은 처리 면적이 1,000평 미만으로 적었던 1997년과 1998년에는 방제효과가 적었으나, 1999년부터 2001년까지 군위지역 동일 사과원에서 연속 시험 시나 처리면적이 3,000평 이상으로 넓었던 경우에는 어느 사과원도

관행방제에 비하여 사과나무의 생육에 영향을 줄 정도로 피해가 많지 않은 점에서 교미교란 방제효과가 있어 국내에 교미교란을 이용한 해충 방제의 가능성을 확인하였다. 또한 사과 과실을 가해하여 경제성을 직접적으로 감소시키는 심식충류인 복숭아순나방, 복숭아심식나방과 과실 표면을 가해하는 사과애모무늬잎말이나방을 대상으로 교미교란 효과를 검증한 실험은 과제 목표 외에 추가로 실시하였음에도 분명한 교미교란 효과를 얻어 연 1회에서 3회 정도의 살충제 살포만으로도 사과를 생산할 수 있었고 해를 거듭하여 교미교란을 실시할 경우 더욱 살충제 사용횟수를 감소시킬 수 있을 것으로 기대되었다.

이상의 교미교란 방제 시험을 토대로 하고 앞으로 우리나라에서 교미교란제를 실용화하기 위해서는 다음과 같은 점에 유의하여야 한다. 교미교란 방출기로부터 나온 페로몬은 포장 내에 분산되어 축적되므로 어떻게 방출기를 전체 대상면적에 균일하게 처리하느냐가 중요하다. 작은 면적보다는 큰 면적 처리 시 페로몬 농도가 높게 유지되고, 바람이 불어와도 영향이 적다. 페로몬 교미교란 방제는 처리면적이 넓고, 계곡의 아래쪽, 바람이 적게 부는 곳(예, 초속 1m 이하) 등에서 효과가 우수하다. 이런 지형의 포장에서는 방출기 설치 숫자를 줄일 수 있다. 경사가 급한 곳, 적은 면적 처리, 바람 많이 등에서는 방출기 설치 숫자를 늘려야 한다. 농가 당 재배면적이 작은 우리나라는 이웃 농가들과 공동으로 사용하는 것이 효과적이다.

교미교란 방제는 해충의 밀도가 낮을 때 가장 효과가 좋으므로, 최초 1세대 성충이 우화 되기 전에 처리해야 효과를 얻을 수 있다. 또한, 제1세대 방제적기를 추정하여 천적에 영향이 적은 적당한 선택성 농약으로 보완방제를 해야 한다. 특히, 페로몬 사용 첫해에는 반드시 제1세대에 약제방제를 실시해야 한다. 이때, 광범위 살충제(특히, 합성제충국제)를 사용하면 천적을 모두 죽이고, 또한 목표하는 해충이 이들 살충제에 저항성이 유발되었다면, 살충제

살포는 목표해충의 밀도를 증가시킬 수 있어서 페로몬의 교미교란 방제효과를 오히려 감소시킨다.

페로몬 교미교란 방제 시는 추가 살충제 살포가 필요한 지를 반드시 확인해야 한다. 별도의 발생예찰용 페로몬 트랩을 설치하여 주기적으로 유살수를 조사하고, 과실이나 신초에 피해가 나타나는 지도 조사해야 한다. 또한, 페로몬 교미교란 방제 시 응애류 천적인 이리응애류가 발생하기 쉬우므로 이들 천적류의 발생과 응애류 밀도를 확대경(15배 내외)으로 정밀조사하여 필요시만 응애약을 살포하면 조만간 천적에 의한 응애류 생물적방제가 성공되어 응애약을 사용하지 않아도 될 것이다.

페로몬 교미교란 방제는 대부분 성공할 수 있으나, 가까운 주변에 야생기주가 있거나, 방제가 소홀하고 방치된 과수원이 있으면 이들 포장에서 교미한 암컷 나방이 날아와 피해를 줄 수 있으므로 이와 같은 문제를 고려해야 한다. 가장 기본이 되는 방법은 발생예찰용 페로몬 트랩을 교미교란 처리한 포장과 교미교란 처리의 영향을 받지 않는 먼 거리의 포장 밖에 설치하고, 페로몬 트랩에 유살된 나방 수를 비교하는 것이다. 교미교란 포장의 유살수가 98-100% 정도 감소되면 교미교란 작용이 잘 일어나고 있음을 의미하며, 유살수 감소가 95% 미만으로 내려간다면 교미교란 처리 포장에서도 교미가 일어날 수 있는 수준이라고 생각하면 된다. 그러나, 가장 확실한 방법은 교미교란 전후 또는 인근 포장과 피해정도를 조사 비교하는 것이다(일본식물방역협회, 1993; Knight, 1999; 이순원 등, 2000).

인용문헌

고현관, 이정운, 이순원, 강석구, 박정민. 1983. 성페로몬에 의한 복숭아심식나

- 방의 발생조사. 농시보고 25: 132-135.
- 이순원, 김석환, 임명순, 이문홍, 현재선. 1985. 사과원 관리 및 품종에 따른 사과굴나방의 피해와 기생율 변동. 한국식물보호학회지 24: 157-162.
- 이순원, 서상재, 김동아, 최경희, 이동혁, 류언하. 1996. 사과원의 병해충 방제 실태 및 방제의견 조사 연구. 농업논문집 38: 545-552.
- 최경희, 이순원, 권기면, 류하경, 이동혁, 김동아, 양상진, 류언하. 1997. 성페로몬을 이용한 사과 해충 발생예찰. 농촌진흥청 원예연구소 대구사과연구소. Env. 3. 6pp.
- 日本植物防疫協會. 1993. 性フェロモン劑等使用の手引. 86pp.
- 岡崎一博. 1999. 複合交信攪亂劑によるリンゴ主要害蟲の防除法. 果實日本. 54권(9월호): 77-79
- 信越化學工業株式會社. 1999. コブチン-A 技術資料. 13pp.
- Cardé, R.T. and A.K. Minks. 1995. Control of moth pests by mating disruption: Successes and constraints. Annu. Rev. Entomol. 40: 559-85.
- Howse, P., I. Stevens and O. Jones. 1998. Insect pheromones and their use in pest management. Chapman & Hall. 369pp.
- Knight, A. 1999. Using traps and lures in pheromone-treated orchards. Good Fruit Grower(April 1) 50(7): 45-51.
- Riedl, H., J.F. Howell, P.S. McNally and P.H. Westigard. 1986. Codling moth management: Use and standardization of pheromone trapping systems. Agr. Expt. Sta. Univ. of California. Bulletin 1918. 23pp.
- Shin-Etsu Chemical Co., Ltd. 2000. Pheromones. 29pp.
- Warner, G. 1998. Pest control will be less crisis driven in future. Good Fruit Grower(December) 49(17): 14-18.

제 9 장. 종합 결론

사과원에서 IPM을 통해 살충제 살포횟수를 줄이고 재배비용을 절감하며, 친환경농업체제로 나아가기 위해 사과를 가해하는 주요 나비목 해충들에 대한 성페로몬을 활용한 발생예찰과 방제체계를 개발하기 위한 연구를 수행하였다. 당초 본 과제의 발생예찰 체계 개발 대상 해충인 ①복숭아심식나방, ②복숭아순나방, ③복숭아명나방, ④사과굴나방, ⑤사과애모무늬잎말이나방에 대해 성페로몬을 이용한 예찰 체계를 확립하였다. 나아가서 사과를 가해하는 다른 두가지 해충인 은무늬굴나방과 사과무늬잎말이나방에 대해서도 예찰체계를 확립하는 것이 목표달성을 위해 반드시 필요하다고 판단되어 추가로 이 두 종에 대한 연구를 진행하여 모두 7종의 나비목 해충에 대하여 발생예찰체계를 개발하였다. 이들의 성페로몬은 종 특이적으로 그리고 미량으로 작용하여 각 종의 수컷만을 유인하여 그 종의 밀도를 쉽게 추정할 수 있어 각 나비목 해충들을 예찰하기에 매우 경제적이고 적합한 방법으로 확인되었다.

우선 발생예찰 체계 개발을 위해 국내에서 성페로몬 연구가 미비했던 사과애모무늬잎말이나방, 은무늬굴나방, 복숭아명나방의 성페로몬 조성을 연구하였다. 사과애모무늬잎말이나방의 성페로몬 조성을 연구한 결과, Z11-14:Ac ((Z)-11-tetradecenyl acetate)와 Z9-14:Ac((Z)-9-tetradecenyl acetate)이 95:5의 비율로 구성되어 있고 이 조성으로 만든 미끼를 이용하면 발생예찰이 가능함을 확인하였다. 은무늬굴나방의 성페로몬 성분 중 10me14me-1-ene-18Hy (10,14-dimethyloctadec-1-ene)만이 수컷성충에게 유인력이 있었고 10me14me-1-ene-18Hy의 네가지 광학이성질체 중 SS형만이 유인력이 있었다. 그러나 10me14me-1-ene-18Hy의 이성질체 혼합체로도 많은 수의 수컷성충이 유인되었고 2개월간 사용을 위해 약 100ug가 적절한 것으로 나타났다. 이 두 해충의 성페로몬 조성은 다른 나라에서 보고된 조성과는 차이가 있어

본 연구를 통해 우리나라 사과원에서 발생예찰에 가능한 성페로몬 조성이 확립되었다. 복숭아명나방 예찰용 성페로몬 조성은 두 가지 성분 E10-16:Al ((E)-10-hexadecenal)와 Z10-16:Al ((Z)-10-hexadecenal)이 75:25의 비율일 때 유인력이 높다는 것이 확인되었고, 성페로몬 샘 추출물에서 발견되는 16:Al (hexadecenal)은 성페로몬 활성이 없었다. 상기 조성을 이용하면 실제 농가에서 복숭아명나방 발생예찰이 가능한 것으로 여겨지며 종래 발생예찰 수단인 유아등에 비해 비용과 편리성에서 우수한 것으로 판단되었다.

성페로몬 예찰체계의 물적기반인 성페로몬 미끼를 국내에서 제작하여 사용하였으며 트랩도 국산을 제작하여 수입품을 대체하였고 각 연구기관에서 성페로몬 미끼와 교미교란용 성페로몬 방출제를 제조할 수 있도록 전 제조과정을 확립하여 공개하였다. 또한 예찰체계의 운영기반인 발생량과 피해수준에 대한 발생예찰 모델을 작성하므로 개별 농가 단위에서도 방제여부를 판단할 수 있도록 하였고, 방제 시 방제적기를 추정할 수 있도록 하였다.

성페로몬을 이용한 발생예찰과 방법과 이를 근거로 우리나라 사과원에서 문제되는 7종 나비목 해충들에 대한 발생예찰용 성페로몬 트랩을 1997년부터 2001년 동안 주산단지 사과원에 보급하여, 이들의 시기별 발생밀도와 과실의 피해정도 및 농민의 성페로몬 트랩 활용 의견과 방제실태도 조사하였다. 또한 해충 발생량에 대한 정보를 공유하고 해석할 수 있도록 발생예찰 결과를 입력하는 프로그램을 전산망을 통해 운영하였으며 방제여부 판단과 방제적기 산정 프로그램을 보급하였다. 그 결과, 1993년 관행방제 사과원의 평균 농약 살포 횟수는 살충제 10.3회, 응애약 4.5회였으나, 1999년 성페로몬 트랩 이용 예찰방제 사과원에서는 살충제 7.5회, 응애약 3.5회로 감소하여 방제효율도 높이고 살충제도 3~4회 이상 절감할 수 있음이 입증되었다. 단 복숭아명나방 경우, 사과원에서 발생정도가 적어 농가단위에서 상시적인 예찰을 하기보다는 연구기관 단위에서 예찰을 실시하는 것이 적절할 것으로 판단되고 오히

려 밤, 단감, 및 매실과원 등에서 지속적으로 발생예찰을 하는 것이 유용할 것으로 기대되었다. 사과 재배농민 97%가 성페로몬 트랩을 이용한 발생예찰의 필요성을 인정하였으며, 성페로몬 트랩 이용 목적은 방제적기의 결정 51.1, 방제여부의 파악 33.3, 발생 종의 확인 15.6% 순이었다.

성페로몬을 이용한 교미교란 방제시험 결과, 사과 잎을 가해하는 사과굴나방은 처리 면적이 1,000평 미만으로 적었던 1997년과 1998년에는 방제효과가 적었으나, 계속되는 실험으로 1999년부터 2001년까지 군위지역 동일 사과원에서 연속하여 시험하였을 경우나 처리면적이 3,000평 이상으로 넓었던 경우에는 어느 사과원도 관행방제에 비하여 사과나무의 생육에 영향을 줄 정도로 피해가 많지 않은 점에서 교미교란 방제효과가 있어 국내에 교미교란을 이용한 해충 방제의 가능성을 확인하였다. 또한 사과 과실을 가해하여 경제성을 직접적으로 감소시키는 심식충류인 복숭아순나방과 복숭아심식나방, 및 과실 표면을 가해하는 사과애모무늬잎말이나방을 대상으로 교미교란 효과를 검증한 시험은 과제 목표 외에 추가로 실시하였음에도 분명한 교미교란 효과를 얻어 연 1회에서 3회 정도의 살충제 살포만으로도 사과를 정상적으로 생산할 수 있어 교미교란 방제 가능성을 검증하였고 향후 해를 거듭하여 교미교란을 실시할 경우 살충제 사용횟수를 더욱 감소시킬 수 있을 것으로 기대되었다.

농가 소득증대효과면에서도 성페로몬 이용 예찰방제원에서는 농약대 중 살충제 3회 정도의 절감비용 240,398원과, 심식나방류와 잎말이나방류의 피해 경감에 따른 과실 0.85%의 수량증대에 의한 228,327원의 이익이 발생하였다. 따라서, 성페로몬트랩 예찰방제원에서 관행방제원 대비 연간 264,235원의 소득증대 효과가 있다(트랩을 제공받을 경우 468,725원임). 그러나, 성페로몬트랩 발생예찰을 실시하는 사과 재배농민들은 이러한 직접적인 효과보다는 전반적인 농약절감 노력을 통해 국립농산물품질관리원으로부터 '저농약품질인

증'을 받음으로서, 사과 가격을 관행재배농민들이 받는 1,110원/kg보다 훨씬 높은 1,500원/kg 정도를 받고 있다. 이로 인한 추가 소득증대는 ha에 9,438,000원이 되기 때문에, 사과원에서 나방류 성페로몬트랩 발생예찰은 크게 확산되어 가는 추세이다.

이러한 일련의 연구를 통해 사과원에서 성페로몬을 활용한 해충의 발생예찰과 그 결과에 따른 방제 결정 시스템을 구축하여 이용할 수 있게 되었으며, 성페로몬 교미교란을 해충방제 수단으로 적절하게 사용하여 살충제 사용을 획기적으로 절감할 수 있게 되었다. 그 결과 해충방제 비용(시간, 노동력, 금액)이 절감되고 안전한 농업생산물을 생산하여 농가 소득증대와 소비자의 욕구에 부응할 수 있게 될 것이다. 또한 궁극적으로는 농업생태계가 회복되어 현재 최대로 문제가 되고 있는 웅애류와 진딧물류는 자연적으로 천적을 이용한 생물학적 방제로 경제적 피해허용 수준 이하의 밀도로 관리할 수 있을 것으로 기대된다.

