

GOVP1199701128

34.9695
L 293H
U.1

밤나무해충 항공방제 효과제고 기술개발

Technic Development for Increasing of
Effect with Aerial Control
on Chestnut Tree Insect Pests

산림청 임업연구원

농 립 부

제 출 문

농림부장관귀하

본 보고서를 “밤나무해충 항공방제 효과제고 기술개발” 과제 최종보고서로 제출합니다

1996. 11 .

주관연구기관: 산림청 임업연구원

총괄연구책임자 : 송유한

연 구 원 : 박지두

최광식

이상명

김철수

이대식

정덕두

이충규

장지호

정대열

문점희

송호석

요 약 문

I. 제 목

밤나무해충 항공방제 효과제고 기술개발

II. 연구개발의 목적 및 중요성

1960년대 부터 정부에서는 농산촌 소득증대 방안으로 20만여ha의 밤나무림을 조성하였다. 현재 충남, 전남, 경남지방을 중심으로 전국적으로 약 8만ha가 재배 관리되고 있으며 연간 약 10만ton의 밤이 수확되고 있다. 금액으로는 2,200억원에 달하며 13개 수출유망작목중의 하나로 지정되어 매년 1억 4천만달러 정도의 수출고를 올리고있다.

복숭아명나방은 대표적인 밤나무의 종실해충으로 밤수확량의 20-30%를 폐밤으로 만들고 있어 재배농가에서는 방제에 총력을 기울이고 있는 실정이다. 그러나 해와 지역에 따라 발생시기가 달라 방제적기의 선정이 어려워 효과적인 방제가 되지 않고 있어 복숭아명나방의 방제적기 구명이 필요하다.

밤나무해충 방제는 재배농가의 자력방제와 정부에서 항공기를 지원하는 항공방제로 구분되며, 항공방제는 매년 6월~8월 사이에 2회 실시되고 있다. 1차방제는 식엽성해충을, 2차방제는 복숭아명나방을 대상으로 실시되며 방제 연면적이 1996년에 76,000ha에 이르나 많은 재배농가에서 항공방제 면적의 확대를 원하고 있다. 그러나 정부의 항공기 보유대수, 방제시기의 제한 등으로 재배농가의 요구를 충족시키지 못하고 있어 방제면적의 확대를 위해 밤나무해충 항공방제 공정의 성력화가 시급하다.

우리나라 밤나무림의 해충방제는 유기합성농약에만 의존하고 있어 밤나무림내의 천적감소, 저항성 해충집단 등장 등 생태계 파괴는 물론 주변 환경을 오염시키는 등 여러가지 악영향이 초래되고 있으므로 항공방제와 같은 대면적 방제에 사용할 수 있는 새로운 저독성 농약의 선발이 요구되고 있다.

본 연구는 밤나무 항공방제의 주 대상해충인 복숭아명나방의 우화시기를 지역별로 조사하여 항공방제 적기를 구명하고, 경제적이고 효율적인 항공방제 성력화를 위해 항공살포 노출의 개선과, 생태계의 부작용을 최소화 하고자 복숭아명나방 방제용 저독성 약제를 선별하기 위해 수행하였다.

Ⅲ. 연구개발 내용 및 범위

밤나무종실해충 복숭아명나방의 항공방제 효과제고 기술을 개발하기 위해 수행한 연구내용과 범위는 다음과 같다

1. 밤나무종실해충의 지역별 최적방제시기 조사

밤나무종실해충 가운데 가장 피해가 심한 복숭아명나방을 대상으로 우리나라의 주요 밤나무단지인 충남 공주, 전남 순천, 경남 진주와 산청의 밤나무림에 유아동과 페로몬 트랩을 이용하여 1996년 6 9월에 걸쳐 복숭아명나방의 발생소장, 조사지의 기온, 충태별 발육속도 및 지역별 피해상황 등을 조사하고 그 결과를 종합하여 지역별 복숭아명나방 방제적기를 구명코저 한다.

2. 항공미량 살포법 개발

밤나무해충 항공방제 공정을 줄일 수 있는 방안으로는 고농도 소량살포용 노즐로 개선하는 것이 가장 효과적인 것으로 생각되어 현행 밤나무해충 항공방제에서 사용하고 있는 분사노즐의 Orifice의 개선을 통한 살포공정의 성력화 방안과 국내에서는 산림해충방제에 사용하고 있지 않은 ULV노즐의 밤나무해충 항공방제에 적용 가능성을 검토코자 한다.

3. 저독성 약제 선발시험

밤나무해충의 항공방제와 지상방제에 사용되고 있는 합성피레스로이드계와 유기인계 농약보다 저독성이며 국내에서 생산 판매되고 있는 새로운 농약을 대상으로 북송아명나방에 대한 살충효과를 검정하여 우수한 약제를 선정 밤나무해충 방제에 사용토록 추천코자 한다.

IV. 연구개발 결과 및 활용에 대한 건의

1. 밤나무중실 해충의 지역별 최적방제 시기 조사

충남 부여, 전남 순천, 경남 진주 산청에서 수은등으로 제작한 유아등을 사용하여 1996년 6~9월사이에 북송아명나방 성충의 발생소장을 조사한 결과 항공방제를 요하는 2화기의 지역별 발생상황은 아래와 같다.

구 분	2 화 기			
	공주	순천	진주	산청
우화최성기	8월상순	8월하순	8월중순	8월하순
평균유효적산온도(일도)	1,336.36	1,287.42	1,370.56	1,339.03
방제적기(1회)	8월중순	8월하순	8월중,하순	8월하순
방제적기(2회)	7월하,8월중순	8월중,하순	8월초,하순	8월중,하순

※평균유효적산온도는 6월12일부터 9월 20일까지의 온도임.

밤나무해충의 항공방제는 지역별로 2화기 발생시기인 7월 하순부터 8월 사이에 부화유충 최성기에 1회 살포하거나, 성충 발생최성기 전후로 2회 살포하는 것이 가장 좋을 것으로 사료된다.

복숭아명나방은 인공합성페로몬(E10-16:Al과 Z10-16:Al(75:25))을 이용하여 항공방제 적기를 예찰하는 것이 유아등 보다는 효율적이고 간편하였다

델타린으로 항공방제한 지역에서의 천적 및 익충에 대한 영향은 거의 없었다.

2. 항공미량 살포법 개발

분사노즐의 Orifice별로 helicopter를 이용 공중살포한 입자의 직경과 단위면적당 입자수는 D4가 0.07mm, 24.6개/0.785cm², D3가 0.06mm, 20.5개/0.785cm²로 현재 밤나무해충 항공방제에 사용하고 있는 D6의 0.1mm, 13.2개/0.785cm²에 비해 입자의 크기도 작고 단위면적당 낙하입자수도 약

50-80% 많았다.

D6에 비해 분사시간이 D3가 1.7배가 더 소요되나, ha당 살포량을 20배액 25ℓ로 고농도 소량살포로 조정하여 살포하면 비행횟수의 감소로 방제소요시간을 현행 공정보다 1시간정도 단축시킬 수 있다.

ULV노즐의 disc 회전속도별 입자의 직경과 단위면적당 낙하입자수는 3,000rpm/24V DC이상에서 입자의 직경이 0.021-0.051mm 낙하입자수 33.0-97.8개/0.785cm²로 일반분사노즐에 비해 크기도 작고 단위면적당 낙하입자수도 많았다.

공시ULV노즐의 경우 disc의 회전속도 3,000rpm/24V DC이상, 살포폭 30m, 비행속도 33knot/hr로 ha당 5ℓ를 살포하면 방제작업에 소요되는 시간이 약 3시간으로 분사노즐 D6를 사용할때 보다 2시간 단축되었다.

3. 저독성 약제 선발시험

복숭아명나방에 대한 저독성 농약으로 미생물농약인 비티쿠르수타키 액상수화제, IGR계통인 크로부푸루아주론 유제, 테부페노자이드 수화제를 8월 2일, 12일에 1,000배액으로 2회 수관살포시 피해구과율이 4~6%로 방제효과가 인정되었으며, 처리시기의 회수별 처리효과는 8월 2일, 12일 2회 살포한것이 가장 방제효과가 높았다.