그러나 성페로몬의 활용 면에서는 해결해야 할 장벽도 나타났다. 대표적인 장벽으로는 적용범위, 즉 시장규모가 좁다는 점이다. 시장규모가 좁다는 것은 한 제품이 한 가지 해충에만 적용할 수 있기 때문인데 심한 경우 성페로몬 조성은 좋은 물론 같은 종 내에서도 그 종의 분포지역에 따라서 조성에 변화가 생길 수 있기 때문이다. 따라서 외국산 페로몬 제제의 도입은 현실성이 없고 우리나라에 서식하는 종과 개체군을 대상으로 자체개발을 하는 것이 필요하고 독자적인 시장을 형성하기가 어려울 경우 정부 차원의 지원이 필요하다. 다른 장벽은 성페로몬을 이용한 교미교란 방제의 경우, 가능한 한 단일 작물을 대규모로 재배하는 조건 하에서 그 효과를 극대화할 수 있다는 점으로 농가 당 재배면적이 상대적으로 작은 국내 농업 현실에서는 이웃 농가들과 공동으로 사용하는 것이 효과적일 것이다. 또한 교미교란 방제 시 소요되는 성페로몬 가격이 아직까지는 비싸(5종 나방류 해충 방제 시, 헥타 당 약

130만원) 보다 싼 성페로몬 성분 확보와 더불어 신규 제형에 대한 연구가 지속적으로 필요하다. 일례로 필요한 성페로몬 양이 교미교란시의 사용량에 비해 1/20 수준인 성페로몬 유인치사(lure & kill) 방식의 적용도 검토해야 할 대상이다. 또한 교미교란용 성페로몬 방출기 구조에 대한 연구도 추가적으로 필요한데 일본의 경우 성페로몬 지속방출형 성페로몬 방출기에 대한 집중적인 연구를 진행하여 다수의 특허를 획득해 놓은 상태로 우리도 보다 장기간 사용할 수 있는 지속방출형 방출기에 대한 연구가 석유화학, 폴리머화학, 물리화학 등의 분야와 공동으로 진행할 필요가 있다.

-부 록-

Env 9. 2000. 1.

과수원 나방류 성페로몬 사용 길잡이
- 발생예찰과 교미교란 방제 -

【제 1부】 발생예찰

《이론》

- 1. 페로몬의 정의와 종류
 - 가. 곤충의 의사전달 물질 구분
 - 나. 페로몬 정의와 종류
- 2. 성페로몬의 특성과 활용
- 3. 성페로몬의 발생예찰 이용
- 4. 성페로몬 발생예찰 필요성
- 5. 성페로몬 발생예찰 트랩 구성

 - 가. 트랩 자재
 - 나. 유인제 방출기

- 6. 성페로몬트랩 발생예찰시 고려해야 할 요인

 - 가. 트랩설치
 - 나. 끈끈이 유지관리
 - 다. 기상조건
 - 라. 트랩 유살수 해석

《실제》

- 1. 과수 나방류 발생예찰 성페로몬과 트랩 구성
- 2. 과수 나방류 발생예찰 성페로몬트랩 취급 및 설치요령
- 3. 과수 나방류 발생예찰 성페로몬트랩 조사 요령
- 4. 복숭아순나방 조사결과 해석과 응용
- 5. 복숭아심식나방 조사결과 해석과 응용
- 6. 사과애모무늬잎말이나방 조사결과 해석과 응용
- 7. 사과무늬잎말이나방 조사결과 해석과 응용
- 8. 사과굴나방 조사결과 해석과 응용
- 9. 은무늬굴나방 발생생태, 방제 및 성페로몬트랩 이용
- 10. 성페로몬 발생예찰자료의 컴퓨터 입력방법

【제 2부】 원색사진

1. 발생예찰 성페로몬트랩과 교미교란 방출기
2. 발생예찰 성페로몬트랩과 방출기
3. 발생예찰 성페로몬트랩에 유살된 수컷 성충
4. 과수 나방류의 가해 모습

【제 3부】 교미교란

《이론》

1. 성페로몬 교미교란 방제의 정의와 작용기작
2. 성페로몬 교미교란 방제의 필요성
3. 성페로몬 교미교란 방제의 특징과 장단점 비교
4. 성페로몬 교미교란 방제효과에 영향을 주는 요인들
5. 성페로몬 교미교란 방제효과 제고 방안
6. 성페로몬 교미교란 처리의 효과 판단 방법
7. 성페로몬 교미교란 방제 성공사례 소개
- 가. 코드링나방
- 나. 복숭아순나방
- 다. 사과원 잎말이나방류
- 라. 일본의 사과 나방류 해충

《실제》

1. 성페로몬 교미교란 방제를 실시하는 농민의 의무 ..
2. 성페로몬 교미교란 방제 대상 사과원의 조건
3. 적용해충별 성페로몬 화합물과 방출기 공급 수량 ..
4. 성페로몬 교미교란 방출기 설치 요령에 대하여
5. 성페로몬 방출기 설치후 농민이 해야할 사항은? ..
6. 성페로몬 교미교란 방제 사과원의 농약살포 요령 ..

【부 록】 참고문헌, 관찰기록장

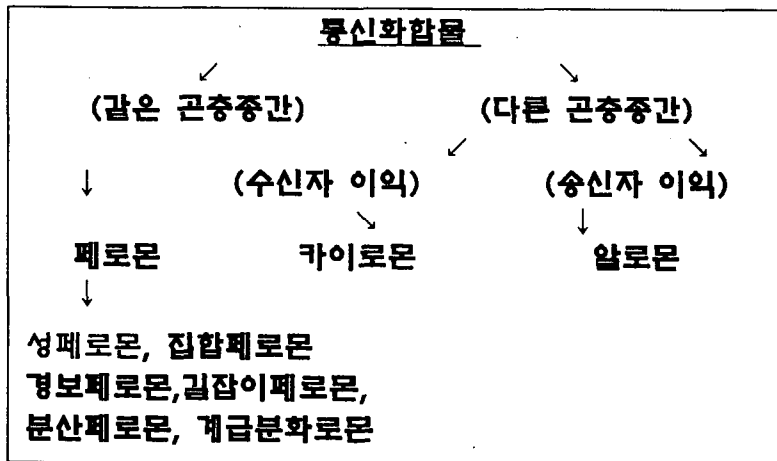
【제 1부】 발생예찰

【이 론】

1. 페로몬의 정의와 종류

가. 곤충의 의사전달 물질 구분

곤충은 개체간에 의사전달(통신)을 주로 빛, 소리, 화합물 등을 이용하여 한다. 이들 중에 냄새로 의사를 전달하는 신호물질을 **통신화합물**이라고 한다. 통신화합물은 아래 그림과 같이 통신 주체에 따라 구분하는데, 같은 종내의 개체간 통신에 이용되는 물질은 **페로몬**, 다른 종간에 작용하는 것을 타감물질(Allelochemic)이라 한다. 타감물질은 다시 신호물질을 내는 쪽에 유리하게 작용하는 **알로몬**(Allomone), 받는 쪽에 유리한 **카이로몬**(Kairomone), 양쪽 모두에 유리하게 작용하는 **씨노몬**(Synomone)으로 나뉜다.



나. 페로몬 정의와 종류

곤충 체내에서 소량으로 만들어져 대기중에 냄새로 방출되는 화학물질이며, 같은 곤충종의 다른 성 혹은 같은 곤충종의 다른 개체에 정보전달을 목적으로 분비하는 것을 페로몬이라 한다. 페로몬은 개체간에 특이한 반응이나 행동을 유발시킨다. 페로몬은 개체간에 나타나는 행동반응에 따라서 성페로몬, 집합페로몬, 경보페로몬, 길잡이페로몬, 분산페로몬, 계급분화페로몬 등으로 나뉜다.

① 성페로몬



같은 곤충 종간에 상대 性의 개체를 유인하기 위해 몸 외부로 분비하는 화학물질이다. 주로 단일 화합물인 경우도 있지만, 대부분 페로몬은 2-6가지 성분으로 구성되어 있다. 다른 성분 또는 같은 성분이지만 성분별 비율의 차이에 따라 한종에 대한 특이적인 유인력을 나타낸다.

예로 몇가지 잎말이나방류는 같은 성분의 페로몬을 가졌으나, 각각의 종에 따라 구성성분의 비율이 다르므로 그 특이성을 나타낸다. 주로 나비목에서 많이 알려져 있고, 대개 암컷이 수컷을 유인하여 교미는데 이용된다. 이중 사과원의 주요해충인 복숭아심식나방과 복숭아순나방, 사과굴나방은 우화후 1~4일된 처녀 암컷성충의 복부에서 생성되어 방출된다.

② 집합페로몬

나무좀과 저곡해충 등은 적당한 먹이를 찾았을 때, 특토기류는 좋은 서식지를 발견했을 때 집합페로몬을 분비하여 같은 곤충 종내의 다른 개체들을 불러 모은다.

③ 경보페로몬

벌, 개미, 흰개미 같이 사회생활을 하는 곤충이나, 진딧물, 노린재류 같이 집단생활을 하는 사회성 곤충이 천적의 침입을 받으면 위험을 동료에게 알려주기 위해 분비하는 물질이다. 경보페로몬이 분비되면 주변에 있는 동료들이 무리를 지어 머리를 들거나 큰턱을 벌리는 등 공격자세를 취한다. 반대로, 비사회성 곤충들의 경우는 페로몬을 분비하면 무리들이 흩어져서 적의 공격을 피하게 된다. 이 페로몬은 매우 휘발성이 강하며 짧은 시간내에 군집내에 빠르게 전파되며 또한 빠르게 사라진다.

④ 길잡이페로몬

사회성 곤충의 경우 먹이를 찾은 후 그쪽으로 다른 개체를 유인하거나 새로운 서식처로 이동할 때 사용되어지며, 다른 페로몬에 비해 물질이 안정되어 있어 오래동안 효과가 지속된다.

⑤ 계급분화페로몬

사회성 곤충에서 각각의 계급질서를 유지하기 위하여 분비하는 물질이다.

⑥ 분산페로몬

같은 종 개체들의 과밀현상을 막기위해 분비되는 물질이다. 보통 다리에 있는 감각기를 통해 접촉하여 감지한다.

2. 성페로몬의 특성과 활용

- 종특이성이 매우 높아서 대상종 이외의 곤충에는 영향이 적다
- 감도가 매우 높아서 미량으로도 효과가 크다
- 독성이 거의 없다
- 분해가 빠르다
- 농작물에 잔류나 환경오염의 가능성이 거의 없다

성페로몬은 종 특이성이 높아서 이를 합성하여 사용하면 목적하는 해충을 특별히 많이 포획할 수가 있다. 겉모양이 아주 비슷한 근연종에 있어서도 두 종의 성페로몬 성분이나 성분의 구성비가 다를 경우, 각각 다른 성페로몬을 유인원으로 하는 물질을 사용하므로써 간단하게 종간의 발생상황 차이를 파악할 수가 있다. 또한, 성페로몬은 감도가 매우 높아서 아주 미량으로도 효과를 발휘할 수 있다. 성페로몬 물질은 독성이 거의 없고 분해가 빨라서, 이용자에게 문제가 생기지 않고, 농작물에의 잔류나 환경 오염의 가능성도 거의 없다.

따라서, 성페로몬은 첫째로 해충의 발생시기와 발생량 예찰에 이용되어, 방제적기 파악과 방제여부 판정에 활용된다.

둘째는 제3부에서 자세히 설명하는 바와 같이 포장 전체에 합성 성페로몬을 적절히 배치하여 목적하는 면적에 지속적으로 퍼져 있게 하므로써, 수컷 성충이 암컷 성충의 탐색과 발견을 곤란하게 한다. 이 결과로 암컷의 교미를 저해하여 수정율을 떨어뜨려서 목표하는 해충의 번식률을 저하시킨다. 즉, 성페로몬의 교미교란 방제작용을 이용하여 해충을 농약과 같이 방제용으로 활용한다.

셋째는 수컷을 대량으로 유살하여 성충의 암수 성비에 큰 차이가 생기게 하여 교미빈도를 감소시키므로써 번식률을 저하시켜 방제효과를 거둘 수가 있다. 이 같은 대량유살법은 담배거세미나방 등 일부의 해충에서 실용화 되고 있다.

3. 성페로몬의 발생예찰 이용

성페로몬의 발생예찰 이용은 아래 표에서 보듯이 크게 3가지로 나뉜다. 첫째는 특정해충을 검출 하므로써 초기 발생 파악, 발생유무 조사, 미발생 주요 해충의 식물검역 등에 활용된다. 둘째는 발생시기를 조사하므로써, 해충의 방제적기나 위험도를 평가하고, 다른 조사 수단을 이용할 것인 지의 결정과 피해 발생시기를 예측할 수 있다. 셋째는 발생량 조사로서, 해충의 방제여부 결정, 개체군의 밀도 변동과 이동분산 조사, 피해 발생량 예측 및 방제수단의 효과를 평가할 수가 있다.

■ 성페로몬의 발생예찰 이용 구분

● 특정해충 검출

- 초기 발생 파악
- 발생 유무 조사
- 미발생 주요해충의 식물검역

● 발생시기 조사

- 방제적기 결정
- 위험도 평가
- 다른 조사수단의 이용 여부 결정
- 피해발생시기 예측

● 발생량 조사

- 방제여부 결정
- 밀도변동 조사
- 이동분산 조사
- 피해 발생량 예측
- 방제수단 효과 평가

그러나, 성페로몬을 발생예찰에 실제 활용할 때에, 다음 사항들에 따라서 이용분야나 효과가 크게 다를 수 있다.

① 사용자가 일반농민, 전문지도원 또는 자문요원이나에 따라서 이용분야가 달라진다. ② 조사를 몇 일마다 하느냐에 따라서 해충의 위험도를 평가하는데 오류를 범하지 않을 확율이 크게 다르다. ③ 트랩설치 위치도 매우 중요하다. 대개의 경우에 나무 상단(꼭대기) 부위에서 가장 유살수가 많다. 예외로, 사과굴나방 월동세대 성충은 주간부 하단이 가장 많이 유살된다. ④ 재배면적이 크고 경제적 가치도 높은 작물을 가해하는 해충의 성페로몬은 수요가 많으므로 상업화 가능성이 있지만, 소면적 재배하는 특수작물만을 가해하는 해충은 국가 차원에서 지원이 있어야 성페로몬이 활용될 수 있다.

4. 성페로몬 발생예찰 필요성

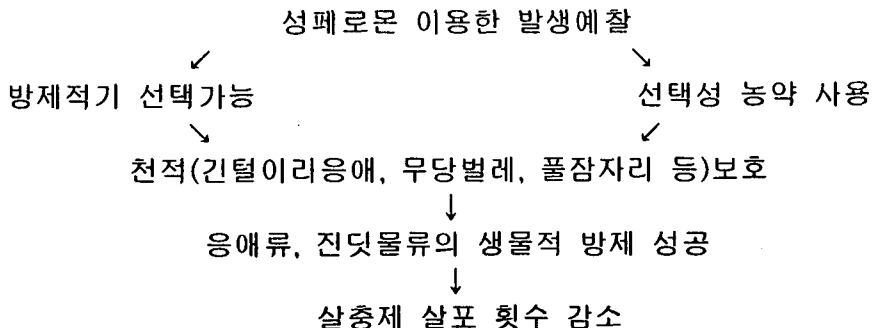
나방류 해충은 대부분 유충기에 피해를 준다. 특히 과실을 가해하는 심식충류와 잎말이나방류는 해충이 과실을 가해하기 전인 갓부화한 유충 시기 이전에 방제가 이루어져야 한다. 그러나, 지금까지는 광범위 살충제를 정기적으로 살포하므로서 살포회수가 많고 천적 생태계를 파괴하여 응애류 등 2차해충의 다발생을 초래하였다. 또한, 해충의 약제저항성이 유발되어 수 년마다 새로운 농약으로 바꿔 사용해야 하거나 방제회수를 늘려야 하는 악순환이 계속되고 있다. 그러므로, 성페로몬트랩을 이용하여 성충의 발생시기와 밀도를 조사하면 약제방제 적기와 방제여부를 효과적으로 파악할수 있다. 또한 최근에는 농약의 과실 잔류와 환경오염에 대한 소비자들의 관심이 지대하므로, 농약살포 횟수 절감과 방제효율 증대를 위한 성페로몬 발생예찰은 필수적인 수단이다.

◎ 사과해충 방제 현황과 문제점

- ◎ 사과원 주요해충에 대한 예찰수단 미비
- ◎ 광범위 살충제 정기적으로 연간 15회 살포
- ◎ 천적생태계 파괴 → 점박이응애 등 2차해충 다발생
- ◎ 약제저항성 유발 → 새로운 약제로 교체 또는 방제회수 증가



◎ 나방류 발생예찰 성페로몬 이용 살충제 절감



5. 성페로몬 발생예찰 트랩 구성

해충의 발생예찰을 위하여 사용하는 성페로몬트랩 세트는 크게 성페로몬 물질을 담은 유인제 방출기와 유인된 해충을 한 곳에 모아두는 트랩 자재로 크게 구분할 수 있다.

가. 트랩 자재

트랩에 나방이 유살되는 과정은 첫째, 성페로몬 성분이 어떻게 공기 중으로 퍼져 나가느냐를 결정하는 유인단계에는 트랩 모양이 중요하다. 둘째는 유인되어 온 나방이 트랩속으로 들어가는 단계로서, 트랩에 도착 후 끈끈이에 붙어죽는 점착형 트랩, 물을 담은 그릇에 빠져죽는 수반형 트랩과 입구로 들어갈 수는 있어도 나오지 못하며 휘발성 살충제가 들어 있어 죽게되는 포획형 트랩으로 구분 된다. 딱정벌레나 과실파리는 트랩 색깔에 민감하게 반응하지만, 나방류는 색깔에 둔하기 때문에 트랩이 무슨 색깔이냐에 따라서 포획수 차이는 거의 없다.

1) 점착형 트랩(원색사진 1-1, 2-1~4)

점착면에 곤충을 붙여서 포획하는 것으로 발생예찰하고자 하는 해충에 따라서 트랩 모양이 달라지며, 계속해서 사용하기 간편한 형태로 보완 발전되고 있다. 트랩은 크기보다 모양에 따라 포획수가 차이 나며, 같은 모양일 경우 크기도 약간 영향이 있다. 사방이 터진 것보다 입구가 한곳으로 통일될수록 페로몬 냄새의 흐름이 일정하여 효과적이다. 점착형 트랩은 그림에서 보듯이 원트랩, 델타트랩, 변형트랩, 원통형트랩 등이 과수원의 나방류 발생예찰에 주로 사용 된다.

끈끈이 밀판의 크기가 작을수록 끈끈이에 포획된 나방을 자주 제거하여 주고 끈끈이를 저어주거나 밀판을 교체해야 한다. 또한 일반적으로 사용되는 끈끈이는 물에 녹지 않으나 약간의 수분을 흡수하면 윤기가 나고 점착력이 약간 저하된다. 성페로몬 트랩에 사용되는 끈끈이는 탱글뚝과 폴리부텐 등이 있다.

2) 포획형 트랩(원색사진 2-5)

포획형 트랩은 주로 둥근 원통형이고, 곤충이 들어오는 구멍이 있으며, 일단 한번 들어오면 곤충이 탈출할 수 없는 구조로 되어있다. 또한 재질이 플라스틱 이어서, 안에 유인된 해충을 정기적으로 제거하여 사용하

며, 부서질때까지 사용할 수 있다. 풍덩이류와 담배거세미나방은 주로 포획형 트랩을 사용한다.

3) 수반형 트랩

이 트랩은 수반에 물을 담고 중성세제 등을 첨가하므로, 유인되어 빠지면 탈출하지 못하고 죽게된다. 고온기에는 물이 빨리 증발하고 포획된 해충이 부패하여 악취를 피울 수 있어 포획율이 떨어지기 쉽다. 그러므로, 이 트랩은 물을 자주 보충하거나 교환해 주어야 한다.

나. 유인제 방출기(원색사진 2-6)

해충 유인용 합성 성페로몬은 진짜 곤충의 성페로몬 성분과 꼭 같을 필요는 없다. 많은 종류의 미량성분은 제외해도 발생예찰을 위한 유인력이 충분하다. 예로, 사과애모무늬잎말이나방 성페로몬은 14종의 성분으로 구성되어 있으나, 발생예찰용 합성 성페로몬은 2개의 주성분인 (Z)-9-14 Ac : (Z)-11-14 Ac 만이 9:1 비율로 되어 있다. 합성 성페로몬의 유인력이 너무 좋을 경우 트랩 끈끈이판 오염 문제가 있어 자주 갈아주는 불편 때문에, 주성분과 구조가 유사한 일부 성분만을 사용하는 것이 좋을 경우도 있다.

또한, 필요로 하는 시기에 목적하는 해충의 개체군을 표본조사하는 것이므로, 대상 종만이 선택적으로 유인되는 것이 보다 효율적이다. 보조 성분은 대상해충의 유인 보다는, 비대상 해충의 유인방지 역할을 위하여 사용되는 경우가 많다. 그리고, 성페로몬 물질의 함량순도가 대상해충의 유인력에 큰 영향을 줄 수 있다.

성페로몬 성분은 휘발성이 강하여 적정 방출기 속에 있지 않으면 빨리 휘발되므로, 방출기는 페로몬을 서서히 휘발되어 나가도록 하는 역할을 한다. 사용되는 방출기에는 탈지면 심지, 고무 튜브, 폴리에틸렌 용기, 라미네이트, 유공 섬유(Scentry), 멤브레인, 폴리머릭시스템 등이 있다.

방출기에서 성페로몬의 방출량이 설치초기에는 많고 점차 감소하는 것은 초기에는 유인력이 높지만 점차 유인력이 떨어진다. 반면, 설치 초기부터 거의 비슷한 수준으로 일정기간 성페로몬이 방출되는 것은 일정하게 개체군을 유인하는 장점이 있다. 대부분 방출기의 성페로몬 방출기간은 4-8주간이다. 또한, 방출기는 성페로몬이 자외선에 의해 분해되거나 공기중에서 산화되는 것을 방지하는 역할도 중요하다.

성페로몬의 방출농도가 어떤가에 따라 유인거리가 달라질 수 있다. 이론적으로는 원하는 과수원 면적내의 대상해충만 유인되면 좋기 때문에 유인되는 거리를 줄이기 위해서 방출기에 넣는 페로몬의 농도를 낮추기도 한다.

유인제 방출기는 냉암소에 보존하는 것이 좋은데, 플라스틱 방출기는 너무 낮은 저온에서 표면구조가 변형되어 페로몬 방출속도가 극히 저하되는 경우도 있으므로, 냉동고 보관은 피하는 게 좋다. 어떤 종의 성페로몬 성분중에는 다른 종의 유인을 저해하는 성분이 함유된 경우가 있을 수 있으므로 트랩 1개에는 1종의 방출기 만을 설치하고, 2종 이상의 성페로몬트랩을 동일포장에 설치할 경우는 적어도 5m 이상은 격리시킬 필요가 있다.

6. 성페로몬트랩 발생예찰시 고려해야 할 요인

가. 트랩 설치

트랩 높이, 식생과 관련한 배치, 트랩 설치 수 등이 성페로몬 발생예찰에 매우 중요하다. 트랩 높이는 벌레가 주로 분포하는 위치가 좋지만 나무의 상단부에 분포할 경우 조사대상 나무가 너무 크면 현실적으로 불가능 할 수도 있다. 대면적 작물 재배시는 작물이 자람에 따라 높이를 조정해 가면서 작물의 높이에 맞추는 것이 좋다. 주로 바람이 어디서 불어오느냐를 생각하여 트랩위치를 결정한다. 원칙적으로 성페로몬 트랩은 조사하려는 작물의 위에 설치하여 성페로몬이 넓은 면적에 퍼져서 띠를 형성할 수 있도록 설치하는 것이 좋다. 한 나무내에서 방위는 유살수에 큰 영향이 없지만 북쪽에 설치한 트랩의 유살수가 적다는 보고가 있다.

적절한 트랩 설치 수는 발생예찰 목적과 여러 개를 설치했을 때에 각각의 트랩은 다른 것에 어느 정도 방해줄 것인가에 따라서 달라야 한다. 1-7ha의 범위에서는 어느 위치건 단 한 개만을 설치하여 조사한 결과 보다는, 2개소 이상에 설치하여 평균한 결과보다 믿을 수 없다. 따라서, 앞으로 시판할 경우는 2-3개소를 조사할 수 있는 분량을 최소단위로

하여 판매하는 것이 바람직하다. 각각의 트랩이 방해받지 않으려면 어떻게 배치되어야 할 것인가? 여러 종의 잎말이나방류에 대해서 시험한 결과를 보면, 300m 이상의 거리까지 영향을 준다고 하지만, 실제로는 30-50m만 격리시키면 문제가 없다. 이 정도면 한 트랩이 다른 트랩에서 나방을 유인하는 것을 방해하지 않는다.

나. 끈끈이 유지관리

심식충류인 코드링나방의 경우 끈끈이에 50-60마리 이상이 유인될 경우 유인력이 감소되는데, 이는 나방의 후각에 나쁜 영향 때문이 아니라 인편이나 먼지 등으로 끈끈이 작용이 저하되기 때문이므로 주기적으로 끈끈이를 저어주면 유인력 저하를 막을 수 있다. 보통 사용되는 폴리부텐 끈끈이 성분은 물에 녹지 않으나 수분을 흡수하면 윤기가 나고 점착력이 약간 저하되므로, 끈끈이판은 1개월 이상 오래 사용하지 말고 교체한다.

다. 기상조건

트랩에 유인되는 나방의 수는 나방의 활동 정도에 영향을 받는다. 수컷은 해질 무렵 서늘한 기온에서 가장 활동이 많고, 한 낮의 고온이나 한밤중 저온에서는 활동이 감소한다. 코드링나방의 활동적온은 15-26℃이다. 해뜨기 직전에 일부 활동이 증가하는 경향이나 해질 무렵과는 비교가 안되게 약하며 강우 직전에 활동이 증가하지만, 1시간에 0.2mm 이상 비가 오거나 습도가 너무 높으면 활동이 억제된다. 건조할 경우 나방이 활동하는 해질 무렵에 스프링쿨러로 관수하면 수컷의 활동을 저해하며, 암컷의 산란 활동도 방해하여 약간의 방제효과를 가져온다는 보고가 있으나, 이는 야간의 고습조건으로 인한 병해 발생 증가 영향도 고려하여 판단되어야 한다. 바람이 초속 1m 이상에서는 유아등의 유살수의 감소에 영향을 준다고 하나, 나방류는 대체로 초속 4m 이상에서 나는데 지장을 받으므로 성페로몬 트랩의 유인력에도 영향을 줄 것으로 생각한다.

라. 트랩 유살수 해석

성페로몬트랩을 사용한 해충 발생예찰은 포충망을 이용한 해충 발생예찰과 같이 해충 개체군을 직접 측정하는 것이 아니라, 해충의 습성을 관측하는 것임을 잊지 말아야 한다. 성페로몬에 반응할 수 있는 발육태는 성충이다. 즉 해충이 과수원에 발생하더라도, 성충만이 생리적으로 성페로몬에 반응하므로, 알·애벌레·번데기는 트랩에 잡히지 않는 것이다.

트랩 유살수는 대상해충의 생태가 잘 알려진 경우에는 효율적으로 해석될 수 있다. 예로, 암컷과 수컷의 우화 방식을 아는 것이 매우 중요하다. 대부분의 나방류 성페로몬은 수컷이 유인되는 것이므로 암컷의 우화가 수컷보다 빠른 지, 동일한 지, 늦은 지를 아는 것이 매우 중요하다. 이는 유살수에 근거하여 농약 살포적기를 결정하는 경우에는 큰 영향을 미친다. 또한, 암컷과 수컷 또는 암수 모두가 우화후 바로 분산습성이 있는가? 아니면 일정기간이 지난 후에 비래하는가 여부도 매우 중요하다. 후자의 경우에는 그들이 자발적인 비래상태가 되지 않는 한 트랩에 유살되지 않을 것이다. 개체군 밀도는 개체군으로부터 조사되는 해충의 비율에 따라서 영향을 받는다. 이는 포장내 미교미 암컷과 합성성페로몬트랩의 경쟁과 관련된다. 년 수회 발생하는 해충은 발생회수가 경과할수록 그들의 밀도가 증가할 것이므로, 트랩에 유살되는 비율은 전체 개체군의 밀도에서 차지하는 비율이 감소될 것이다.

【실 제】

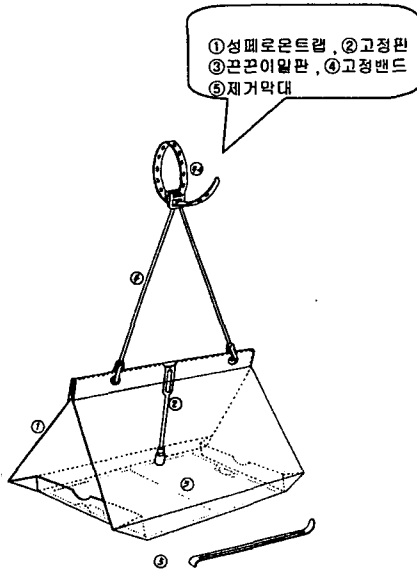
《발생예찰 요령 ①》

1. 과수 나방류 발생예찰 성페로몬과 트랩 구성

○ 대상 나방류의 발생예찰 성페로몬 화합물과 가해기주 구분

| 대상 나방류 | 성페로몬 화합물 | 가해기주 | 가해부위 |
|------------|---------------------------------|-----------------------------|--------|
| 복숭아순나방 | Z8-12:Ac, E8-12:Ac, Z8-12:OH | 사과, 배, 복숭아, 모과, 자두, 매실 등 | 과실, 신초 |
| 복숭아심식나방 | Z7-20-11Kt | 사과, 배, 복숭아, 대추, 모과, 자두 등 | 과실 |
| 사과애모무늬말이나방 | Z9-14:Ac, Z11-14:Ac | 사과, 배, 복숭아, 자두, 살구 | 과실, 잎 |
| 사과무늬말이나방 | Z11-14:Ac, E11-14:Ac | 사과, 배, 복숭아, 자두, 살구 | 과실, 잎 |
| 사과굴나방 | Z10-14:Ac, E4Z10-14:Ac | 사과, 사과대목류 | 잎 |
| 은무늬굴나방 | 10,14-dimethyl-18-1-en | 사과, 사과대목류 | 잎(신초) |

○ 발생예찰용 성페로몬트랩 입체도와 개발경위



▲ 성페로몬트랩 입체도

● 성페로몬 화합물 개발

1996년부터 서울대학교(부경생 교수)에서 화합물의 성분 구명과 조제를, 원예연구소 대구사과연구소에서 실용화를 위한 실험을 '농림수산특정연구과제'로 실시

● 성페로몬 트랩 자재 개발

대구사과연구소와 한국포장디자인개발센터(제작공급) 공동으로 개발하여, 1999년 12월 특허(실용신안, 의장등록) 출원중

● 성페로몬 트랩 제작공급처

- 주소: 대구시 달서구 대천동 601-2
성서공단 2차 2지구 60B-3L
한국포장디자인개발센터
- 전화: (053) 591-4993~4/080-591-2222
- 팩스: (053) 591-4995

2. 과수 나방류 발생예찰 성페로몬트랩 취급 및 설치요령

○ 대상해충별 트랩 설치 및 교체 시기

| 대상해충 | 트랩 설치 | 유인제 방출기 교체 | 끈끈이판 교체 |
|-------------|-------|------------|---|
| 복숭아순나방 | 3월하순 | 5월하순, 7월하순 | 유살된 나방이 많거나 먼지·강우로 끈끈이가 많이 더러워진 경우(보통 20일 내외) |
| 사과굴나방 | " | 5월하순, 7월하순 | |
| 은무늬굴나방 | " | 5월하순, 7월하순 | |
| 사과무늬잎말이나방 | 4월하순 | 6월하순, 8월하순 | |
| 사과애모무늬잎말이나방 | " | 6월하순, 8월하순 | |
| 복숭아심식나방 | 5월하순 | 7월하순 | |

○ 유인제 방출기(고무튜브) 보관

- 해충별로 은박지에 밀봉되어 있는 것을 냉장고의 냉장실에 보관한다.
- 트랩 설치시 해충별로 1개씩 꺼내어 방출기 고정핀(앞면그림②)에 끼운다.
- 나머지는 각각의 원래 은박지에 넣고 테이프로 밀봉하여 다음 교체 시까지 냉장고에 보관한다.
- ※ 유인제는 휘발성이므로 방출기(고무튜브)를 상온에 그대로 방치하면 효과가 없어짐

○ 트랩자재 보관

- 유인제 방출기를 제외한 트랩이나 끈끈이판 등 자재 박스는 서늘하고 건조한 창고에 보관한다.
- * 사용후 남은 예비용 트랩과 끈끈이판은 다음 해에도 사용 가능하다.