4. 건의

현재 6월하순 부터 8월중순 사이에 2회 실시하고 있는 밤나무해충의 항공방제를 7월 하순부터 8월 사이에 부화유충최성기에 1회 또는 성충발생최성기의 전후에 각각 2회 살포하는 것이 방제 효율을 높일수 있다.

복숭아명나방의 발생예찰법으로 인공합성페로몬을 이용한 Wing Trap 이 매우 간편하고 효율적이었다.

방제효율을 높일 수 있도록 밤나무 재배지를 밤의 숙기별로 집단화하여 식재하는 것이 바람직하다..

밤나무해충 항공방제에 사용하고 있는 분사노즐의 Orifice를 현행의 D6을 D3으로 대체해 ha당 살포량을 20배액 25ℓ로 조정하면 1일 살포횟수가 15회로 감소되어 방제시간을 현행의 공정보다 1시간정도 단축시킬 수 있다.

Multiple Spinning Disc Systems Rotary Atomiser형식의 ULV노즐로 살포폭 30m, 비행속도 33knot/hr, 비행고도 5-10m로 ha당 5ℓ를 살포하면 방제작업에 소요되는 시간이 약 3시간으로 분사노즐 D6를 사용할때 보다 2시간 단축되는 것으로 검토 되었다. 그러나 적용해충에 대한 살포약량, 노즐의 종류 및 살포방법 등에 대한 연구는 좀더 이루어져야 할 것으로 보인다.

복숭아명나방에 대해 비티쿠르수타키 액상수화제, 크로르푸루아주론 유제, 테부페노자이드 수화제를 8월 2일, 12일에 1,000배액으로 2회 살포시 피해구과율이 4~6%로 방제효과가 인정되었다. 농약품목고시 시험을 거쳐 복숭아명나방 방제에 활용토록 권장되어야 할 것이다.

SUMMARY

These studies were carried out to investigate the improved control strategies for increasing the effect on chestnut insect pests with aerial control.

The peach pyralid moth, *Dichocrosis punctiferalis*, is the most important pest of chestnut in Korea. The major conventional strategies to control the peach pyralid moth is utilizing PAP and/or deltamethrin applied 2 times by aerial control method from late June to middle August. However, the timing of conventional spraying operation has been raised as a problem. The study has been done to improve the efficiency of aerial control with which insecticides are used so that pests can be controlled more cost effectively with minimum pollution of the surrounding environment.

The seasonal occurrence of *D. punctiferalis* adult, in three main chestnut growing areas were examined by using light traps from June 12th to September 20th. Also, to determine the optimal timing of aerial control, accumulated air temperature were measured by data loggers with the measurement of developmental period from egg to emergence in the insect rearing room(25°C ± 1, L:D=15:9, RH=70%). Synthetic sex pheromone traps were established for monitoring the moth populations as well.

The rates of damaged chestnuts by peach pyralid moth were counted according to maturing season of chestnut in different districts.

The composition of the insect fauna in chestnut orchards was investigated in relation to the spraying operation of insecticides (deltamethrin).

To improve the strategies of aerial spray, mounted general nozzle(D2, D3, and D6) and ULV(Ultra Low Volume) on a AS350B2 helicopter were tested in droplet size, the velocity of falling drops and windspeed volume and the number of droplets from a unit volume of spray on photographic paper.

Appropriate control timing and application of the effective insecticides were recommended for three different areas of Suncheon, Kongju and Chinju.

The obtained results were summarized as follows;

The peak of seasonal occurrence of *D. punctiferalis* adults in the 2nd generation showed the early of August in Kongju, the middle of August in Chinju and the middle of August in Suncheon.

The accumulated temperatures for development of the 2nd generation *D. punctiferalis* were little difference among the experimental areas.

The voltinisms of *D. punctiferalis* showed bivoltine in Kongju, and trivoltine in Chinju and Suncheon.

The developmental period of egg to emergence was 38.96days in Chinju at 25°C.

The damaged rate by *D. punctiferalis* according to maturing season of chestnut was higher in the order of early, late and middle maturing varieties.

The synthetic pheromone trap was more efficient in monitoring field population than light trap to determine the optimal timing of aerial spray.

The peaks of seasonal occurrence measured by the pheromone traps were found as the middle of June in 1st generation, the late of August in 2nd generation and the middle of September in 3rd generation in Chinju.

The deltamethrin treated area by a AS350B2 helicopter was not significantly the insect fauna in the chestnut orchards. Especially, the biomass and population of natural enemies and beneficial insects had not been influenced.

The mean of droplet size in the D3, D6 orifice nozzle and number of droplets per 0.785cm^2 were $60\mu\text{m}$, $100\mu\text{m}$ and 24.6, 13.2, respectively.

The required time for the aerial spraying operation per hectare was 1.7times more in D3 than in D6 orifice nozzle.

The amount of spray liquid solution containing 1% of the active material with D3 orifice nozzle were 25 l in 20times diluted deltamethrin.

When the mounted ULV nozzle on a AS350B2 helicopter was flown at a speed of 33knot/hr, an altitude of about 5 10m, an swath width of about 30m droplet spectra, the period for aerial control was 1/2 shorter than equipped with conventional nozzle(D6).

The low toxin insecticide for chestnut insect pests was tebufenozide, B.T. *var. kurstaki* and chorfluazuron.

Appropriate control for *D. punctiferalis* was 2 application of the selected effective insecticides at 10 day intervals from the early of August to the middle of August.

CONTENTS

Chapter 1. Introduction -----	1
Chapter 2. Control timing on chestnut insect pests in different chestnut areas	
1. Introduction -----	3
2. Materials and Methods -----	4
3. Results and Discussion -----	7
4. Conclusion -----	23
Chapter 3. Technic development for low volume and ultra low volume with aerial control	
1. Introduction -----	25
2. Materials and Methods -----	26
3. Results and Discussion -----	29
4. Conclusion -----	40
Chapter 4. Selection of low toxin insecticides on chestnut insect pests	
1. Introduction -----	42
2. Materials and Methods -----	43
3. Results and Discussion -----	44
4. Conclusion -----	47
Literature Cited -----	48
Appendix -----	52

목 차

제 1 장 서 론	
제 1 절 연구개발 목적과 범위 -----	1
제 2 장 밤나무종실해충의 지역별 최적방제시기 조사	
제 1 절 서설 -----	3
제 2 절 재료 및 방법 -----	4
제 3 절 결과 및 고찰 -----	7
제 4 절 결론 -----	23
제 3 장 항공미량 살포법 개발	
제 1 절 서설 -----	25
제 2 절 재료 및 방법 -----	26
제 3 절 결과 및 고찰 -----	29
제 4 절 결론 -----	40
제 4 장 저독성 약재 선발 시험	
제 1 절 서설 -----	42
제 2 절 재료 및 방법 -----	43
제 3 절 결과 및 고찰 -----	44
제 4 절 결론 -----	47
참고문헌 -----	48
부록 -----	52

제 1 장 서론

1960년대 부터 정부에서는 농산촌 소득증대 방안으로 밤나무 조림을 적극 장려하여 그동안 20만여ha의 새로운 밤나무림이 조성되었다. 현재 우리나라의 밤나무림은 충남 부여와 공주, 전남 광양, 순천, 경남 하동, 진주, 산청, 함양등 남부지방에 분포하며 재배관리가 되고 있는 밤나무림 면적은 전국적으로 약 8만ha로 연간 약 10만ton의 밤이 수확되고 있다. 금액으로는 2,200억원에 달하고 있으며 13개 수출유망작목 중의 하나로 지정되어 매년 1억 4천만달러의 수출고를 올리고 있다.⁴⁾ 그러나 밤나무림이 산지에 조성되어 있고 수령의 노령화와 농촌 노동력의 감소로 인한 밤 생산비의 상승으로 재배농가의 소득이 매년 감소되고 있는 실정이다.²⁶⁾

복숭아명나방은 대표적인 밤나무의 종실해충으로 밤수확량의 20-30% 피해를 입어 버려지고 있어 재배농가에서는 방제에 총력을 기울이고 있는 실정이나, 지역별로 발생시기가 달라 방제적기 선정이 어려운 관계로 효과적인 방제가 되지 않고 있어 복숭아명나방의 발생시기를 정확히 예찰하여 방제적기를 제시하는 것이 농민의 애로를 해결하는 중요한 일이 되고 있다.⁴⁾¹³⁾¹⁶⁾¹⁷⁾¹⁸⁾²³⁾²⁶⁾²⁸⁾³²⁾

밤나무해충방제는 재배농가의 자력방제와 정부에서 항공기를 지원하는 항공방제로 구분되며 항공방제는 매년 6월-8월 사이에 2회 실시되고 있다. 1차방제는 식엽성해충을 2차방제는 복숭아명나방을 대상으로 실시되며 방제 연면적이 1996년에 76,000ha에 이르나 많은 재배농가에서 항공방제면적의 확대를 원하고 있다.¹¹⁾⁷⁾²⁶⁾ 그러나 정부의 항공기 보유대수, 방제시기의 제한 등으로 재배농가의 요구를 충족시키지 못하고 있어 방제면적의 확대를 위해서 밤나무해충 항공방제 공정의 성력화가 시급하다.