○ 트랩 설치 요령

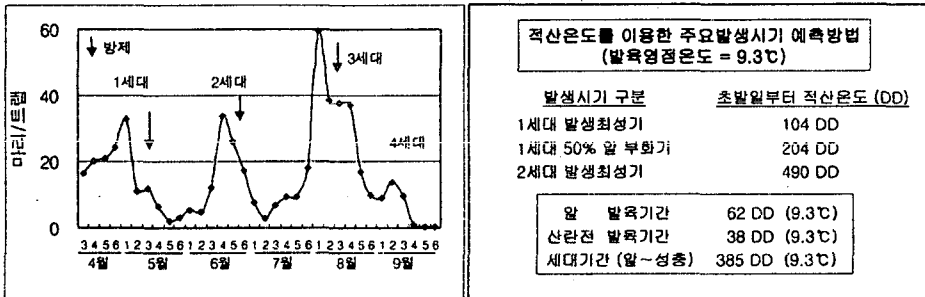
- 트랩은 과수원 내에서 가장 손쉽게 관찰할 수 있는 곳에 설치하면 되지만, 머리뿔가위벌 방사집 근처는 피하여야 한다.
- 나방류 6종의 트랩은 각각 5m 정도만 떨어지면 유인력에 영향이 없으므로, 한장소 각각의 나무에 설치한다.
- 해충 종에 따라서 트랩 설치높이별 유인력에 차이가 있으나, 대체로 끈끈이판이 눈높이(1.5m)에 오도록 나무 가지에 설치하면 편리하다.
- ※ 성페로몬 교미교란 방제를 실시하는 경우는 사과원 내에 1세트를 설치하고, 별도의 1세트는 과수원 바깥쪽에 설치하여 외부에서 유입해오는 지를 조사한다.

3. 과수 나방류 발생예찰 성페로몬트랩 조사 요령

- 발생예찰용 성페로몬트랩은 일정기간 마다 유살수를 조사하지 않고 방치해 두면 아무런 설치효과를 거둘 수 없다.
- 목적에 따라 조사간격이 다르지만 방제여부와 농약살포적기를 결정하기 위해서는 5일간격이 적당하며 10일을 넘겨서는 안된다.
- 대상해충별로 트랩에 대상해충명을 기록하고, 조사기간중의 유살수를 비나 햇별에 지워지지 않도록 유성매직으로 트랩의 측면에 기록한다. 별도로 성페로몬 사용 지침서의 관찰기록장에 6종 해충의 시기별 유살수를 기록하여 동시에 비교할 수 있도록 한다.
- 심식총류나 잎말이나방류는 크기도 크고 5일정도에 유살수가 수 십마리 이내이므로 정확한 유살수를 파악한다. 굴나방류는 크기가 작고 5일정도에 천마리 이상 유살되는 경우도 있으므로 대략적인 유살수를 파악한다. 끈끈이판 한개 사각형 내의 평균 유살수를 추정하고 사각형 숫자를 곱하여 전체 유살수를 계산한다.
- 트랩별로 각각 대상해충 1종만이 끈끈이판에 유살되어야 하지만, 유사종, 꿀벌, 머리빨가위벌 또는 천적류 등이 붙어 죽는 경우가 있으며 이들은 조사에서 제외하여야 한다. 트랩사용 초보자는 전문지도원이나 연구원으로부터 교육을 받거나, 대상해충 표본을 확보하여 정확한 식별능력을 가져야 한다.
- 조사가 끝나면, 나방이 크고 유살수가 적은 경우는 제거막대로 모두 제거하고 끈끈이를 저어서 고루 흩어준다. 나방이 작고 유살수가 많은 경우는 일일이 제거하기가 곤란하므로 그대로 두고 2-3차례 누적 유살수를 조사하여 실제 조사기간 중 유살된 마리수를 계산한다.
- 끈끈이판은 1개월 이상 사용하지 말고 교체하는데, 심식나방류나 잎말이나방류는 100-200마리, 굴나방류는 2,000마리 이상이 유살될 경우 교체기간이 안 지났더라도 교체한다.
- 교체한 끈끈이판은 트랩 주변에 방치하지 말고 쓰레기 봉투에 넣어 처리하거나 소각한다. 본인의 나방류 식별에 의문이 있으면, 나방이 붙어 있는 채로 끈끈이판을 잘 보관하였다가 전문지도원 방문시 확인하면 좋다.

4. 복숭아순나방 조사결과 해석과 응용

- 사과, 배, 복숭아, 자두, 모과 등을 뚫을 내며 가해하고 노숙유충으로 조피틈이나 남아있는 봉지 등에 고치를 짓고 월동한다.
신초나 어린과실도 가해하지만 수확시까지 주로 과실에 피해를 준다.
- 연4-5회 발생하고, 제1회 성충은 4월중순~5월중순, 제2회는 6월중하순, 제3회는 7월하순~8월중순, 제4회는 8월하순~9월중순에 발생한다. 일부는 9월중순경에 제 5회 성충이 나타나나, 7월 이후는 세대가 중복되어 구분이 곤란하다. 발생량은 연도, 지역, 과수원별 차이가 많지만, 연간 평균 800마리(범위 400 ~ 1,200마리) 정도이다.



○ 복숭아순나방 발생소장('95-'99 평균, 군위)과 발생예찰

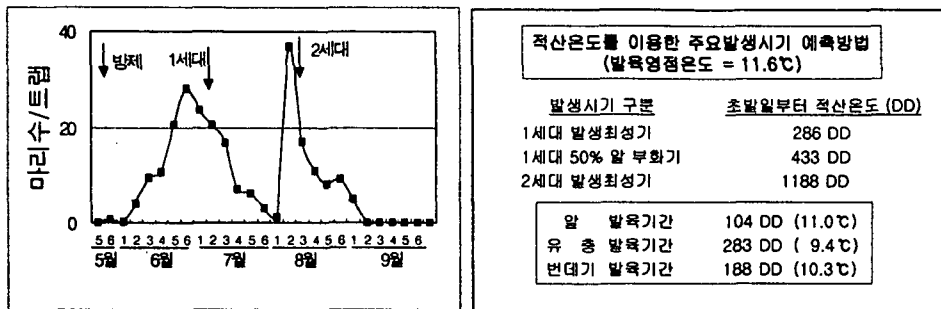
○ 성페로몬트랩 이용 5개 지역 사과원 복숭아순나방 유살수(마리/트랩,년)

| 구 분 | '99년 | '98년 | '97년 | '96년 | 평 균 |
|------|------|-------|-------|-------|-------|
| 최소지역 | 502 | 310 | 74 | 544 | 358 |
| 최고지역 | 1073 | 1,216 | 1,216 | 1,519 | 1,256 |
| 평 균 | 753 | 779 | 730 | 998 | 815 |

- 제1세대 방제적기는 발생최성기 15일후이며, 제2, 3세대는 7일후이고, 제4세대 이후는 10일후이다. 전년도 피해가 심한 곳은 제3세대 발생최성기 이후 10일 간격으로 2회 약제를 살포하고, 9월중순 추가 살포도 필요하다.
- 5일마다 조사시 발생최성기 유살수가 20마리 이상이면 방제를 고려하고, 50마리 이상이면 반드시 방제한다. 주변의 야생 복숭아나무 등 발생원을 추적하여 제거하고 마을 단위로 공동방제하는 것이 좋다.

5. 복숭아심식나방 조사결과 해석과 응용

- 사과, 복숭아, 배, 대추, 모과 등의 과실을 뚫을 내지 않고 속을 불규칙하게 가해하며 과실겉에 구멍이 뚫린다. 노숙유충으로 피해나무 밑 땅속 2-4cm 깊이에서 동글납작한 고치를 짓고 월동한다.
- 연2회 발생하고, 제1회 성충은 6월상순~7월하순, 제2회는 8월상순~하순에 발생하지만, 연도나 지역에 따라 일정하지 않다. 발생량은 연도, 지역, 과수원별로 차이가 있지만, 연간 170마리 정도이다.



○ 복숭아심식나방 발생소장('95-'99 평균, 군위)과 발생예찰

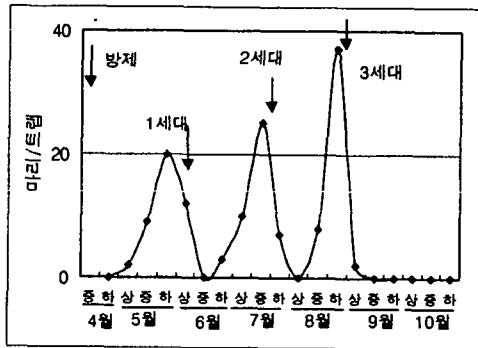
○ 성페로몬트랩 이용 5개 지역 사과원 복숭아심식나방 유살수(마리/트랩,년)

| 구분 | '99년 | '98년 | '97년 | '96년 | 평균 |
|------|------|------|------|------|-----|
| 최소지역 | 105 | 209 | 64 | 82 | 115 |
| 최고지역 | 226 | 291 | 120 | 209 | 212 |
| 평균 | 183 | 258 | 96 | 138 | 169 |

- 대체로, 각 세대별 발생최성기 10일후에 약제방제를 실시하며, 전년도 피해가 심한 사과원은 발생최성기를 중심으로 10일 간격으로 각2회 약제를 살포한다. 복숭아순나방과 동시방제 되도록 방제적기를 약간 변경할 수 있다.
- 5일마다 조사시 발생최성기 유살수가 7마리 이상이면 방제를 고려하고, 20마리 이상이면 반드시 방제한다. 주변의 야생 복숭아나무 등 발생원을 추적하여 제거하고 마을 단위로 공동방제하는 것이 좋다.

6. 사과애모무늬잎말이나방 조사결과 해석과 응용

- 사과, 배, 복숭아 등의 잎을 말고 또는 잎을 과실의 겉면에 붙이고 가해한다. 어린 유충으로 나무의 거친껍질틈에서 월동한다.
- 연3-4회 발생하고, 제1회 성충은 5월중순~6월상순, 제2회는 6월하순~7월하순, 제3회는 8월중순~9월상순에 나타나며, 제4회 성충은 지역 또는 연도에 따라 일부 발생한다. 발생량은 지역, 과수원별로 차이가 많지만, 대부분 사과원은 연간 평균 20마리 정도이고, 다발생원은 백마리 이상인 경우도 있다.



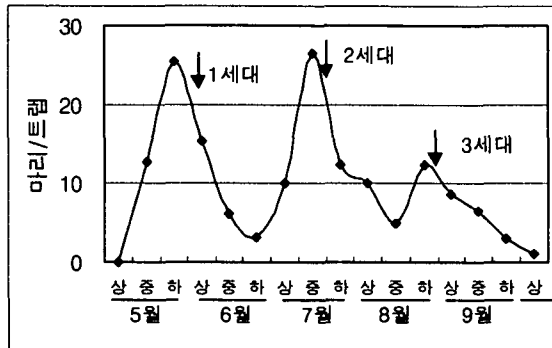
- 사과애모무늬잎말이나방 발생소장('98-'99 다발생원, 영천)
- 성페로몬트랩 이용 5개지역 사과원 사과애모무늬잎말이나방 유살수(마리/트랩, 년)

| 구 분 | '99년 | '98년 | 평 균 |
|------|------|------|-----|
| 최소지역 | 6 | 2 | 9 |
| 최고지역 | 42 | 106 | 74 |
| 평 균 | 16 | 29 | 23 |

- 제1세대 방제적기는 발생최성기 12-14일후(6월중순)이며, 제2,3세대는 발생최성기 8-9일전후이다. 특히, 전년도 수확시 피해가 심한 사과원은 9월중순 추가 살포도 필요하며 과실부근에 있는 잎을 9월하순경부터 일찍 적엽한다.
- 5일마다 조사시 발생최성기 유살수가 5마리 이상이면 방제하는 것이 좋다. 연중 발생밀도가 10마리 미만으로 낮을 경우는 피해가 크게 문제되지 않는다.

7. 사과무늬잎말이나방 조사결과 해석과 응용

- 사과, 배, 복숭아 등의 잎을 말고 또는 잎을 과실의 겉면에 붙이고 가해한다. 어린 유충으로 나무의 거친껍질틈에서 영성한 고치를 짓고 월동한다.
- 연2-3회 발생하고, 제1회 성충은 5월중순~6월중순, 제2회는 7월상순~8월상순, 제3회는 8월중순~9월하순에 나타나며, 발생량은 지역, 과수원별로 차이가 많지만, 대부분 사과원은 연간 평균 10마리 정도이고, 다발생원은 수 십마리 이상인 경우도 있다.



○ 사과무늬잎말이나방 발생소장('95-'99 다발생원, 의성)

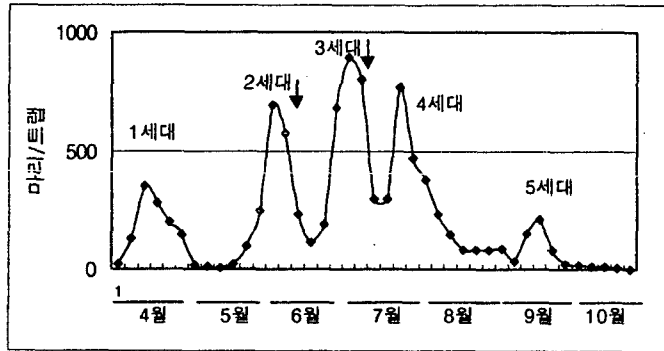
○ 성페로몬트랩 이용 5개 지역 사과원 사과무늬잎말이나방 유살수(마리/트랩,년)

| 구 분 | '99년 | '98년 | 평 균 |
|------|------|------|-----|
| 최소지역 | 3 | 1 | 2 |
| 최고지역 | 22 | 35 | 29 |
| 평 균 | 12 | 10 | 11 |

- 제1세대 방제적기는 발생최성기 12-14일후(6월중순)이며, 제2,3세대는 발생최성기 8-9일전후이다. 그러나, 사과원의 수확시 과실 피해는 사과애모무늬잎말이나방에 비하여 문제가 되는 경우가 드물다.
- 5일마다 조사시 발생최성기 유살수가 5마리 이상이면 방제하는 것이 좋다. 연중 발생밀도가 10마리 미만으로 낮을 경우는 피해가 크게 문제되지 않는다.

8. 사과굴나방 조사결과 해석과 응용

- 사과나무와 대목류의 잎을 가해하며, 낙엽된 피해잎 속에서 번데기로 월동한다. 3령까지 어린유충은 선상으로, 이후는 약1cm² 면적을 식해한다.
- 연4-5회 발생하고, 제1회 성충은 4월상순~5월상순, 제2회는 6월상순, 제3회는 6월하순~7월상순, 제4회는 7월하순~8월이며, 일부 제5회 성충이 9월에 나오나 제3회 이후는 세대가 중복되는 경우가 많다. 발생량은 연간 평균 10,000마리(범위 8,000-13,000마리)로 많지만, 최근 발생밀도가 줄고 있고 실제 피해도 거의 무시할 정도로 줄었다.



○ 사과굴나방 발생소장('95-'99 평균, 군위)

- 성페로몬트랩 이용 5개 지역 사과원 사과굴나방 유살수(마리/트랩,년)

| 구 분 | '99년 | '98년 | '97년 | '96년 | 평 균 |
|------|-------|--------|-------|--------|--------|
| 최소지역 | 5,603 | 2,450 | 8,933 | 16,730 | 8,429 |
| 최고지역 | 8,513 | 15,691 | 9,433 | 18,084 | 12,930 |
| 평 균 | 4,273 | 8,263 | 9,719 | 20,254 | 10,627 |

- 6-7월에 5일마다 조사시 1,000마리 이상이 2-3회 발생하면 심식나방류와 잎말이나방류와 동시방제 한다. IPM체계에서는 사과굴나방은 약제방제 대상해충이 아니며, 강충좀벌등 천적에 의한 생물적방제를 위해 합성제충국제 농약사용을 피해야 한다.
- 제1세대(4-5월)는 주간부 지면의 흙지, 9월이후는 도장지를 집중 가해하므로 이들의 제거나 수세안정이 약제방제에 앞서 실천되어야 한다.