해충의 효과적인 관리를 위해 종합적방제 개념이 도입되고 있는 것이 세계적인 추세이다. 우리나라 밤나무림의 해충방제는 유기합성농약에만 의존하고 있어 밤나무림내의 천적감소, 저항성 해충집단 등장 등 생태계 파괴는 물론 주변 환경오염 등 여러가지 악영향이 예상되고 있어 항공방제와 같은 대면적방제에 적용이 가능한 새로운 저독성 약제의 선발이 요구되고 있다.⁴⁵⁾

본 연구는 우리나라의 밤 주산지별로 복숭아명나방의 발생시기를 정확히 예찰하여 항공방제 적기를 구명하고, 노즐의 개선을 통한 밤나무해충 항공방제 공정의 성력화 방안의 제시하며, 항공방제와 같은 대면적 방제에 사용이 가능한 저독성 농약을 선발하여 밤 재배농가의 애로를 해결하는 방안을 모색하고자 수행하였다.

제 2 장 밤나무종실해충의 지역별 최적방제시기 조사

제 1 절 : 서설

밤나무 종실을 가해하는 해충 가운데 가장 피해가 심한 해충은 복숭아명나방과 밤바구미를 들 수 있다. 밤바구미는 외관상 가해흔적이 없고 산란된 유충이 과육만 식해하므로 훈증처리 등으로 구제하면 상품으로서 가치가 유지되나 복숭아명나방은 과육의 성숙기에 외부에서 종실속으로 뚫고 들어가며 식해하므로 피해과는 상품적으로 가치를 상실하게 된다.⁴⁾¹⁶⁾¹⁸⁾²⁶⁾²⁸⁾³²⁾

복숭아명나방은 년 2 3회 발생하며 1화기는 사과, 복숭아, 감, 매실등 과수에도 피해를 주고, 2화기 부터 밤에 피해를 주며 가해 최성기는 8월 이고 숙기별 피해량은 조사자에 따라 차이가 있으나 일반적으로는 조생, 중생, 만생종 순으로 심하여 9월상, 중순에 수확하는 품종에 피해가 많은 경향이다.¹⁾³⁾¹⁶⁾²⁵⁾³²⁾

복숭아명나방의 피해량은 보통 수확량의 20~30%이고 피해가 심한 곳에서는 70~80%에 달하기도 하는데 복숭아명나방은 생태가 복잡하여 해와 지역에 따라 발생시기에 조금씩 차이가 있기 때문에 방제적기를 맞추기가 어려워 효과적인 방제가 이루어지지 않아 경제적 손실이 증가되고 있는 실정이다. 특히 밤나무에 직접적인 피해를 주는 2화기의 발생량을 예측하여 적기에 방제하는 것이 밤나무림에서 복숭아명나방 방제의 요점으로 복숭아명나방에 대한 종합적인 관리체계를 확립하기 위해서 발생예측모델 개발의 필요성이 요구되고 있다.⁴⁾¹⁵⁾²⁵⁾³⁰⁾

본 연구에서는 우리나라의 밤 주산지인 충남, 전남, 경남의 지역별로 복숭아명나방의 발생시기를 조사하고 이 자료를 토대로 가장 효과적인 방제시기를 제시코자 한다.

제 2 절 : 재료 및 방법

1. 유아등에 의한 지역별 복숭아명나방 성충 발생상황 조사

가. 조사기간 : '96. 6 ~ 9월

나. 조사장소 : 유아등 설치 장소

-충남 공주시 정안면 내촌 2구 -전남 순천시 송광면 장안리

-충남 공주시 정안면 사현 1구 -전남 순천시 주암면 행정리

-충남 공주시 계룡면 내흥리 -전남 순천시 서면 구만리

-경남 진주 가좌동 남부임업시험장

-경남 산청군 신안면 신기리(I)

-경남 산청군 신안면 신기리(II)

-경남 산청군 단성면 창촌리

다. 조사 방법

복숭아명나방의 발생상황을 지역별로 조사하기 위해 상기 10개 조사지에서 유아등을 설치하여 6월 12일 부터 9월 20일에 2-3일 간격으로 복숭아명나방성충의 우화상황을 조사하였다(부록 사진 1 참조). 그리고 경남 진주시 소재 임업연구원 남부임업시험장 구내에 유아등 1개를 설치하여 매일 성충발생 상황을 조사 하였다.

2. 기온과 복숭아명나방의 발생시기와의 관계구명

가. 측정기기 : data logger(자동온도측정기)

나. 조사시기 : 96. 6 - 9월

다. 설치장소 : 1항의 유아등 설치 장소와 동일지역에 9개소.

라. 조사방법

지역에 따른 복숭아명나방의 발생시기 차이를 구명하기 위해 밤나무림내의 기온을 30분 간격으로 자동기록 되도록 자동온도측정기를 조작하여 설치하고 조사된 밤나무림내의 기온과 1항의 복숭아명나방의 발생상황과의 관계를 분석하였다(부록 사진 2 참조).

3. 인공합성 페로몬을 이용한 복숭아명나방 성충 발생상황조사

가. 조사기간 : 96. 6~9월

나. 조사장소 : 경남 진주시 미천면 미곡리

다. 조사방법

국내에서 개발된 복숭아명나방의 인공합성페로몬(E10-16 :Al :Z101-16:Al =75:25) wing trap을 6월 7일과 8월 2일 2회에 걸쳐 각각 10개의 페로몬트랩을 설치하여 밤나무림에 설치하고 수컷 성충의 유인수를 3-4일 간격으로 조사하였다(부록 사진 3 참조).

4. 복숭아명나방의 발육속도 조사

가. 조사시기 : 96. 6~8월

나. 공시먹이 : 복숭아

나. 조사방법

온도 $25^{\circ}\text{C} \pm 1$, 광주기 L:D=15:9, 습도 RH=70% 조건에서 6월중순에 진주에서 채집한 복숭아명나방 성충으로 부터 채란하여 공시먹이를 공급하여 사육하며 충태별 발육기간과 생존율을 조사하였다.

5. 숙기별 복숭아명나방 피해 조사

- 가. 조사시기 : 조생종 8월하순
중생종 9월중순
만생종 10월상순

- 나. 조사장소 : 충남 공주, 부여
전남 순천, 광양
경남 진주, 하동, 산청

다. 조사방법

밤 숙기별로 수확기에 조사지역별로 3개소에서 수확하고 있는 밤을 무작위로 수집하여 복숭아명나방의 피해를 받은 밤송이의 수를 조사하였다.

6. 밤나무해충 항공방제가 곤충상에 미치는 영향

- 가. 조사시기 : 96. 8
- 나. 조사장소 : 전남 순천 서면
- 다. 사용약제 : 델타린
- 라. 조사방법

밤나무해충의 항공방제 전과 방제 1주일 후에 무작위로 조사목을 선정하여 밤나무의 수관은 beating법에 의해 채집하고, 지표는 sweeping법으로 각각 30회씩, 3지역에서 곤충을 채집하여 과(Family) 수준까지 분류하였다.

제 3 절 결과 및 고찰

1. 유아등에 의한 지역별 성충 발생상황

유아등을 이용하여 각 지역별로 복숭아명나방의 발생상황을 조사한 결과는 표1, 2 와 그림 1, 2, 3, 4에 나타난 바와 같다.

밤나무림에서 방제대상으로 삼고있는 복숭아명나방 2화기 성충이 충남 공주에서 7월 24일, 전남 순천이 7월 29일, 경남 진주, 산청에서 7월 31일에 처음으로 유아등에 유인되었고, 본 조사 종료시점인 9월20일 이후까지도 공주를 제외한 지역에서 계속 채집되어 각지역별로 2화기 이후의 복숭아명나방의 발생기간이 약50일 이상이었다. 본 실험에서 조사된 알로부터 우화까지 소요일수는 표 5와 같이 약 39일이었는데, 일본에서 보고된 바에 의하면 2화기 성충의 발생기간이 7월 하순-8월 하순이며 충태별 발육기간이 난 4-5일, 유충 2주, 전용 및 용기간이 2주, 산란전성충기간이 2-5일 이었고¹³⁾, 25℃에서 난기간이 6.07일²⁵⁾, 유충기간 18.12일, 용기간 13.00일로 우화까지 소요일수가 37.19일¹²⁾, 밤으로 사육된 복숭아명나방의 발육기간이 유충기간 12.58일, 용기간 12.33일로 보고¹²⁾된 점으로 보아 복숭아명나방의 2화기 발육기간이 40일 미만으로 순천을 제외한 지역에서는 9월에 나타나고 있는 개체들은 3세대 성충으로 보인다.

따라서 각지역별 복숭아명나방 2화기 발생시기는 표 1에서 보는 바와 같이 지역에 따라 5·20일 차이가 있지만 7월말 부터 8월하순 사이로서 각지역별 50%우화시기는 충남 공주에서 8월 7일경 전남 순천에서 8월 25일경, 경남 산청에서 8월 20일 진주에서 8월 15일경으로 나타났다. 복숭아명나방은 2화기에 유충이 밤송이를 뚫고 들어가면 방제가 불가능

하고 과실(밤)을 직접 가해 함으로 일반 산림해충과는 달리 피해의 예방적 차원에서 방제가 되어야하기 때문에 이 해충을 효과적으로 방제하기 위해서는 2화기 부화 유충최성기(우화최성기 5-7일 후)에 1회 또는 우화최성기 전후 7-10일 간격으로 2회 정도 살충제를 살포할 필요가 있을 것으로 생각한다.

표 1. 지역별 복숭아명나방 2화기 성충의 유아등 유인상황

지역별	최초유인시기	50%유인시기
충남 공주	7월 24일	8월 7일
전남 순천	7월 29일	8월 25일
경남 산청	7월 31일	8월 20일
경남 진주	7월 31일	8월 15일

표 2. 지역별로 3개씩 선치한 유아등에서 포획된 복숭아명나방
의 화기별 성충의 수

지 역	총개체수	1 화기		2화기	3화기(추정)
		6/12	7/20	7/21-8/31	9월이후
충남 공주	84	8		70	6
전남 순천	1,466	777		563	126
경남 산청	227	145		52	30
경남 진주※	197	130		41	26

※진주 지역은 '96. 5. 20 10. 10일까지 1개의 유아등에서 포획된 수

특히 9월 이후 3화기로 추정되는 개체수가 차지하는 비율이 표 2와 같이 충남 공주 약 8%, 전남 순천 18%, 경남산청 36% 진주에서 38%로 충남 공주를 제외한 지역에서 약 20-40%가까이 발생되고 있다. 일반적으로 복숭아명나방의 피해는 조생종에서 심하지만 3화기의 발생량이 많은 지역 중, 만생종만을 재배하는 밤나무림에서는 9월 이후에도 1-2회 자력 방제를 해줄 필요가 있다.

각 조사지역별 복숭아명나방의 발생소장은 그림 1, 2, 3, 4에서 나타낸 바와 같다.

충남 공주 지역의 복숭아명나방 성충 발생상황(그림 1)은 1화기가 조사되지 않았지만 2화기의 최성기는 8월 상순으로 전체의 60.7%가 발생되었고, 특히 8월 6일 부터 9일 사이에 전체 개체수의 51.2%가 집중적으로 포획되어, 다른 조사지역에 비해 2화기 발생시기가 짧고 뚜렷하게 나타났으며, 따라서 2차방제를 실시하다면 발생초기인 7월 하순에 1차 방제, 2차방제는 8월 중순에 2차방제를 실시하는 것이 타당할 것으로 생각된다.

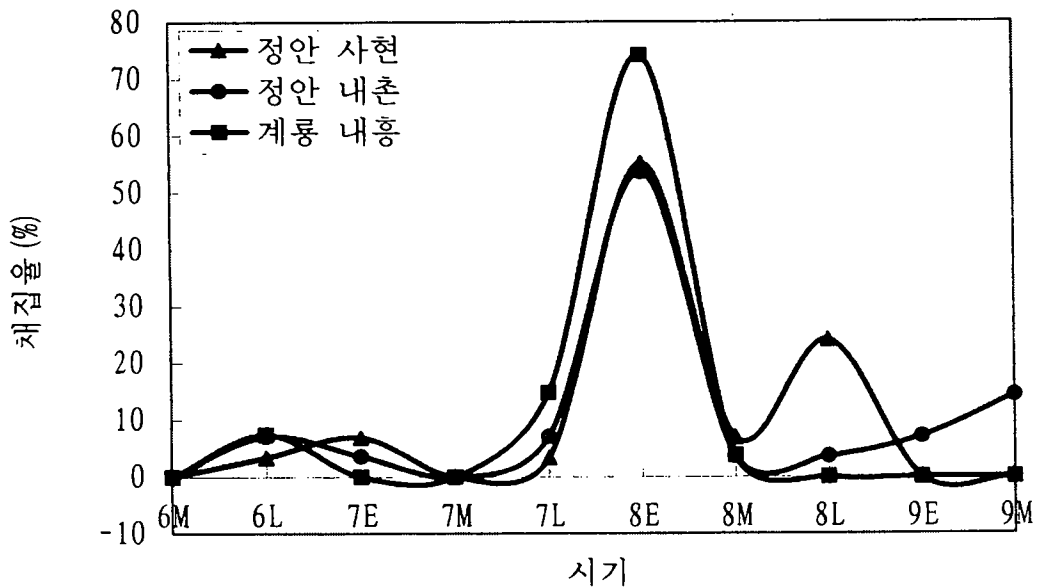


그림 1. 충남 공주 지역에 설치한 유아등에 포획된 복숭아명나방 성충의 발생소장

경남 산청지역의 복숭아명나방 성충발생 상황을 조사한 결과는 그림2와 같이 1화기는 6월 하순에 peak를 보였고, 2화기 이후의 발생 상황은 8월 중하순, 9월 중순에 2회 peak를 보였다. 일본의 동북지방에서는 8월 11일 이전에 나타난 2화기 성충에서 이어지는 세대는 휴면에 들어가지 않고 8월 하순부터 10월 상순 사이에 3화기를 나타내며 발생 최성기는 9월 상순이라는 보고¹³⁾로 미루어 볼 때 경남 산청에서 9월중순에 출현한 성충은 3화기로 추정된다. 1화기의 발생기간이 6월 중순부터 7월 하순으로 비교적 길었고 2화기 성충의 50%우화시기는 8월 20일경 이었다.