9. 은무늬굴나방 발생생태, 방제 및 성페로몬트랩 이용

- 1990년대 초부터 발생이 급격히 증가하고 있으며, 발생예찰용 성페로몬트랩이 1999년에 개발되었다.
- 사과나무와 대목류의 새로 나오는 신초 끝부분 잎을 가해하며, 거친 껍질 틈새, 낙엽밑, 사과원 주변 건물의 벽면 등에서 주로 암컷 성충으로 월동한다.
- 연5-6회 발생하며, 월동성충은 발아하는 잎 조직속에 1개씩 점점이 산란한다. 제1회 성충 발생은 5월하순경, 이후는 약1개월 간격으로 발생하며, 9월하순-10월에 월동성충이 생긴다.
- 알을 신초선단 1-2개 잎뒷면에 낳는데, 산란흔은 잎을 따서 햇빛에 비춰보면 바늘구멍 크기의 갈색반점으로 보인다
- 어린유충은 잎의 표피속을 가는 선상으로 가해하며, 자라면서 점차 부정형으로 넓게 신초끝 2-3개 잎을 식해한다. 다 자라난 노숙유충은 잎 밖으로 실을 타고 내려와 잎뒷면에 고치를 만들고 번데기가 된다.

○ 연도별 사과원 은무늬굴나방 발생상황

| 구 분 | '92 | '93 | '94 | '95 | '96 | '97 | '98 | '99 |
|------------|-----|-----|-----|-----|------|------|------|------|
| 발생과원율(%) | 15 | 50 | 80 | 68 | 83 | 96 | 100 | 80 |
| 피해엽수(40신초) | 0.4 | 2.4 | 9.8 | 2.0 | 11.9 | 20.9 | 25.3 | 10.1 |

- 새로 자라는 신초 선단잎만을 가해하므로 전엽기부터 6월상순(신초 주생장기)까지는 진딧물과 동시방제 한다. 이후 결실수는 수세안정으로 도장지 발생을 적게하는 것이 피해를 방지하는 길이다.
- 묘목원과 질소과다 또는 해거리로 도장지 발생이 많은 결실수에서는 7월부터 10월까지 피해가 지속되고 특히 9월말경 피해가 많으므로 추가 방제대책이 필요하다.
- 합성제충국제는 은무늬굴나방에 대하여 방제효과가 저조한 경향이므로 동시방제제로 사용하는 것을 피해야 한다.
- ※ 성페로몬트랩을 설치하여 성충의 유살수 조사결과, 신초 선단 산란흔을 관찰한 결과, 앞으로 신초 생장이 계속될 것인지의 3가지를 종합하여 방제여부를 결정할 수 있다.

10. 성페로몬 발생예찰자료의 컴퓨터 입력방법

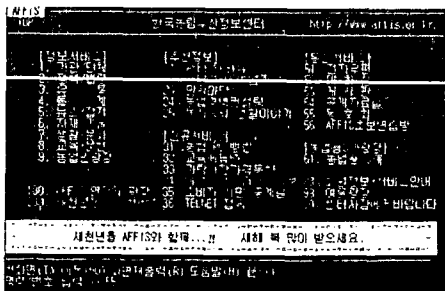
○ 사과연구소에서 '95년부터 운영하는 컴퓨터 “사과사랑동호회”는 사과 병해충 발생예찰과 이에 대한 대책 및 전반적인 사과 관련자료들을 검색할 수 있다. 사과사랑동호회의 32번란을 보면 성페로몬조사란이 있으며, 이 란에 각 농가의 성페로몬 조사결과를 입력해 주면, 연구소뿐만 아니라, 전국의 모든 사과재배농민들이 각 지역의 해충 발생 상황 정보를 공유할수 있게 된다.

○ 통신망을 이용한 사과사랑동호회 접속방법

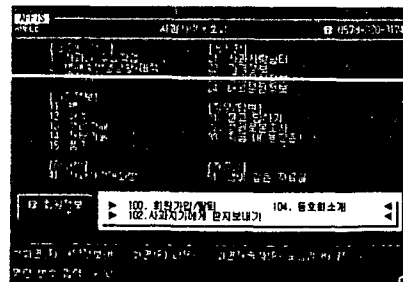
- 1) 컴퓨터에서 통신용프로그램(이야기, 새롬데이터맨 등)을 실행하여 천리안으로 전화걸기를 한다.
- 2) 초기화면에서 “농림수산정보센터(affis)번호를 선택하고 enter 키를 친다.
- 3) 회원아이디를 입력하는 란에 “Guest”를 입력하여 농림수산정보센터에 접속한 후, “100.회원가입신청”메뉴를 선택하여 자신의 아이디와 비밀번호를 결정한다.
- 4) 2~3일후 자신의 아이디와 비밀번호가 발급되면 대구사과연구소로 전화(0578-380-3172, 3174)하여 사과사랑동호회 회원으로 등록한다.

○ 사랑동호회에 성페로몬 발생예찰자료 입력 방법

①농림수산정보센터에 접속 → ②초기화면에서 “55.동호회” 선택→ ③“2. 사과사랑동호회” 선택 → ④“32.성페로몬조사” 메뉴 선택 → ⑤글쓰기를 위해 W를 치고, 제목란에 제목을 입력(예, 4월5일조사, 논산 홍길동) → ⑥내용을 작성하고(예, 복순:10, 복삼:5, 사무:4, 애모:5, 사굴:200, 은굴:300), enter 키를 친후 맨처음줄에서 마침표(.)를 찍은 다음 다시 enter 키를 친 →⑦“1.입력완료”를 선택. (어려우면 연구소로 전화주세요)



▲ 농림수산정보센터 초기화면



▲ 사과사랑동호회 초기화면

[제 2부] 원색사진

1. 발생예찰용 성페로몬트랩과 교미교란 방출기



▲ 1-1 발생예찰용 트랩



▲ 1-2 트랩 측면



▲ 1-3 교미교란 방출기 A



▲ 1-4 교미교란 방출기 B

2. 발생예찰 성페로몬트랩과 방출기



▲ 2-1 윙트랩



▲ 2-2 델타트랩



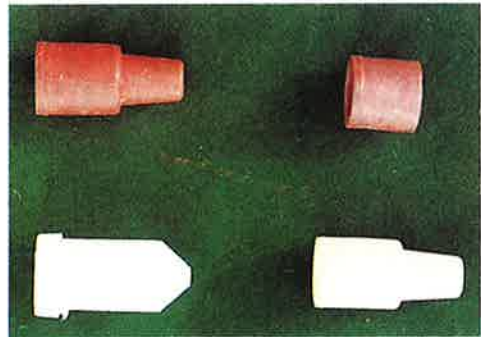
▲ 2-3 변형 트랩



▲ 2-4 원통형 트랩



▲ 2-5 포획형 트랩



▲ 2-6 유인제 방출기

3. 발생예찰 성페로몬트랩에 유살된 수컷 성충



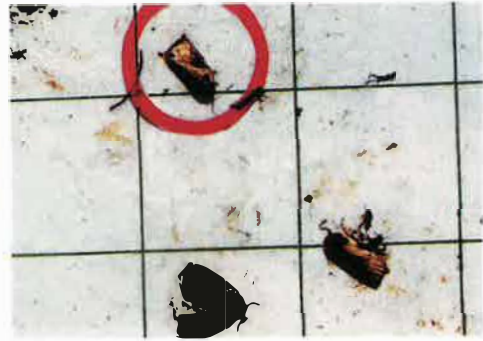
▲ 3-1 복숭아순나방



▲ 3-2 복숭아심식나방



▲ 3-3 사과애모무늬잎말이나방



▲ 3-4 사과무늬잎말이나방



▲ 3-5 사과굴나방



▲ 3-6 은무늬굴나방

4. 과수 나방류의 가해 모습



▲ 4-1 복숭아순나방



▲ 4-2 복숭아심식나방



▲ 4-3 잎말이나방 피해잎



▲ 4-4 잎말이나방 피해과실



▲ 4-5 사과굴나방 피해잎



▲ 4-6 은무늬굴나방 피해잎

[제 3부] 교미교란

[이 론]

1. 성페로몬 교미교란 방제의 정의와 작용기작

성페로몬은 발생예찰에서 이미 설명한 바와 같이 암컷에서 방출되어 같은 종의 수컷 나방을 유인하는 화학물질이다. 교미교란 방제는 해충의 합성 성페로몬을 방출기(원색사진 1-3, 4)에 넣어 과수원에 설치하여 서서히 방출되어 나오게 하므로써, 수컷 성충이 진짜 암컷 성충을 탐색·발견하지 못하도록 하여 교미를 저해하고 수정율을 떨어뜨려서 결국 대상 해충의 번식을 방해하는 방제효과를 나타내는 것이다.

교미교란 방제 방법에는 두가지 이상 물질로 구성된 성페로몬 성분을 모두 사용하는 경우, 일부의 성페로몬 성분만을 사용하는 경우 또는 성페로몬은 아니지만 교미교란 작용을 가진 물질을 사용하는 경우로 나뉜다.

합성 성페로몬이 해충의 발생 전기간에 걸쳐 지속적으로 방출되도록 사용하는 방출기는 속이 빈 섬유, 2중 플라스틱, 마이크로 캡슐, 폴리에틸렌 튜브나 주머니 등이 개발되어 사용된다.

교미교란이 방제 효과를 나타내는 작용기작은 다음과 같이 여러 가지 이론이 제시되고 있다.

첫째, 합성페로몬이 포장에 계속 방출될 경우에 곤충의 페로몬을 감지하는 수용세포나 중추신경이 연속적인 자극을 받아서, 진짜 암컷의 페로몬에 대한 반응수준이 올라가거나 전혀 반응할 수 없게 된다.

둘째, 암컷이 부르기 전에 합성페로몬이 지속적으로 방출되어 이에 수컷이 반응을 하게 되면, 나중에 진짜 암컷이 페로몬을 방출할 때는 수컷의 반응이 떨어지게 된다.

셋째, 진짜 암컷이 내는 페로몬의 방출 흐름과 합성페로몬의 방출 흐름이 달라서, 수컷이 교미를 하기 위하여 날으는 행동이 달라지게 되어 암컷의 위치를 파악하는 능력을 변화시킨다.

넷째, 어느 정도 떨어진 거리에서 암컷이 내는 페로몬이 방출될 경우, 가까운 거리에서 방출되는 합성페로몬 때문에 암컷이 내는 페로몬의 방향을 혼동하여 암컷을 찾아갈 수 없게 된다.

다섯째, 두 성분 이상의 페로몬을 이용하는 해충의 경우에, 일부 합성페로몬 성분만을 다량으로 사용하면 페로몬 성분의 구성비율이 달라져 정상적인 반응을 할 수 없게 된다. 그러나, 위에 제시된 이론 중 어떤 것이 얼마나 교미교란 작용에 영향을 주는지를 포장에서 구분해서 시험하기가 불가능하므로 정확한 작용기작 구명이 곤란하다.

2. 성페로몬 교미교란 방제의 필요성

살충제의 방제효과는 해충이 약제방제에 가장 약한 발육시기에 치사량을 살포하여 충체에 접촉하거나 소화중독 또는 일부 침투작용을 통해 나타난다. 대부분의 나방류는 알이나 1령 유충기가 이에 해당되는데, 벤틀제와 같은 생물농약은 더욱 적기방제가 중요하다. 따라서, 방제의 성공여부는 현장 조사 또는 성페로몬트랩을 이용한 나방류 발생 실태를 조사하여 알 또는 부화시기를 잘 파악하는데 있다. 과실을 가해하는 심식충류는 알에서 부화직후 유충이 과실 속으로 들어가므로 방제 적기의 폭이 아주 좁아서 실패할 위험성이 높으므로 발생기간중 살충제를 정기적으로 과다 살포한다.

또한, 현재 가장 널리 사용하는 유기합성 살충제(유기인계, 카바메이트계, 합성제충국제)는 광범위 살충작용이 있어 목표 해충뿐 아니라 중요한 천적등 익충도 무차별하게 죽이게 된다. 그러나, 얼마후 목표 해충이 살충제에 저항성을 갖게 되어 방제효과가 낮아지면, 천적이 전혀 없기 때문에 이들 해충의 밀도가 급격히 증가하는 문제점이 나타난다.

이런 문제점을 극복하기 위하여 새로운 살충제를 개발하지만, 몇 년 안가서 똑같은 과정이 지금까지 30여년 이상 반복되고 있다. 최근에는 친환경농업의 확산과 좀더 농약에 안전하고 고품질의 농산물이 요구되고 있는 실정이다. 더욱이, 1999년에 미국에서는 식품품질보호법(FQPA)이 발효되어 기존 관행 살충제에 대한 재등록이 실시되므로 지금까지 사용하던 유기인계 살충제 사용이 극히 제한될 위기에 처해있고, 또한 새로운 광범위 살충제 등록이 어렵게 되어있다. 우리나라도 점차 기존 광범위 유기합성 살충제 사용과 새로운 살충제 등록에 많은 제약을 받을 전망이다.

이에, 성페로몬을 이용한 교미교란 방제는 문제해충의 방제를 가능케 할 뿐아니라 상기와 같은 살충제의 생태계 파괴적인 악순환 고리를 차단할 수 있는 새로운 개념의 해충 방제 대책으로 급부상 되고 있다. 특히, 친환경 농업으로 추진하고 있는 병해충 종합관리(IPM)와 과실종합생산(IFP) 체계에 있어서, 성페로몬 교미교란 방제는 농약을 획기적으로 절감하고 응애류의 생물적방제를 가능케 하는 핵심기술로 이용되고 있다. 미국, 캐나다, 유럽연합, 호주, 뉴질랜드는 물론 일본에서도 성페로몬이 과수의 심식나방류와 잎말이나방류의 방제제로 등록되어 사용되고 있다. 우리나라도 사과와 나방류 6종에 대한 발생예찰용 성페로몬이 실용화 되고 있으므로, 이들을 교미교란 방제용으로 하루 빨리 이용해야 한다.

3. 성페로몬 교미교란 방제의 특징과 장단점 비교

성페로몬은 작물 뿐 아니라 사람과 환경에 해가 없으며, 종 특이성이 있어서 천적에도 영향을 주지 않는다. 해충 방제를 위해 성페로몬을 사용하므로써 광범위 살충제 살포회수를 크게 줄인다면, 목표로 하는 해충의 천적 뿐아니라, 응애·진딧물류와 같은 2차 해충의 천적도 증가하게 되어 추가로 이들을 방제하기 위해 사용하던 농약을 줄일 수 있다.

성페로몬 교미교란 방제는 지금까지 10년 이상을 동일 포장에서 계속 사용할 때에도 해충의 저항성 문제가 발생하지 않고 있으며 지속적으로 방제효과를 나타내고 있다. 또한, 성페로몬 방출기를 나무에 매는 작업은 아주 단순하고 시간이 많이 소요되지 않는다.

○ 성페로몬과 유기합성 살충제의 장단점 비교

| 구 분 | 성페로몬 | 유기합성 살충제 |
|--------|--|--|
| 독성 | 독성 없음 | 대부분 독성 높음 |
| 분해·잔류 | 쉽게 분해 됨 잔류 문제 없음 | 서서히 분해되므로, 안전사용 기준 준수 |
| 선택성 | 목표 종에만 영향을 줌 천적, 익충에 영향 없음 생태계 균형 유지 | 여러 종에 영향이 큼 천적, 익충도 죽여서 2차해충 (응애류) 다발생 문제 야기 |
| 저항성 | 저항성 유발 사례 없음 | 저항성 유발. 합성제충국제는 3-5년 이내에 효과 저하 |
| 처리 시기 | 나방 발생전 예방적 사용 약해 전혀 없음 | 적기 살포가 매우 중요 처리 시기에 따라 약해 발생 |
| 처리 면적 | 대면적 일수록 효과적 | 면적크기에 구애받지 않음 |
| 비용·사용량 | 합성비용 고가, 소량 사용 | 생산비용 저렴, 다량 필요 |
| 사용 농민 | 교육 필요 | 대부분 사용 경험 있음 |

특히, 성페로몬은 사람에게 전혀 영향이 없으므로 언제라도 과수원 작업이 가능하지만, 유기합성 살충제는 영향이 크므로 살포후 일정기간 과수원 작업을 해서는 안된다. 예로, 미국에서는 코드링나방 방제를 위하여 낙화후 유기인계를 18일 간격으로 살포할 경우 과수원에서 작업을 할 수 있는 날이 제한되어 5-6월에 적과작업을 효율적으로 수행할 수 없는 문제가 심각하다.