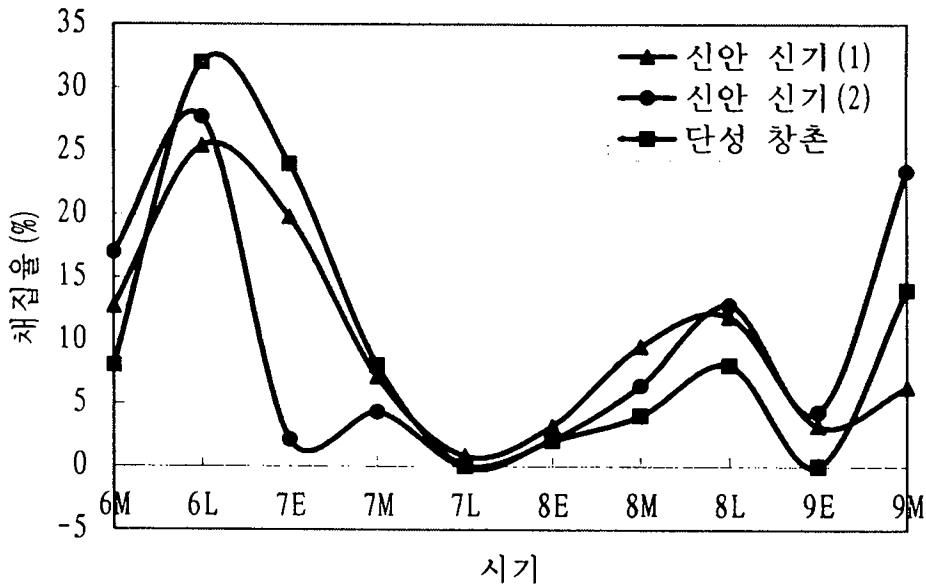


그림 2. 경남 산청 지역에 설치한 유아등에 포획된 복숭아명나방 성충의 발생소장

진주지역의 복숭아명나방 성충 발생상황은 그림 3과 같이 1화기의 발생시기는 5월 29일부터 7월 중순사이로 1화기의 유인수가 조사기간내 전체 유인수의 약 66%를 차지하여 2화기에 비해 발생량이 많았다. 2화기 성충은 8월중에 2회의 발생 peak를 보였으나, 표 5의 인공합성페로몬으로 진주지방에서 성충발생소장을 monitoring한 결과와 함께 해석하였을 때 2화기 최성기가 8월 초에서 중순사이이고, 50%우화일자는 8월 15일인 것으로 생각된다. 진주에서도 경남 산청에서와 마찬가지로 9월에 3화기로 추정되는 개체들이 발생하였다. 진주와 비슷한 온도를 나타내는 경남 하동, 전남 광양지역에서는 8월 초순과 하순에 2회 약제를 살포하는 것이 좋을 것으로 보이며 3화기에 중.만생충에 피해가 예상되나, 밤의 수확이 거의 끝난 시점이므로 경제적으로 큰 손실은 주지 않을 것으로 생각된다. 다만 밤나무림 내에 방치된 폐밤에서 성장 월동하여 다음해에 개체군 증가에 기여할 가능성이 있다.

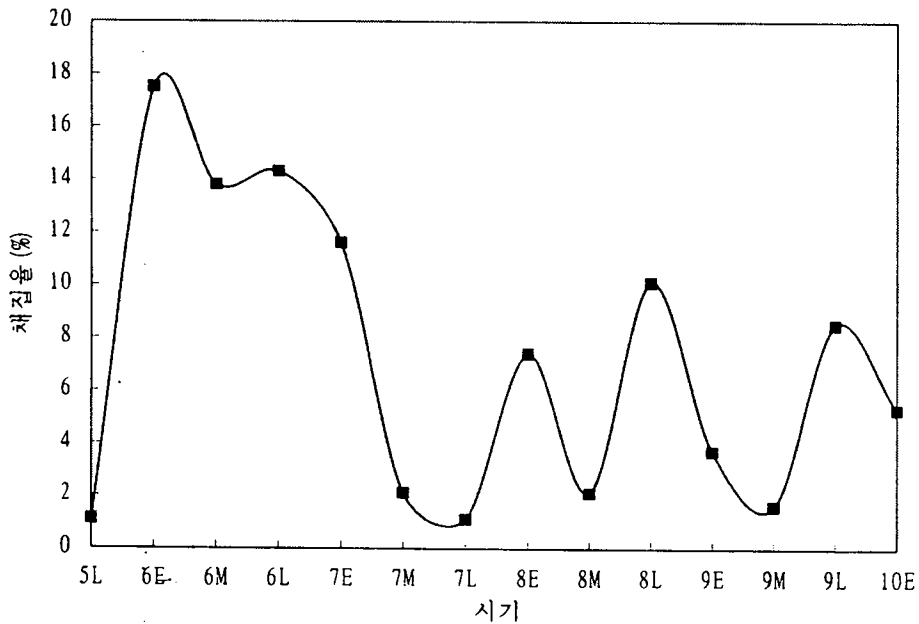


그림 3. 경남 진주지역에 설치한 유아등에 포획된 복숭아명나방 성충의 발생소장

전남 순천지역의 복숭아명나방 성충의 발생상황은 그림 4에 나타낸 바와 같다. 이 지역의 세대별 발생최성기는 1화기가 6월 중, 하순 2화기가 8월 하순으로 비교적 다른 조사지역보다 5-20일 늦었으나 발생경향은 뚜렷하였다. 포획된 개체수가 총 1,466마리로 다른 지역에 비해 월등히 많았을 뿐만 아니라 조사기간 동안에 꾸준하게 채집이 되었는데 이러한 이유는 순천의 송광면과 서면의 조사지의 주위에 있는 감나무 재배지로부터 복숭아명나방이 유인 되었기 때문인 것으로 생각된다. 또한 성충의 50%우화시기가 8월 25일경으로 다른 조사지역에 비해 5-20일 정도 늦게 나타났는데 이러한 원인을 표 3,4의 조사지의 적산온도와 비교하여 본 결과 전남 순천에서는 1화기의 발육기간인 6월12일부터 7월 20일사이의 적산온도가 다른 조사지 보다 약 25-40일도 낮아는데 이러한 이유로 2화기의 발생시기가 다소 늦어진 것으로 생각된다.

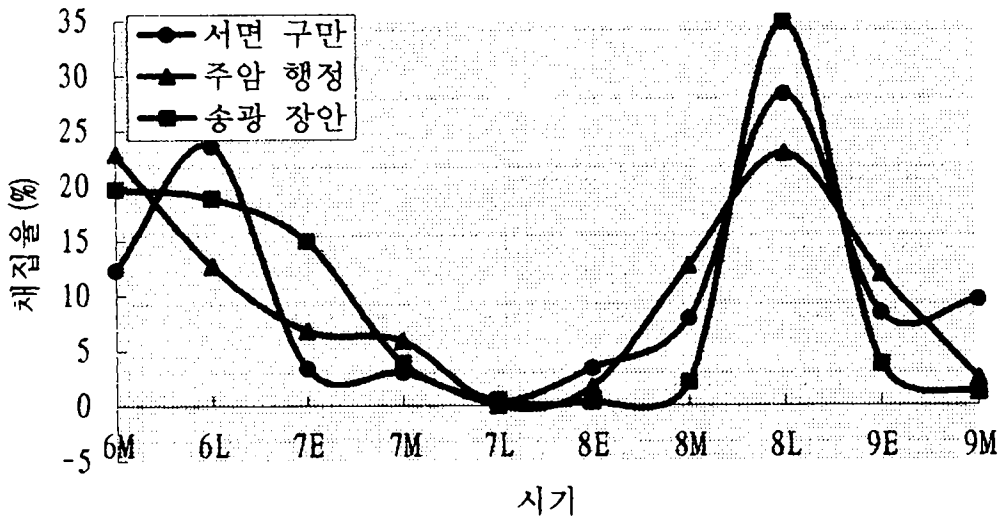


그림 4. 전남 순천지역에 설치한 유아등에 포획된 복숭아명나방 성충의 발생소장

2. 기온과 복숭아명나방의 발생시기와의 관계구명

표 3. Data Logger에 의해 측정된 지역의 평균 적산온도

조 사 지 역	적 산 온 도(일도)*	
	6월 12일-7월 20일	6월 12일-9월 20일
순천 송광 장안	438.47	1,282.34
주암 행정	435.48	1,272.67
서 구만	443.17	1,307.26
평 균	439.04	1,287.42
공주 계룡 내홍	492.31	1,366.43
정안 내촌	478.84	1,343.57
정안 사현	461.09	1,298.77
평 균	477.13	1,336.25
산청 신안 신기	463.19	1,359.51
단성 창촌	454.27	1,318.75
진주 가 좌 동	450.32	1,370.56
평 균	455.92	1,349.60

*복숭아명나방 발육영점온도(10℃) 이상의 적산온도

Data Logger를 이용하여 각지역별로 6월 12일 부터 9월 20일 까지 발육영점온도(10℃) 이상의 유효적산온도를 조사한 결과는 표 3, 4와 같다.

조사기간내의 전체 적산온도는 전남 순천에서 1287.42일도로 충남 공주에서 1,336.25일도, 경남 진주, 산청지역에서 1,349.60일도에 비해 평균 50-60일도 정도 낮았다. 특히 1화기의 발육기간인 6월 12일에서 7월 20일 사이의 전남 순천의 적산온도가 439.04일도로 충남 공주의 477.13일도, 경남 진주, 산청의 455.92일도 보다 16-40일도 낮았을 뿐만 아니라 이 기간내에 1일 적산온도가 10℃미만인 일수가 평균 10일로 충남 공주의 3일, 경남 진주,산청의 5일에 비해 많았기 때문에 표1에서와 같이 전남 순천의 복숭아명나방 2화기의 50%우화시기가 다른 지역보다 5-20일 늦어진 것으로 추정되는데 이지역의 복숭아명나방의 발생시기에 대해서는 평년의 기온과 비교하여 볼 필요가 있다고 생각된다. 또한 밤을 먹이로 사육한 복숭아명나방의 발육속도가 감, 복숭아등 과실을 급여한것 보다 빠르다는 보고¹²⁾로 볼때 조사지 주변의 감나무 재배지에서 유인된 성충이 많아 복숭아명나방 2화기의 50%우화일자가 다른 지역보다 늦어졌는지에 대해서는 구명되어야 할 과제이다.

표 4. 조사지의 유효적산온도의 누적표(10℃ 이상 30℃ 이하)

월/일/년	시/분/초	순천시 송광장안	순천시 주암령정	순천시 서면구만	진주시 가장남부	산청군 단성천촌	산청군 신안산기	공주군 계동내동	공주군 정안내촌	공주군 정안사현
06/12/96	0:00:01	0.28	0.28	0.28	0.18	0.20	0.19	0.28	0.28	0.28
06/13/96	0:00:01	14.38	13.99	13.41	11.93	12.38	12.50	17.26	17.10	17.20
06/14/96	0:00:01	26.19	26.02	25.52	24.38	25.10	25.27	35.07	34.76	34.56
06/15/96	0:00:01	38.58	38.80	37.73	37.05	37.89	37.77	48.69	48.51	47.58
06/16/96	0:00:01	52.45	52.20	50.82	51.02	51.67	51.72	63.87	63.00	61.39
06/17/96	0:00:01	66.87	66.19	65.20	66.27	66.96	67.06	79.12	77.56	75.46
06/18/96	0:00:01	78.69	77.74	77.03	78.72	79.65	79.59	90.78	88.57	86.39
06/19/96	0:00:01	88.09	86.61	86.93	90.88	92.53	90.77	100.91	97.84	95.57
06/20/96	0:00:01	96.71	94.50	95.83	100.59	102.82	100.81	113.28	109.91	107.26
06/21/96	0:00:01	105.26	103.15	104.43	109.28	112.27	110.05	123.63	119.92	117.17
06/22/96	0:00:01	115.83	114.66	114.93	120.93	124.51	121.70	137.91	133.08	129.75
06/23/96	0:00:01	126.45	125.13	125.45	132.55	135.82	132.78	151.54	146.17	142.57
06/24/96	0:00:01	138.35	136.76	137.97	144.88	149.51	146.19	164.75	158.72	154.59
06/25/96	0:00:01	147.34	145.15	146.80	153.26	158.14	154.65	173.44	167.13	162.91
06/26/96	0:00:01	155.68	153.05	154.87	160.59	166.11	162.14	181.55	175.34	170.87
06/27/96	0:00:01	164.82	162.50	164.69	170.03	177.04	172.74	192.09	185.78	180.85
06/28/96	0:00:01	173.71	170.83	173.40	178.26	185.79	181.45	201.17	194.25	189.35
06/29/96	0:00:01	186.43	183.38	186.06	192.38	200.14	195.89	212.31	205.26	199.99
06/30/96	0:00:01	198.88	195.85	198.14	205.70	212.54	208.63	224.19	216.35	210.96
07/01/96	0:00:01	210.92	207.56	210.62	217.98	225.12	220.44	236.06	228.73	222.90
07/02/96	0:00:01	224.67	221.74	224.61	232.48	239.14	234.43	249.62	242.22	236.35
07/03/96	0:00:01	238.20	235.60	238.55	246.95	253.99	249.23	263.83	256.08	249.63
07/04/96	0:00:01	251.28	248.61	252.28	260.43	268.46	263.80	279.04	271.05	263.82
07/05/96	0:00:01	260.62	257.61	261.64	268.89	277.58	272.82	290.33	281.58	274.25
07/06/96	0:00:01	271.51	268.31	272.72	279.23	288.68	283.51	304.47	295.06	287.10
07/07/96	0:00:01	282.07	279.49	283.99	290.52	301.39	296.02	318.57	306.31	299.81
07/08/96	0:00:01	292.51	289.87	294.05	300.29	312.75	306.17	330.91	321.15	311.62
07/09/96	0:00:01	301.96	300.03	303.57	310.24	322.81	315.96	342.69	333.31	322.17
07/10/96	0:00:01	311.69	310.10	313.78	319.97	332.77	325.97	354.67	344.84	332.35
07/11/96	0:00:01	320.18	318.43	322.72	329.30	342.19	335.41	366.75	356.03	342.37
07/12/96	0:00:01	328.47	326.31	331.63	338.27	351.21	344.36	379.19	369.28	354.26
07/13/96	0:00:01	336.01	333.83	339.21	345.23	358.22	351.20	389.10	379.30	363.98
07/14/96	0:00:01	348.31	346.07	351.31	356.19	369.20	362.16	402.21	392.00	376.23
07/15/96	0:00:01	361.71	359.44	365.00	369.79	382.99	376.04	415.74	405.07	388.96
07/16/96	0:00:01	375.80	373.29	378.91	384.72	396.98	390.03	430.35	418.13	401.81
07/17/96	0:00:01	389.91	387.45	394.12	399.99	413.21	406.01	444.21	431.09	414.39
07/18/96	0:00:01	405.48	402.53	409.92	416.16	429.24	421.67	459.76	446.05	428.98
07/19/96	0:00:01	421.78	419.00	426.19	432.91	445.83	438.01	475.82	462.34	444.86
07/20/96	0:00:01	438.47	435.18	443.17	450.32	463.19	454.27	492.31	478.84	461.09
07/21/96	0:00:01	454.98	452.00	459.99	467.86	480.33	470.70	509.37	496.12	476.90
07/22/96	0:00:01	470.38	467.40	475.23	484.18	496.40	486.55	525.13	509.43	490.91
07/23/96	0:00:01	486.32	483.50	491.26	501.49	513.48	503.62	540.46	524.80	506.01
07/24/96	0:00:01	502.45	499.67	507.43	518.74	530.25	519.93	557.31	540.84	521.72
07/25/96	0:00:01	518.47	515.88	523.31	536.36	547.77	536.90	574.86	557.90	538.69
07/26/96	0:00:01	534.43	531.99	539.49	553.80	564.71	552.90	591.55	574.78	555.41
07/27/96	0:00:01	550.74	548.39	555.88	571.15	581.14	568.93	609.01	591.54	571.96
07/28/96	0:00:01	567.56	564.97	572.84	588.26	597.90	585.57	626.03	607.66	587.91
07/29/96	0:00:01	583.54	580.74	589.03	605.07	614.03	601.54	643.27	624.34	604.32
07/30/96	0:00:01	600.59	597.72	606.11	622.56	631.26	618.60	660.96	641.22	621.03
07/31/96	0:00:01	616.44	613.62	622.32	640.07	648.35	634.99	677.90	657.71	637.20