4. 성페로몬 교미교란 방제효과에 영향을 주는 요인들

가. 제품의 영향

제품의 성페로몬 성분 방출 양상이 교미교란의 기작을 결정하는 요인으로서 방제효과 여부를 결정한다. 성페로몬이 얼마나 잘 일정하게 방출되고 오래 지속되느냐, 얼마나 분해되는 것이 보호되느냐, 효과가 있는 한계농도가 얼마이나 등에 따라서 방제효과가 크게 달라진다.

주성분이 화학적으로 동일할 경우는 효과에 영향을 미치는 것은 미세 성분일 수 있다. 같은 교미교란제를 똑같은 농도로 같은 해충에 사용할 경우라도 제품간에 교미교란 효과에 차이가 큰 것은 이 때문이다. 따라서, 어느 한제품이 포장 교미교란 방제 시험에 실패했다고 해서, 같은 성분의 다른 제품도 역시 효과가 없다는 것을 의미하지 않는다.

나. 해충의 밀도와 발생상태

교미교란 방제 효과에 영향을 주는 중요한 요인의 하나는 이미 교미한 암컷이 다른 곳에서 날라오느냐의 문제이다. 교미교란 방제는 교미교란제가 처리되지 않은 다른 지역(포장)에서 교미한 암컷이 날라 들어오는 것을 막을 수 없다. 따라서, 대상으로 하는 해충의 발생동태를 과수원 뿐만아니라 주변까지도 철저히 파악하는 것이 성패의 관건이다.

해충의 개체군 밀도와 교미교란 효율성의 관계를 구명하는 것이 다음으로 중요하다. 개체군 밀도가 아주 높으면 암수의 짝짓기는 평균 이동거리가 짧아져서 쉽게 이루어진다. 가까운 거리에서는 암수가 서로 보고 감촉으로 느끼며 일부 종에서는 청각으로도 알아볼 수 있다. 따라서, 해충 밀도가 높으면 교미교란 방제효과를 기대하기가 어렵다.

해충이 일년에 몇 회 발생하는 지도 교미교란 방제효과에 영향을 주는데, 연간 발생회수가 많을수록 방제효과가 떨어진다는 보고가 적지 않다.

다. 해충의 교미 습성

몇 종 나방류에서는 교미습성이 이중적이어서 교미교란이 어렵다고 한다. 대부분 나방류는 암컷이 수컷을 유인하는 것이 일반적인데 비하여 가끔 수컷이 암컷을 유인하는 경우도 있다. 이 같은 상황에서는 단순히 암컷을 찾는 수컷의 교란만으로는 교미를 억제할 수 없다.

암컷의 신호 방법이 교미교란 방제효과에 영향을 줄 수 있다. 예로,

잎이 무성한 나무 상단에 암컷이 앉아서 신호를 보내는 해충인 경우에 교미교란 방출기를 수관내부에만 설치하면, 암컷이 내는 성페로몬 냄새띠와 방출기가 내는 냄새띠간에 틈새가 생겨서 교미교란 방제효과가 저하될 수 있다.

사실, 짝을 발견하는 효율은 종에 따라서 크게 다를 수 있다. 암컷의 경우는 페로몬 방출 특성(농도와 기간)과 냄새띠가 흐르기에 좋은 위치의 선택에 따라서 차이가 있다. 수컷의 경우는 냄새띠를 발견하는 방법, 반응할 수 있는 한계농도, 냄새띠가 나오는 원천까지 따라갈 수 있는 능력 및 반응 기간에 따라 다르다. 이들중 암컷의 페로몬 방출농도와 수컷의 반응 한계농도가 가장 큰 직접적인 영향을 준다.

교미 습성은 환경조건에 의해서 변화될 수 있다. 수관의 특성과 바람 방향의 변화가 냄새띠의 흐름구조를 결정한다. 예로, 생육초기에 잎이 적을 때의 수관내 풍속은 여름철 잎이 무성할 때보다 훨씬 빠르게 된다. 그러므로 수컷이 암컷에 끌려서 찾아가는 거리는 계절에 따라 차이가 있다.

또한, 암수간의 통신거리는 해충이 주야간에 어떤 반응을 보이는 지에 따라서도 변한다. 몇 종은 낮과 밤 기간동안 모두 페로몬에 유인된다. 밤에는 평균풍속은 줄어들고 빛이 거의 없어 나방의 시각에 의한 반응은 감소되므로, 비상하는 나방이 방향을 판단하는 유일한 방법은 풍향이다. 따라서, 페로몬 냄새띠의 발생원을 찾아갈 수 있는 능력이 야간에는 주간보다 증가된다.

5. 성페로몬 교미교란 방제효과 제고 방안

방출기로부터 나온 페로몬은 포장내에 분산되어 축적되므로 어떻게 전체 대상면적에 균일하게 처리하느냐가 중요하다. 소면적 보다는 대면적 처리시 페로몬 농도가 높게 유지되고, 바람이 불어도 영향이 적다. 농가당 재배면적이 작은 우리나라는 이웃 농가들과 공동으로 사용하는 것이 효과적이다.

교미교란 방제는 해충의 밀도가 낮을 때 가장 효과가 좋으므로, 최초 1세대 성충이 우화되기 전에 처리해야 효과를 얻을 수 있다. 또한, 제1세대 방제적기를 추정하여 천적에 영향이 적은 적당한 선택성 농약으로 보완방제를 해야 한다. 특히, 페로몬 사용 첫해에는 반드시 제1세대 약제방

제를 실시해야 한다. 이때, 광범위 살충제(특히, 합성제충국제)를 사용하면 천적을 모두 죽이고, 또한 목표하는 해충이 이들 살충제에 저항성이 유발되었다면, 살충제 살포는 목표해충의 밀도를 증가 시킬 수 있어서 페로몬의 교미교란 방제효과를 오히려 감소 시킨다.

페로몬 교미교란 방제시는 추가 살충제 살포가 필요한 지를 반드시 확인해야 한다. 별도의 발생예찰용 페로몬 트랩을 설치하여 주기적으로 유살수를 조사하고, 과실이나 신초에 피해가 나타나는 지도 조사해야 한다. 또한, 페로몬 교미교란 방제시 응애류 천적인 이리응애류가 발생하기 쉬우므로 이들 천적류의 발생과 응애류 밀도를 확대경(15배 내외)으로 정밀조사 하여 필요시만 응애약을 살포하면 조만간 천적에 의한 응애류 생물적방제가 성공되어 응애약을 사용하지 않아도 된다.

페로몬 교미교란 방제는 처리면적이 넓고, 계곡의 아래쪽, 바람이 적게 부는 곳(예, 초속 1m 이하) 등에서 특히 효과가 우수하다. 이런 지형의 포장에서는 방출기 설치 숫자를 줄일 수 있다. 경사가 급한 곳, 소면적 처리, 바람 받이 등에서는 방출기 설치 숫자를 늘려야 한다.

페로몬 교미교란 방제는 대부분 성공할 수 있으나, 가까운 주변에 야생기주가 있거나, 방제가 소홀하고 방치된 과수원이 있으면 이들 포장에서 교미한 암컷 나방이 날라와 피해를 줄 수 있으므로 이와 같은 문제를 고려해야 한다.

6. 성페로몬 교미교란 처리의 효과 판단 방법

가장 기본이 되는 방법은 발생예찰용 페로몬 트랩을 교미교란 처리한 포장과 교미교란 처리의 영향을 받지 않는 먼 거리의 포장 밖에 설치하고, 페로몬 트랩에 유살된 나방 수를 비교하는 것이다. 교미교란 포장의 유살수가 98-100% 정도 감소되면 교미교란 작용이 잘 일어나고 있음을 의미하며, 유살수 감소가 95% 미만으로 내려간다면 교미교란 처리 포장에서도 교미가 일어날 수 있는 수준이라고 생각하면 된다.

대상 해충이 야행성인 경우에 좀더 정확한 방법은 교미교란 처리된 포장내에서 야간 관측장비를 이용하여 교미습성을 알아보는 것이다. 연구원들은 포장에 미교미 암컷을 묶어놓고 하루밤 이상을 방치한 후에 이들의 교미여부를 파악하기도 한다. 가장 확실한 방법은 교미교란 전후 또는 인근 포장과 피해정도를 조사 비교하는 것이다.

7. 성페로몬 교미교란 방제 성공사례 소개

가. 코드링나방

1차 기주는 사과이지만, 기후나 먹이조건에 쉽게 적응하여 배, 복숭아, 살구, 호두 등도 쉽게 가해한다. 유럽, 남북아메리카, 남아프리카, 호주 등의 사과와 배에 주요 해충이고, 광범위 살충제를 사용하여 이를 방제하므로써 익충의 밀도를 격감시켜 잎용애류의 다발생 문제를 야기하였다.

1973년에 최초의 교미교란 시험이 집약적으로 수행되어 지금까지도 계속되고 있다. 이는 코드링나방이 경제적으로 매우 중요하고 선택적인 방제 필요성이 시급하기 때문이다. 미국, 캐나다, 서유럽, 호주, 뉴질랜드 등 각지에서 교미교란 시험이 실시되었으나 결과는 일정하지 않았다. 초기 발생 밀도가 낮고 교미교란제가 천연 페로몬 성분과 거의 같을 경우에만 성공적인 경향을 보였다.

Charmillot(1990)은 코드링나방 교미교란 성공조건으로 “① 과수원이 독립되어 있고 3ha보다 적지 않아야 한다. ② 외부의 발생원과 최소한 100m 이상 격리되어야 하고, 처리 과수원 주변에는 방출기를 2중으로 설치해야 한다. ③ 교미교란 처리와 살충제 처리를 비교시는 40-50m 정도의 완충지대를 두어야 한다. ④ 처리 과수원은 수고가 2.5m 이하의 균일한 왜성 사과원이어야 한다. ⑤ 초기 발생밀도가 1주에 월동유충이 2-3마리 이하여야 처리 첫해에 경제적 피해수준을 넘지 않는다.”고 하는 전제조건을 제시한 바 있다.

1987년에는 방출기로 두 개의 병모양 플라스틱 용기가 사용되었는데, 한쪽에는 코드링나방, 다른 쪽에는 우점 잎말이나방 페로몬을 담았다. 이 제품은 손으로 달도록 고안되어 유럽 여러 나라에서 시험이 확대되었다. 1989-1991년에 네델란드 사과원 6ha에서 실시된 결과는 경제적 피해수준인 1% 미만의 피해를 가져왔다. 그러나, 스위스, 프랑스 등지에서는 초기 발생밀도가 많거나 방출량이 충분치 못해서 결과가 만족치 못하였다. 오스트리아에서는 교미교란이 대성공을 거두어 400ha까지 확대되었다. 남티롤 지방에서는 1989-1991년에 20ha에서 성공을 거두어, 1991년에는 인근 40여 농가 110ha, 1992년에는 600ha, 1993년에는 1,200ha, 1994년에는 2,000ha까지 확대되었다. 이 방출기 등록은 독일, 오스트리아, 벨기에에서 허가되었으나, 이태리에서는 등록을 얻지 못했다.

1986년 워싱턴주에서는 로프형 방출기 제품(원색사진1-4) 시험되었

다. 길이 20cm의 폴리에틸렌이고 속에 페로몬을 넣고 양끝을 봉합하였다. 1991년까지의 시험결과 피해를 67-92% 정도 감소시켰다. 이는 대부분 피해과율이 0.5% 이하로서 경제적 피해수준 이하였으나, 일부 피해가 높은 경우는 주변에 코드링나방 발생이 많은 과수원이 있거나 방출기를 너무 적게 설치한 때문이었다. 그외에 버지니아주의 사과원과 캘리포니아 배 과수원에서 바람직한 결과가 보고되었다. 이들로부터 성공을 위한 조건으로 ① 교미한 암컷이 이입해 들어올 수 없도록 격리된 곳, ② 나방류 개체군의 발생 수준을 미리 알고 있는 곳, ③ 다른 방제 수단으로부터 혼동이 없는 곳, ④ 같은 장소에서 수 년간 지속적으로 실시 등 4가지가 제시되었다.

꼬는 로프제품은 1991년에 미국에서 1ha에 1,000개씩 2회 처리하는 것으로 상업적 사용을 위한 등록이 되었다. 1991년에 800ha, 1992년에 2,750ha, 1993년에 4,000ha까지 워싱턴주와 캘리포니아주에서 사용되었다. 1998년에는 전체 면적의 약20%인 16,000정보 이상 사과·배 과수원에서 사용되었다. 그러나, 등록된 농도에서 방제가 언제나 만족스러운 것은 아니어서 일부 과수원에서는 보완 살충제 살포를 실시한다. 페로몬 방출이 저온조건에서 너무 적기 때문에, 효율을 높이려면 설치수를 늘리거나, 저온에서 방출량을 좀더 많이 방출기를 개선해야 한다.

모든 노력에도 불구하고, 코드링나방에 대한 교미교란의 대규모 상업적 사용은 아직 좀 이르지만 점차 진전되고 있다. 가장 사용에 제한을 주는 것은 초기 발생밀도가 낮아야 한다는 것과 격리정도가 커야 한다는 것인데, 대부분의 과수 지대는 이 조건을 충족시키기 쉽지 않다. 성공 확률이 높은 곳은 중간정도의 온도조건을 갖는 곳으로서 코드링나방 발생이 연1~2회인 지대이다. 교미교란을 사용하기 위한 가장 좋은 방안은 전지역을 포함하는 관리 체계가 실시 되는 것일 수 있다.

교미교란 방제 비용은 최초에는 1정보에 380천원 정도였으나, 지금은 공급자간 경쟁 때문에 180천원으로 낮아졌다. 또한, Isomate C 제품은 초기에는 정보당 1,000개를 설치하였으나 지속적으로 대면적 처리를 실시하면서 방제효과가 좋아서 지금은 500개 정도만 설치하고 있다. 또한, 초기에는 살충제를 보완적으로 살포하였으나 지금은 페로몬 사용 농민의 14% 만이 살충제를 살포하고 있다.

코드링나방을 페로몬으로 방제시 잎말이나방류와 밤나방류의 발생이 문제되는 경우가 있는데, 이 때는 개화전에 유기인제인 로스반(그로포)을, 6월 이후 온도가 21℃를 넘으면 미생물 살충제인 비티제를 1-2회 사

용하여 방제하고 있다. 최근 로스반의 방제효과가 저하되어 봄철 저온기에 효과가 있는 스피노사드라는 새로운 저독성 살충제로 대체하여 효과를 보고 있으며 테부페노자이드와 웨녹시카브가 등록되어 사용 가능하다. 앞으로 이들 나방류도 코드링나방과 동시에 방제할 수 있는 복합 페로몬 교미교란제를 개발하려는 노력을 하고 있다.

나. 복숭아순나방

중국 북서지방이 원산지이지만, 현재는 전세계 과수 재배지대(아시아, 유럽, 남북아메리카, 북아프리카, 중동지방, 뉴질랜드, 호주)에 광범하게 분포한다. 특히 복숭아와 천도복숭아, 사과 배등 주요 해충이다. 유충이 신초와 과실에 구멍을 뚫고 들어가 가해한다. 아주 낮은 밀도에서도 경제적 피해를 야기한다. 일반적으로 조생종 보다 만생종에서 피해가 많은데, 이는 개체군이 증가할 수 있는 기간이 길기 때문이다. 천적에 나쁜 영향을 주는 아진포(구사치온)와 같은 광범위 살충제의 사용으로도 방제하기가 쉽지 않다.

성페로몬은 3성분의 복합체((Z)-8-dodecenyl acetate : (E)-8-dodecenyl acetate = 95 : 5 에 (Z)-8-dodecen-1-ol 이 3-10% 함유)이다. 호주와 미국의 시험결과 복숭아순나방은 통신교란에 아주 민감함이 밝혀졌다. 처음에는 두가지 아세테이트 성분만으로 교미교란을 했으나, 후에 보조성분인 알콜을 추가하므로써 교미교란에 필요한 페로몬 양을 절감할 수 있었다.