표 4에서 계속

08 01 96	0 00 01	631.46	629.29	638.26	657.39	665.59	661.32	694.97	674.93	654.03
08 02 96	0 00 01	647.40	645.62	654.21	675.10	683.04	667.69	712.12	692.07	670.88
08 03 96	0 00 01	663.52	661.94	670.43	692.79	700.47	684.27	729.82	709.36	688.00
08 04 96	0 00 01	679.92	677.96	686.74	710.49	717.84	701.04	747.51	726.49	704.77
08 05 96	0 00 01	697.09	694.63	703.86	727.72	735.36	718.00	764.66	742.74	720.55
08 06 96	0 00 01	712.76	710.28	720.30	744.59	751.79	733.93	781.46	759.20	736.47
08 07 96	0 00 01	728.45	726.02	736.05	760.70	768.18	749.68	798.03	775.94	752.70
08 08 96	0 00 01	742.93	740.62	750.68	776.79	783.90	764.94	814.94	792.66	768.78
08 09 96	0 00 01	757.62	755.68	765.72	793.52	800.59	780.78	831.74	809.02	784.61
08 10 96	0 00 01	773.95	772.19	782.45	810.98	817.10	796.54	848.50	825.85	801.26
08 11 96	0 00 01	790.63	788.92	798.00	828.48	833.38	812.46	865.85	843.52	818.57
08 12 96	0 00 01	807.23	805.50	813.75	845.78	849.98	828.61	883.32	860.88	835.32
08 13 96	0 00 01	823.46	821.49	829.66	863.04	866.95	844.64	900.23	878.04	852.15
08 14 96	0 00 01	839.96	838.00	846.07	880.72	884.05	860.91	917.52	894.96	868.87
08 15 96	0 00 01	856.43	854.16	863.24	899.10	902.03	878.36	934.28	911.80	885.45
08 16 96	0 00 01	871.93	868.84	879.42	916.42	918.16	894.52	949.32	927.36	900.48
08 17 96	0 00 01	885.78	882.83	894.46	931.97	932.59	908.75	963.38	941.96	914.30
08 18 96	0 00 01	899.66	896.46	909.01	947.90	948.13	923.36	977.10	956.88	928.54
08 19 96	0 00 01	913.74	911.02	923.55	963.87	963.72	938.18	992.42	972.65	943.72
08 20 96	0 00 01	927.29	924.54	937.84	979.99	979.15	953.18	1,008.01	988.48	958.83
08 21 96	0 00 01	941.19	938.28	952.01	995.99	994.33	968.24	1,023.34	1,004.51	974.57
08 22 96	0 00 01	956.08	952.85	966.99	1,010.27	1,008.49	982.38	1,039.57	1,021.00	990.66
08 23 96	0 00 01	971.74	968.49	983.12	1,026.62	1,025.15	998.65	1,056.16	1,037.10	1,006.38
08 24 96	0 00 01	985.76	982.21	997.96	1,042.66	1,040.82	1,013.73	1,070.22	1,050.96	1,019.36
08 25 96	0 00 01	997.69	993.87	1,009.78	1,054.99	1,052.04	1,024.86	1,083.90	1,064.29	1,032.10
08 26 96	0 00 01	1,009.66	1,005.26	1,021.31	1,068.13	1,064.96	1,037.03	1,095.88	1,076.02	1,043.33
08 27 96	0 00 01	1,020.77	1,015.99	1,032.22	1,079.90	1,076.09	1,047.66	1,105.26	1,084.86	1,052.19
08 28 96	0 00 01	1,033.20	1,027.80	1,044.80	1,091.48	1,087.38	1,058.72	1,115.29	1,094.36	1,061.54
08 29 96	0 00 01	1,046.25	1,040.44	1,057.16	1,102.74	1,098.98	1,069.95	1,125.01	1,103.83	1,070.65
08 30 96	0 00 01	1,059.12	1,052.94	1,070.15	1,116.37	1,112.38	1,082.95	1,137.93	1,116.68	1,082.47
08 31 96	0 00 01	1,068.93	1,062.37	1,080.09	1,127.36	1,122.90	1,092.99	1,148.49	1,126.88	1,092.23
09 01 96	0 00 01	1,079.72	1,072.95	1,090.91	1,138.46	1,133.85	1,103.47	1,160.39	1,138.13	1,103.03
09 02 96	0 00 01	1,091.16	1,084.36	1,102.82	1,151.39	1,146.80	1,115.29	1,171.94	1,150.07	1,114.35
09 03 96	0 00 01	1,102.97	1,096.21	1,114.92	1,164.38	1,159.33	1,127.19	1,183.08	1,161.84	1,125.67
09 04 96	0 00 01	1,115.50	1,108.70	1,127.35	1,176.97	1,171.52	1,138.74	1,194.62	1,173.50	1,136.91
09 05 96	0 00 01	1,128.10	1,121.40	1,140.52	1,190.19	1,184.47	1,151.46	1,206.05	1,184.27	1,147.32
09 06 96	0 00 01	1,139.77	1,132.83	1,153.12	1,203.18	1,197.49	1,164.00	1,216.18	1,194.17	1,156.57
09 07 96	0 00 01	1,149.44	1,141.74	1,163.58	1,214.96	1,209.07	1,175.16	1,225.72	1,203.07	1,164.93
09 08 96	0 00 01	1,159.91	1,152.70	1,174.93	1,227.59	1,221.41	1,187.02	1,235.84	1,213.74	1,175.02
09 09 96	0 00 01	1,169.26	1,161.35	1,184.26	1,238.13	1,231.49	1,196.78	1,247.62	1,225.74	1,186.37
09 10 96	0 00 01	1,176.43	1,168.05	1,191.71	1,245.46	1,238.75	1,203.61	1,257.87	1,235.46	1,195.62
09 11 96	0 00 01	1,186.35	1,178.07	1,202.86	1,256.56	1,249.84	1,214.07	1,268.49	1,245.62	1,205.34
09 12 96	0 00 01	1,196.22	1,187.87	1,213.73	1,268.14	1,261.25	1,224.27	1,278.60	1,255.72	1,214.90
09 13 96	0 00 01	1,206.72	1,198.17	1,225.16	1,280.31	1,272.83	1,234.89	1,288.97	1,266.35	1,224.91
09 14 96	0 00 01	1,217.75	1,209.45	1,237.65	1,293.74	1,285.69	1,247.46	1,299.60	1,277.18	1,235.20
09 15 96	0 00 01	1,228.00	1,219.74	1,248.89	1,305.59	1,297.63	1,258.79	1,310.16	1,287.67	1,245.08
09 16 96	0 00 01	1,238.83	1,230.72	1,260.85	1,319.46	1,310.03	1,270.63	1,321.71	1,299.67	1,256.58
09 17 96	0 00 01	1,249.93	1,241.44	1,273.10	1,332.74	1,322.69	1,283.31	1,333.60	1,311.68	1,267.86
09 18 96	0 00 01	1,261.12	1,252.13	1,285.05	1,346.10	1,335.67	1,295.56	1,344.88	1,322.67	1,278.52
09 19 96	0 00 01	1,271.86	1,262.73	1,296.38	1,358.94	1,348.14	1,307.65	1,356.72	1,334.44	1,289.85
09 20 96	0 00 01	1,282.34	1,272.67	1,307.26	1,370.56	1,359.51	1,318.75	1,366.43	1,343.57	1,298.77

3. 인공합성 페로몬을 이용한 복숭아명나방 성충발생 상황조사

1967년 Shorey등에 의해 나비목의 곤충에 대한 교미 교란 연구²⁸⁾가 시작된 이래 현재까지 페로몬에 대한 연구가 활발히 진행되어 그들의 성분이 속속 밝혀지고 있으며 이들을 이용한 해충방제에 대한 연구도 monitoring에 중점을 둔 최초의 발생시기, 이주시기, 군집의 크기변동 등을 예측하는데 많이 활용되고 있다.¹⁾ 본 연구도 밤에 주로 피해를 주는 2화기의 발생량은 1화기의 발생과 밀접한 관계가 있다는 보고에 따라 1화기, 2화기 및 3화기의 발생량을 추정하기 위하여 인공합성페로몬을 이용한 트랩을 진주시 미천면의 밤나무림에 설치하고 성충의 유인수를 조사한 결과는 표 5에서 보는바와 같다.

표 5. 인공합성페로몬(E10-16:Al과 Z10-16:Al(75:25)) Trap에 유인된 화기별 복숭아명나방 수컷 성충의 유인수

화기	1 화 기					2 화 기					3 화 기									
조사 시기	6월 15 18 21 24 27					8월 5 8 10 12 15 19					8월 9월 22 29 2 5 9 12 16 19 23									
포획수	2	16	13	5	3	4	11	8	2	2	2	7	10	13	11	13	40	24	19	6

※ 설치장소 : 경남 진주시 미천면 미곡리

※※ 설치일자 : '96년 6월 7일(1차), 8월 2일(2차)

Pheromone Trap에 의한 복숭아명나방서 보면 1화기 발생최성기는 6월 중순이며 2화기는 8월 초순, 3화기는 9월 중순임을 알 수 있었고, 3화기가 1, 2화기에 비해 개체수가 많았는데 이러한 결과를 보아 본 연구에서 사용한 인공합성Pheromone(E10-16:Al과 Z10-16:Al(75:25))은 밤을 가해하는 복숭아명나방을 유인하는데 적합한 인공합성페로몬으로 생각된다.