방출기는 1982-1989년에 프랑스에서 아세테이트 두성분(9:1)을 75mg씩 넣은 폴리에틸렌 튜브와 400-500mg씩을 넣은 중합체 병의 형태로 시판되었다. 교미교란 효과를 얻기 위해서는 1 ha면적에서 1시간에 20mg이 방출되어야 하였고, 이를 위해서는 1,000개의 방출튜브를 연2회 설치해야 하였다. 반면, 플라스틱 병에 넣은 방출기는 1ha에 500개를 1회 설치하여도 발생기간 동안 방제가 가능하였다. 좀더 낮은 지대인 론계곡에서 시험한 결과가 더욱 성공적이어서 이후 상업적 개발을 부추기어 스페인, 이태리 등으로 확산되었고, 1992년에는 수 천 정보의 면적에 처리되었다.

미국의 캘리포니아와 버지니아주에서는 페로몬 처리로 관행 살충제 살포시와 맞먹는 비용을 들여서 농약과 비슷하거나 또는 더 낮은 정도의 방제효과를 얻었다. 폴리에틸렌 튜브 방출기를 나무높이의 1/3 지점에 1,000개/ha를 설치하였는데 총량은 75g이다. 최초 설치하는 봄철 1화기 발생전에 하고, 2차는 90일 후에 설치하여 관행살충제 처리와 같거나 더

우수한 방제효과를 거두었다. 복숭아와 천도복숭아에서 1987년 600ha가 페로몬을 사용하였고, 1990년에는 4,000ha로 증가되었다. 중국(1988)과 브라질(1989)에서도 비슷한 사례가 있다.

가장 상업적 성공을 거둔 나라는 호주이다. 초기에 Vickers 등(1985)은 50ml의 유인제(아세테이트 + 알콜 3.8%)를 400ml의 원심분리기용 튜브에 넣어서 사용하였다. 이들을 1나무에 4개씩 설치하여 1시간에 1ha에서 5mg씩이 방출되도록 하였다. 3년간 25-40ha 규모의 시험결과, 교미교란 방제가 관행살충제와 비교하여 비용과 효과가 비슷하였다. 이로인해 호주의 뉴사우스웨일즈와 빅토리아주에서 10,000ha 이상의 면적으로 확대되었다. 그러나, 일부 다른 지역에서는 효과가 저조하였는데, 이유는 복숭아순나방의 발생기간이 7개월로서 6세대가 발생하는데 이 기간 내내 충분한 량이 방출되지 않기 때문이라 하였다.

남아프리카에는 복숭아순나방이 최근 침입한 해충인데, 전년도에 피해가 많았던 1,200ha의 핵과류에 1991-1992년에 로프형 제품을 처리하여, 단1개의 피해도 없을 정도로 효과가 좋았다. 2년동안 교미교란제 사용으로 대부분의 유기인제 살충제 저항성 개체군의 발생을 해결할 수 있었다. 이들 시험은 교미교란이 관행살충제와 거의 같거나 보다 우수한 방제효과를 보인다는 것을 입증하였다.

다. 사과원 잎말이나방류

잎말이나방류는 미국 북부와 유럽 북서지방에서 사과의 문제해충인데 몇 종이 혼합되어 과실에 피해를 준다. 이들 잎말이나방류에 공통인 성분의 페로몬 제품이 교미교란 효과를 주는 사례이다. 미국에서 교미교란 처리시 트랩유살수가 3종에서 각각 97, 51, 55% 감소되었고, 과실 피해는 포장의 내부에서 3.8%, 외부 바깥쪽에서 2.8%였고, 관행살충제 방제구는 0.05%, 무방제구는 27.5%였다. 좀더 페로몬 성분을 개선하였을 때는 교미교란 처리시 포장의 내부에서 0.3-1.7%, 외부 바깥쪽에서 0.3-2.3%였고, 관행살충제 방제구는 0-1.1%, 무방제구는 18%였다. 그러나, 후자의 교미교란 처리시 트랩유살수는 전자의 시험에 비해 감소되지 않으므로서, 현재까지도 이들 잎말이나방류 교미교란 처리가 일반 농가에서 실용화 되지 않고 있다.

스위스에서는 1979-1988년에 애모무늬잎말이나방(*A. orana*)에 대한 시험이 48ha에서 수행되었다. 단일성분 페로몬이 애모무늬잎말이나방 뿐 아니라 다른 3종 잎말이나방에도 영향을 주었다. 대조 포장에 비해 교미

교란 처리시 대부분 포장에서 과실피해가 경제성이 있었으나, 1989년 시험이 끝난 다음해 봄에는 예방적인 살충제 살포가 필요하였다.

네델란드는 잎말이나방 피해가 보통 수준인데, 1989-1991년 시험결과 교미교란 처리는 선택성 살충제 인세가 처리와 경제적으로 같은 효과를 보였고, 이로 인해 이웃한 국가들로 확대되어 효과를 거두었다. 그러나, 유럽 남부에서는 경제적인 피해수준의 효과를 보이지 않았다. 프랑스 론계곡에서는 1988년 시험 첫해는 8월에 피해가 1.4%로서 살충제 추가 살포가 필요하였으나, 다음 3년간은 교미교란 처리가 충분한 방제효과를 보였다. 북부 이태리 지방의 5년간(1987-1991) 시험도 비슷한 결과를 보였다. 첫해 시험에서는 피해가 너무 높아서 살충제 보완살포가 필연적이었으나, 1990년부터는 교미교란 처리만으로 만족한 효과를 얻었다.

라. 일본의 사과 나방류 해충

후쿠시마현에서는 친환경농업의 일환으로 농약과 화학비료를 적정 사용하고 절감하는 기술을 검토 하였다. 현과수시험장에서는 여러 해 동안 성페로몬을 이용한 해충방제 기술개발에 몰두해 왔으며, 1996년 여러 종의 나비목 해충을 동시에 방제하는 사과용 복합교미교란제를 농약으로 등록 하였다. 이에 따라 기존 살충제를 크게 절감하고 천적을 보호·이용하는 새로운 해충방제 체계를 수행하게 되었다. 이 방제기술은 지금까지 살충제에 의한 천적상 파괴, 해충의 반전현상(재격발: 리서전스), 저항성 계통 출현 등의 부작용을 완화시키려는 목적도 포함하고 있다.

사과용 복합교미교란제(컴퓨터:원색사진1-4)는 사과굴나방, 복숭아순나방, 복숭아심식나방, 잎말이나방류를 동시에 방제할 수가 있으며, 한번 설치로 생육기간 동안 효과를 볼 수 있다. 사과의 해충방제 체계는 복합교미교란제를 이용함에 따라 살충제 살포량을 현재보다 절반으로 하고, 보완적으로 사용하는 약제는 응애류의 천적인 이리응애류에 영향을 적게 주는 것으로 선택하였다.

복합교미교란제는 잎말이나방류의 월동세대 성충이 우화하기 전(5월 중순)에 10a에 약 100본의 방출기를 눈높이의 가지에 설치한다. 또한, 바람이 강하게 부는 사과원 주변부에는 페로몬 농도가 저하되기 쉬우므로 주변부 약5m 폭에 있는 나무에는 중앙부보다 3배량을 설치하여, 페로몬의 농도 부족을 야기하지 않게하는 배려가 있어야 한다. 처리면적이 넓을수록 안정된 효과를 얻으므로 지역 전체 농가에서 실시하는 것이 바람직하다.

페로몬 방제체계의 실천에는 지역내에 이들 해충의 상습다발생 포장이나 방임원 등이 없을 것이 전제조건이다. 살충제를 절감하는 시기는 5월하순, 6월상순, 6월하순, 7월중순 및 8월하순 이후이다. 다음은 대상해충에 대한 보완방제에 대하여 구체적으로 설명코자 한다.

사과굴나방은 제1세대 성충의 발생최성기(6월중순)에 네오니코티노이드계(예:모스피란, 아타라, 코니도)의 살충제를 살포하여 충분한 효과를 보았는데, 이들은 진딧물류와 동시방제도 가능하다.

심식나방류에 대해서는 교미교란제 효과가 안정되어 있어서, 심식나방류 발생이 적은 경우에는 7월상순에 Cyanox(Cyanophos: 스미토모 제품)수화제, 8월중순에 수프라사이드 수화제등 유기인제로 2회 보완살포를 실시하면 충분하였다. 그러나, 방임원이 산재되어 있어 상습적인 피해가 나타나는 지역에서는 이에 대한 대책이 필요하였다. 유기인제 사용은 각지벌레류를 동시방제할 목적도 있다.

잎말이나방류에 대해서는 당초 지역에 따라서 발생밀도에 차이가 있기 때문에, 문제가 되는 지역에서는 각 세대의 방제적기에 살충제를 함께 사용하였다. 그러나, 현재까지는 전엽초기~중기에 로무단 액상수화제(누에 독성 주의), 7월하순에 카스케이드 유제(누에 독성 주의) 등 곤충생장조정제를 살포하여 충분한 방제효과를 얻었다. 이상과 같은 살충제 보완방제로 안정된 방제효과를 얻었고, 표에서와 같이 살충제의 대폭적인 절감이 가능하였다.

○ 방제체계에 따른 살충제 사용 회수(후지 품종)

| 구 분 | | 농약 구분 | 연도별 살포회수(회) | | | |
|-------------|-------|-------|-------------|------|------|------|
| | | | 1995 | 1996 | 1997 | 1998 |
| 페로몬 교미교란 | 시험구 A | 살충제 | 7 | 7 | 7 | 5 |
| | | 웅애약 | 1 | 2 | 2 | 2 |
| | 시험구 B | 살충제 | 7 | 9 | 8 | 6 |
| | | 웅애약 | 1 | 2 | 2 | 2 |
| | 시험구 C | 살충제 | 7 | 7 | 8 | 5 |
| | | 웅애약 | 2 | 2 | 1 | 2 |
| 관행방제 | 대조구 | 살충제 | 13 | 14 | 17 | 15 |
| | | 웅애약 | 4 | 3 | 4 | 3 |

페로몬 교미교란 방제에 의해서 우점 응애류인 점박이응애에 대한 포식성 천적으로 긴털이리응애의 밀도가 회복되어, 그의 포식효과로 보통 3~4회 살포하던 응애약을 1~2회로 절감하는 것도 가능케 되었다.

살충제 절감에 따라 지금까지 농약에 의해 방제되던 다른 비대상 해충의 출현은, 초기에 자나방류인 네눈썹가 지나방과 은무늬굴나방의 발생이 있었으나 과실의 수량이나 품질 또는 사과나무에 대한 실질적인 피해가 없었기 때문에, 이들은 살충제를 절감하면 나타나는 “지표해충”으로 취급되고 있을 뿐이다. 이들외에도 샌호제까지벌레나 풍뎅이류의 피해가 일부에서 나타나고 있으나, 어느 것도 큰 문제가 되지 않았다.

앞으로 연구에서는 어떠한 포장 환경조건 하에서도 페로몬 농도를 유지하는 처리기술 개발, 천적을 이용하기 위한 생태적 해석과 이들의 먹이가 되는 해충의 발생 허용밀도를 명확히 해야 한다. 페로몬 방제체계가 지속가능한 방제기술로 확고하게 자리잡도록 발전 시키기 위해서는 지역내 병해충 발생예찰 조사체계의 정비가 중요한 관건이 된다. 구체적으로 생산자 조직내에 발생예찰 조사요원 등을 배치하여, 조사결과에 따라서 살충제의 절감이나 보완방제를 정기적으로 결정하여 알려주어야 한다. 이를 위해서는 현지 생산 농민이 가능하면 쉽게 실천할 수 있는 정확한 조사방법을 확립하는 것도 직면해 있는 과제이다.

【실 제】

《교미교란 방제 요령 ①》

1. 성페로몬 교미교란 방제를 실시하는 농민의 의무

- 친환경농업을 위한 병해충 종합관리(IPM)의 개념과 기본원칙을 이해하고 지침(별도자료)을 실천해야 한다.
- 주요 병·해충·천적의 식별능력이 있고, 이들의 발생생태와 생활사를 잘 알아야 한다.
- 병·해충·천적의 발생예찰 정밀조사를 실시해야 한다. 특히, 나방류 발생예찰용 성페로몬트랩을 2개소(사과원 바깥과 안쪽)에 설치하여 5일마다 유살수를 조사하고, 확대경(루페, 15배 정도)을 사용하여 응애류와 천적 이리응애류 등을 관찰해야 한다.
- 발생예찰 결과를 담당 전문지도원(연구원)과 협의하여 방제대책을 신중히 결정하며, 천적류에 영향이 적은 선택성농약을 위주로 사용해야 한다.
- 농약살포 전후의 병해충 발생상황, 사용 농약명 및 살포 방법 등을 자세히 기록하는 영농일지를 작성하고, 안전사용기준을 준수해야 한다.
- 사과나무에 이상증상(예, 새로운 병해충, 각종 생리장해, 약해 등)이 발생한 경우는 즉시 담당 전문지도원(연구원)에게 연락하고 필요시 실물을 의뢰하여 발생원인을 구명해야 한다.
- 각종 상황을 신속하게 주고 받을 수 있도록 사과사랑동호회의 PC통신 또는 인터넷 홈페이지(www.affis.or.kr/cug/apple)을 이용하여 5일에 1회 이상 접속해야 한다.
- 관련 영농교육이나 현장 세미나에 적극 참여하고, 병해충 종합관리(IPM) 실천을 위한 지역 소모임(작목반·영농조합·전문농협)의 회원으로 활동해야 한다. 최신 정보수집을 위하여 관련자료 및 책자를 구입하여 활용해야 한다.

2. 성페로몬 교미교란 방제 대상 사과원의 조건

- 주변 100m 이내에 관리소홀원과 방치된 폐원이 없고, 적절히 관리되지 않는 심식나방류의 기주식물(모과, 야생 복숭아, 대추 등)이 없어야 한다. 심식나방류의 기주식물이 없는 숲이나 논밭 등으로 둘러싸여 격리되고, 단지화 되어 있는 사과원이 좋다.
 - 주변에 오염 발생이 많은 공장이 없어야 하며, 먼지가 많은 도로에서 떨어져 있어야 한다.
 - 바람이 많고, 경사면이 급하며, 상습 침수 지역 또는 배수 상태가 극히 나쁜 과수원이 아니어야 한다.
 - 초생재배를 실시하며 적절히 관리하고 제초제를 사용하지 않아야 한다.(수관하부에는 제초제를 제한적으로 사용할 수 있다.)
 - 수세가 안정되어 해거리가 없고, 재식상태가 균일하여 수고 차이가 적으며, 가급적 키작은 사과원이어야 한다.(미결실 사과원은 대상이 될 수 없음)
 - 한 장소에 위치한 면적이 3,000평 이상 클수록 좋으며, 과수원 모양이 비정상적으로 폭이 좁고 길지 않아야 한다.
 - 과실을 가해하는 심식충류(복숭아순나방, 복숭아심식나방)와 잎말이나 방류의 상습 발생원이 아니고, 이들의 최근 발생상황을 정확히 알 수 있어야 한다.(대구사과연구소에서 '97~'99년에 공급한 발생예찰용 성페로몬트랩을 설치하고 조사를 실시한 사과원이 좋다.)
- ※ 대상 사과원으로 결정되면 3월중에 전문 지도원(연구원)이 월동 병해충 및 주변 여건을 정밀조사 할 예정임

3. 적용해충별 성페로몬 화합물과 방출기 공급 수량

○ 설치시기별 성페로몬 화합물과 방출기(원색사진 1-3) 수량

| 설치시기 | 적용 해충별 화합물 수량 | | 방출기 수량 |
|------------|----------------------|--------------------------|------------|
| | 복숭아순나방 (Z8-12:Ac) | 복숭아심식나방 (Z13-20-10Kt) | |
| 1차 : 3월5반순 | 50g(50mg×1,000) | - | 1,000(1성분) |
| 2차 : 5월5반순 | 50g(50mg×1,000) | 60g(60mg×1,000) | 1,000(2성분) |
| 3차 : 7월5반순 | 50g(50mg×1,000) | 60g(60mg×1,000) | 1,000(2성분) |
| 합계 | 150g | 120g | 3,000개 |

- * 면적은 3,000평을 기준으로 하되, 여건에 따라 4,500평까지 사용 가능
- * 설치시기는 지역별 해충 발생시기에 따라 일부 조정될 수 있음

- 방출기는 적용해충의 발생시기를 고려하여 지역별로 설치시기에 맞추어 대구사과연구소에서 사과원에 직접 공급할 예정임
- 단, 성페로몬 교미교란 방제용 방출기 대금은 1차 공급시 정산하여야 함
- 방출기는 공급 받는 즉시 사과나무에 설치하는 것을 원칙으로 하며, 늦어도 3일을 초과 할 수 없다. (즉시 설치가 곤란할 때는 방출기를 냉장고에 보관해야 한다.)

4. 성페로몬 교미교란 방출기 설치 요령에 대하여

- 사과원의 지형, 바람 방향, 주변 식생, 재식 상태 등에 따라 방출기를 어떻게 배치하여 사과나무에 설치하느냐가 성페로몬 교미교란 방제의 효과를 좌우한다.
- 사과원내 방출기 배치 요령
 - 사과나무가 재식된 전체 면적에 방출기가 균일하게 배치되도록 하되,
 - 사과원 바깥쪽 폭 5m에는 안쪽보다 2배수의 방출기를 배치하고,
 - 인근에 적용 해충의 발생원이 있으면 그 쪽 주변 사과나무에도 방출기를 안쪽보다 2배수를 배치하며,
 - 경사지는 방출기를 하단부 보다 상단부에 50% 정도 많이 배치한다.
- 방출기(원색사진 1-3)를 사과나무에 설치하는 요령
 - 공급되는 방출기는 길이가 45cm인 폴리에틸렌 로프형이므로 사과나무 2-3년생 가지에 바람에 떨어지지 않을 정도로 험령하게 묶는다. (방출기 재료를 개선할 경우는 별도의 방법을 제시할 예정임)
 - 수고에 따라 설치 높이를 적절히 변경한다. 예로, 수고가 3.5m인 나무에는 총 방출기 수의 2/3를 2m 높이에, 1/3을 3m 높이의 가지에 설치한다.
 - 한 나무에서 설치 방향은 동남쪽이며, 방출기가 직접 일사광선에 쬐이지 않도록 수관 내부에 설치한다.
 - 방출기 공급 시기별로 한 나무의 같은 위치에 방출기를 중복하여 설치하는 것이 혼동을 방지하는데 좋다.
- ※ 대구사과연구소에서 방출기 공급시 사과원별로 배치 및 설치 요령을 알려드릴 예정입니다.
- 10월 이후 방출기는 아무 효과가 없으므로 수확시부터 겨울 전정시까지 사과나무에서 제거하여 소각해야 한다.

5. 성페로몬 방출기 설치후 농민이 해야할 사항은?

- 발생예찰용 성페로몬 트랩의 나방류 유살수 조사
 - 사과원별로 나방류 6종의 발생예찰용 성페로몬트랩 2세트를 사과원 안쪽과 사과원에서 발생원이 있는 바깥쪽 2개소에 설치한다.
(1세트는 사업비로 구입, 나머지 1세트는 대구사과연구소에서 무상공급)
 - 발생예찰용 성페로몬트랩 조사요령에 따라 5일마다 유살수를 조사하고 이 결과를 배부한 야장(안쪽, 바깥쪽 구분: 부록)에 기록하고, 동시에 사과사랑동호회 PC통신 또는 인터넷홈페이지의 관련란에 입력한다.

- 성페로몬 교미교란 여부 조사 요령
 - ① 상기 발생예찰용 성페로몬트랩중 복숭아순나방과 복숭아심식나방 트랩에는 각각의 해충이 전혀 유살되지 않아야 교미교란 효과가 있는 것임.
 - ② 만일, 안쪽과 바깥쪽 트랩 모두에 몇 마리씩이 유살된다면 교미교란 방제효과를 기대하기 어렵다는 것을 의미하며,
 - ③ 또한, 안쪽 트랩에는 전혀 유살되지 않고, 바깥쪽 트랩에만 몇 마리(1-2마리)라도 유살된다면 주변 발생원(방제소출원 등)에서 나방이 날라온다는 것을 의미하므로,
 - ※ ②, ③의 경우에는 즉시 대구사과연구소에 연락해서 적절한 대책을 세워야 함.

- 성페로몬 교미교란 사과원의 방제효과 확인 요령
 - 실제 성페로몬 교미교란 방제효과는 적용 해충의 피해정도를 조사해야 확인할 수 있기 때문에,
 - 복숭아순나방은 5-10월에 사과나무 신초와 과실을, 복숭아심식나방은 6-10월에 과실을 대상으로 병해충 발생예찰시 이들의 피해 여부와 정도를 조사해야 한다.
 - ※ 방출기 2, 3차 공급시 또는 별도의 시기에 전문지도원(연구원)이 직접 방문하여 농민과 함께 피해를 정밀조사할 예정임

6. 성페로몬 교미교란 방제 사과원의 농약살포 요령

- 성페로몬 교미교란 방출기를 설치한 사과원에서는 적용 해충 방제를 위하여 살충제를 살포하지 않아도 이들에 의한 피해가 없어야 한다.
 - 그러나, 교미교란 방제 1년차에는 살충제를 추가 살포하는 것을 모든 나라에서 원칙으로 하고 있으며,
 - 우리나라는 주변 식생이 다양하고, 방제소홀원과 방치된 폐원이 많아서 이들 해충이 다발생 하고 있는 실정이므로,
 - 반드시, 살충제를 보완적으로 살포해야 한다. 특히, 적용 해충의 월동 성충 산란 최성기~부화 초기에 살충제 살포가 중요하다.
- ※ 교미교란 방제 2년차 부터는 살충제를 획기적으로 줄일 수 있음
- 진딧물류, 응애류와 나방류중 성페로몬 교미교란 방제 대상이 아닌 잎말이나방류와 굴나방류는 성페로몬의 방제효과가 없으므로 살충제를 살포해야 한다(잎말이나방류도 교미교란 방제용 성페로몬을 개발중에 있음).
- 살충제 살포 회수를 경감할 때에 각지벌레, 하늘소류 등의 피해가 증가할 수가 있으므로 기타 해충의 발생이나 피해 관찰도 소홀히 해서는 안됨.
- 성페로몬 교미교란 방제의 중요한 목적은 과실 해충 방제를 위해 살포하는 유기합성 살충제를 줄여서, 응애 천적인 긴털이리응애 등을 발생하게 하여 응애류의 생물적방제를 가능케 하므로써, 응애 문제를 해결하고 응애약도 줄이는 것이므로 다음 표에 제시된 방제체계를 준수해야 한다.
- 다음 표는 1999년도에 대구사과연구소에서 발간한 “사과 병해충 종합 관리 길잡이” 책자의 12회 방제체계중 살충제만을 제시한 것이므로 살균제는 상기 책자를 참조하시기 바라며, 교미교란 방제대상 면적의 1/3 이상은 반드시 교미교란 방제구에서 제시한 살충제를 살포해야 함.(대구사과연구소와 협의하지 않고 정당한 사유가 없이 이에 따르지 않을 경우는 약속위반으로 간주하고 그 즉시 시범사업 대상 사과원에서 제외할 예정임)

○ 병해충 종합관리구와 성페로몬 교미교란구의 해충 방제체계

| 시 기 | 대상해충 | 살충제 또는 응애약 | |
|------------------|--|--|--|
| | | 종합관리구 | 교미교란구 |
| ① 3월25 ~30일 | 사과응애(알): 다발생시만 | 기계유유제(60~70배) | 기계유유제 (60~70배) |
| ② 4월15 ~20일 | 사과혹진딧물, 잎말이나방, 은무늬굴나방 | 다이메크론, 포스팜, 아시트, 오토란 | 다이메크론, 포스팜, 아시 트, 오토란 |
| ③ 5월10 ~15일 | 사과응애, 잎말이나방, 복숭아순나방 | 카스케이드 | 카스케이드 |
| ④ 5월25 ~30일 | 조팝나무진딧물, 은무늬굴나방 | 모스피란, 아타라, 코니도, 베테랑 | 모스피란, 아타라, 코니도, 베테랑 |
| ⑤ 6월5 ~10일 | 사과응애, 점박이응애 | 주움 | 주움 |
| ⑥ 6월15 ~20일 | 복숭아순나방, 잎말이나방, 사과굴나방 | 디밀린, 노몰트, 알시스틴, 비티제(슈리사이드, 비티사 이드, 바이오비트, 비바킬) | |
| ⑦ 6월25 ~30일 | 복숭아심식나방, 복숭아순나방, 사과굴나방 | 그로포, 더스반, 아시트, 오토란, 울커니, 아진포, 구사치온 | 디밀린, 노몰 트, 알시스틴, 인제가, 한터, 미믹, 비티제 |
| ⑧ 7월5 ~10일 | 점박이응애 | 피라니카, 보라매, 살비왕, 산마루 | 피라니카, 보라매, 살비왕, 산마루 |
| ⑨ 7월15 ~20일 | 복숭아심식나방·순나방, 사과굴나방, 은무늬굴나방 | 인제가, 한터, 미믹 | |
| ⑩ 7월25 ~30일 | 복숭아심식나방·순나방, 잎말이나방, 은무늬굴나방 | 토쿠치온, 오후나크, 나크, 세빈, 델타네트 | |
| ⑪ 8월10 ~15일 | 점박이응애, 사과응애 | 프로지, 오마이트 | 그로포, 더스반 디디브이피, 인제가 |
| ⑫ 8월25 ~30일 | 복숭아심식나방·순나방, 잎말이나방, 은무늬굴나방 | 디디브이피, 메치온, 수프라 사이드, 그로포, 더스반 | |
| ⑬ 제한살포 (9월중순) | 복숭아순나방, 잎말이나방, 은무늬굴나방, 사과응애, 점박이응애 | 토쿠치온, 페가썬스, 섹큐어딕 | |

※ 농약 선택시는 살균제와의 혼용가부를 확인하시고, 혼용가부 표시가
없는 농약은 반드시 농약 구입처 또는 관련기관에 문의하시기 바람

※ 시기조정 및 농약 1~2회 추가 또는 경감이 필요하면 협의 요망

【부 록】

참 고 문 헌

- 이순원, 이동혁, 김동아, 최경희, 김호열. 1999. 사과 병해충 종합관리 길잡이. 농촌진흥청 원예연구소 대구사과연구소. Env. 8. 214pp.
- 최경희, 이순원, 권기면, 류하경, 이동혁, 김동아, 양상진, 류언하. 1997. 성페로몬을 이용한 사과 해충 발생예찰. 농촌진흥청 원예연구소 대구사과연구소. Env. 3. 6pp.
- 日本植物防疫協會. 1993. 性フェロモン劑等使用の手引(성페로몬제 사용방법). 86pp.
- 岡崎一博. 1999. 複合交信攪亂劑によるリンゴ主要害蟲の防除法.(교미교란제 이용 사과 주요 해충 방제법). 果實日本. 54권(9월호): 77-79p.
- Carde, R.T. and A.K. Minks. 1995. Control of moth pests by mating disruption: Successes and Constraints(교미교란제 이용 나방류 해충 방제: 성공과 제한). Annu. Rev. Entomol. 40:559-85.
- Howse, P., I. Stevens and O. Jones. 1998. Insect pheromones and their use in pest management(곤충 페로몬과 해충관리에의 이용). Chapman & Hall. 369pp.
- Knight, A. 1999. Using traps and lures in pheromone-treated orchards(과수원의 성페로몬 트랩과 유인제 사용). Good Fruit Grower(April 1) Vol.50(7): 45-51.
- Riedl, H., J.F. Howell, P.S. McNally and P.H. Westgard. 1986. Codling moth management: Use and standardization of pheromone trapping systems(코드링나방 관리: 성페로몬트랩 사용 길잡이). Agr. Expt. Sta. Univ. of California. Bulletin 1918. 23pp.
- Shin-Etsu Chemical Co., Ltd. 1995. Pheromones(성페로몬 제품 설명 팜플렛). 22pp.
- Warner, G. 1998. Pest control will be less crisis driven in future(미래에 파국을 막기 위한 해충 방제). Good Fruit Grower(December) Vol.49(17): 14-18.

성페로몬트랩 이용자 관찰기록장

1. 성명:

2. 주소 : (연락처 :)

| 월/일 | 복순 | 복심 | 사무 | 애모 | 사굴 | 은굴 | 월/일 | 복순 | 복심 | 사무 | 애모 | 사굴 | 은굴 |
|------|----|----|----|----|----|----|-------|----|----|----|----|----|----|
| 3/31 | 설치 | X | X | X | 설치 | 설치 | 7/15 | | | | | | |
| 4/5 | | X | X | X | | | 7/20 | | | | | | |
| 4/10 | | X | X | X | | | 7/25 | | | | | | |
| 4/15 | | X | X | X | | | 7/31 | | | | | | |
| 4/20 | | X | X | X | | | 8/5 | | | | | | |
| 4/25 | | X | X | X | | | 8/10 | | | | | | |
| 4/30 | | X | 설치 | 설치 | | | 8/15 | | | | | | |
| 5/5 | | X | | | | | 8/20 | | | | | | |
| 5/10 | | X | | | | | 8/25 | | | | | | |
| 5/15 | | X | | | | | 8/31 | | | | | | |
| 5/20 | | X | | | | | 9/5 | | | | | | |
| 5/25 | | X | | | | | 9/10 | | | | | | |
| 5/31 | | 설치 | | | | | 9/15 | | | | | | |
| 6/5 | | | | | | | 9/20 | | | | | | |
| 6/10 | | | | | | | 9/25 | | | | | | |
| 6/15 | | | | | | | 9/30 | | | | | | |
| 6/20 | | | | | | | 10/5 | | | | | | |
| 6/25 | | | | | | | 10/10 | | | | | | |
| 6/30 | | | | | | | 10/15 | | | | | | |
| 7/5 | | | | | | | 10/20 | | | | | | |
| 7/10 | | | | | | | 10/25 | | | | | | |

※ 컴퓨터 "사과사랑동호회"를 통해서 5일마다 입력해 주시면 전국 발생상황을 집계할 수 있습니다.

※ 참고:

1.복순: 복숭아순나방, 2.복심: 복숭아심식나방, 3.애모: 사과애모무늬잎말이나방

4.사무: 사과무늬잎말이나방, 5.사굴: 사과굴나방, 6.은굴: 은무늬굴나방

: 페로몬 방출기 교체시기

성페로몬트랩 이용자 관찰기록장

1. 성명:

2. 주소 :

(연락처 :)

| 월/일 | 복순 | 복심 | 사무 | 애모 | 사굴 | 은굴 | 월/일 | 복순 | 복심 | 사무 | 애모 | 사굴 | 은굴 |
|------|----|----|----|----|----|----|-------|----|----|----|----|----|----|
| 3/31 | 설치 | X | X | X | 설치 | 설치 | 7/15 | | | | | | |
| 4/5 | | X | X | X | | | 7/20 | | | | | | |
| 4/10 | | X | X | X | | | 7/25 | | | | | | |
| 4/15 | | X | X | X | | | 7/31 | | | | | | |
| 4/20 | | X | X | X | | | 8/5 | | | | | | |
| 4/25 | | X | X | X | | | 8/10 | | | | | | |
| 4/30 | | X | 설치 | 설치 | | | 8/15 | | | | | | |
| 5/5 | | X | | | | | 8/20 | | | | | | |
| 5/10 | | X | | | | | 8/25 | | | | | | |
| 5/15 | | X | | | | | 8/31 | | | | | | |
| 5/20 | | X | | | | | 9/5 | | | | | | |
| 5/25 | | X | | | | | 9/10 | | | | | | |
| 5/31 | | 설치 | | | | | 9/15 | | | | | | |
| 6/5 | | | | | | | 9/20 | | | | | | |
| 6/10 | | | | | | | 9/25 | | | | | | |
| 6/15 | | | | | | | 9/30 | | | | | | |
| 6/20 | | | | | | | 10/5 | | | | | | |
| 6/25 | | | | | | | 10/10 | | | | | | |
| 6/30 | | | | | | | 10/15 | | | | | | |
| 7/5 | | | | | | | 10/20 | | | | | | |
| 7/10 | | | | | | | 10/25 | | | | | | |

※ 컴퓨터 "사과사랑동호회"를 통해서 5일마다 입력해 주시면 전국 발생상황을 집계할 수 있습니다.

※ 참고:

- 1.복순: 복숭아순나방, 2.복심: 복숭아심식나방, 3.애모: 사과애모무늬잎말이나방
- 4.사무: 사과무늬잎말이나방, 5.사굴: 사과굴나방, 6.은굴: 은우늪굴나방

: 페로몬 방출기 교체시기