Pheromone Trap은 유인된 개체의 수에 있어서도 유아등 유살결과(표 2)와 비교하여 볼 때 순천지역을 제외하면 큰 차이가 없으며, 유아등의 경우 다른 곤충도 많이 유인되어 복숭아명나방을 구분하여 내는데 큰 어려움이 있는 점등을 고려해 볼 때 밤 재배지에서 인공합성Pheromone을 이용한 예찰이 매우 바람직한 것으로 생각되어 앞으로도 계속 연구가 되어져야 할 것으로 사료된다.

4. 복숭아명나방의 발육속도

월동중인 번데기에서의 우화될 때 까지의 발육속도를 알고자 실험을 실시하였으나 실패하였다. 그래서 1화기 성충으로부터 알 250개를 채집하여 사육한 결과 표 6에 나타낸바와 같이 우화한 개체가 12마리로 4.8% 생존율을 보여 Honda¹²⁾의 생존율 37.5%에 비해 매우 낮았는데 이는 사육기술에 대한 기술축적(know-how)의 미비 때문인 것으로 생각된다. 부화율은 89.2%였고 대부분 유충시기에 폐사되었는데 특히 1-2령 시기에 폐사율이 높았다.

복숭아명나방의 정확한 발육속도를 알면 1화기 발생시기를 추측할 수 있고, 1화기 발생시기에 인공합성페로몬으로 성충 발생상황을 monitoring 한 것과 유아등에 의해서 포획된 시기 등을 비교하면 2, 3화기에 발생상황을 쉽게 예측할 수 있을 것이다.

표 6의 결과를 분석하면 25℃, L:D=15:9, RH=70%에서 2화기의 발육 속도는 난부터 우화시기까지 약 39일이 소요되는데 이것은 25℃에서 Honda가 조사한 난기간 6.07, 유충기간 18.12, 용기간 13.00일 우화전 37.19일도 라는 보고¹²⁾¹⁵⁾와 비슷한 결과를 얻었다. 그러나 밤을 먹이로 사육한 복숭아명나방의 발육기간이 유충기간 12.58, 용기간 12.33일로 복숭아아를 먹이로 사육한 것보다 발육속도가 빠르다는 보고도 있다.¹²⁾ 이러한 결과는 밤나무림에서 복숭아명나방의 3화기 출현과도 매우 밀접한 관계가 있으므로 금후 좀더 상세한 연구가 이루어져야 할 것으로 생각된다.

표 6. 1세대 복숭아명나방 충태별 발육기간 및 생존율(25℃±1, L:D=15:9, RH=70%)

	발육기간	조사개체수	생존율	누적발육기간
난	6.19±0.061	250	-	6.19
유충	18.67±0.308	16	7.2%	25.58
번데기	13.38±0.315	14	5.6%	38.96
Adult♂	5.0 ± 0.276	6	4.8%	43.96
♀	8.13 ± 0.276	6		47.09

※먹이는 복숭아 급여

5. 지역별 복숭아명나방 피해율

지역별 밤의 숙기별에 따른 복숭아명나방의 피해율을 나타낸 표 7을 보면 지역에 관계없이 조생종 > 만생종 > 중생종 순으로 피해정도를 보였으며 전남 순천에 비해 경남 지역에서 대체로 높은 피해를 보였다. 피해의 차이는 지역 또는 밤나무품종에 따른 차이도 있을 것으로 보인다^{16),32)} 그림1, 2, 3, 4의 지역별 복숭아명나방 발생소장과 비교해 보면 전남 순천의 경우 2화기 발생최성기가 8월 하순으로 다른 지역보다 늦어져 조생종에 피해가 심하였고 아울러 3화기의 발생도 늦어져 중.만생종에 피해가 적었던 것으로 보인다.

표 7. 지역별 숙기별 복숭아명나방의 피해상황

지 역	조사개소	숙기별 밤송이피해율(%)			
		조생종	중생종	만생종	
충남공주	6	34.2	15.2	20.8	
	부여	3	29.4	12.7	21.3
전남순천	6	16.6	9.2	11.7	
	광양	6	19.1	16.8	17.6
경남진주	3	30.6	28.0	23.3	
	하동	8	23.3	15.7	13.3
	산청	3	26.6	25.3	20.0

그림1, 2, 3, 4와 표1, 2, 3, 4, 5, 6, 7를 종합하면 복숭아명나방의 방제는 부화유충 최성기에 실시 하는 것이 가장 효과적이다. 그러므로 지역별 방제시기는 재배농가가 지상방제를 할때는 충남 공주지역이 8월 중순, 경남, 전남 지역에서는 8월 하순이 적기이다. 그러나 항공방제와 같은 대면적 방제는 산림청의 항공기 수급 등을 고려할 때 단기간내에 대면적 방제가 불가능하므로 복숭아명나방의 2화기 발생초기인 7월 하순부터 8월 사이에 2회 실시하는 것이 무리가 없을 것으로 본다. 가능한 한 지역별로 부화유충 최성기를 파악하여 항공방제 시기를 선택하는 것이 좋을 것으로 사료되며, 현행 6월에서 7월 사이에 시행되는 1차방제는 돌발해충 발생시에만 시행하고, 현행의 2회방제를 유지하려면 중부지방인 공주, 부여는 7월 하순과 8월 남부지방인 전남, 경남지방은 8월 초순과 하순에 각각 2회 실시하는 것이 항공방제의 효과를 제고할 수 있을 것이다.

6. 밤나무해충 항공방제가 곤충상에 미치는 영향

현재 실시하고 있는 1차항공방제(6월 하순-7월 중순)는 풍덩이류, 나방류 등 식엽성해충을 대상으로 하고 있으나 오히려 유용한 천적을 감소시킨다는 지적이 있었다.⁵⁾ 따라서 본 연구에서는 2차항공방제 시기인 8월에 전남 순천에서 항공방제전과 방제 1주일후에 밤나무 수관과 하층식생에서 채집한 곤충상을 비교하여 본 결과는 표 8에서 나타내었다. 항공방제 후의 익충과 천적의 밀도가 오히려 증가 하였는데 실제 항공방제지에서의 사용농약 델타린의 익충과 천적인 딱정벌레목, 사마귀목, 풀잠자리목 거미류에 거의 영향을 미치지 않아 국내에서 PAP 약제 처리지에서 조사한 것⁵⁾과는 차이가 있었다. 이러한 결과가 방제시기에 의한 차이 때문인지 사용농약에 대한 차이 인지는 계속적인 연구와 조사가 필요하다.

표 8. 2차 항공방제지에서의 항공방제 전과 후의 곤충상의 변화

곤충목	딱정벌레목		노린재목		나비목		메뚜기목	
	과수	개체수	과수	개체수	과수	개체수	과수	개체수
항공방제 전 개체수	4	37	3	5	3	3	1	2
항공방제 후 개체수	2	23	3	3	4	9	2	6
감소율		37.8		40.0		△200		△200
곤충목	사마귀목		집계벌레목		벌목		파리목	
	과수	개체수	과수	개체수	과수	개체수	과수	개체수
항공방제 전 개체수	0	0	1	3	2	2	2	2
항공방제 후 개체수	1	1	1	7	4	4	2	2
감소율		-		△133.3		△100.0		0
곤충목	매미목		풀잠자리목		거미류		날도래목	
	과수	개체수	과수	개체수	과수	개체수	과수	개체수
항공방제 전 개체수	2	3	0	0	5	12	0	0
항공방제 후 개체수	3	7	1	1	5	11	1	2
감소율		△233.3		-		8.3		-

제 4 절 결 론

- 유아등 조사에서 2화기 성충 발생최성기는 충남 공주가 8월 초 전남 순천과 경남지역은 8월 중순과, 하순이었다.
- 전 조사지역에서 3화기가 발생하는 것으로 추정되었다.
- 복숭아명나방의 발생예찰을 위해 인공합성페로몬(E10-16:Al : Z10-16:Al = 75:25) wing trap이 효과적이었다.
- 1화기 발육기간내의 기온이 2화기 발생시기에 영향이 있었다.
- 밤속기별 복숭아명나방 피해율은 조생종>만생종>중생종의 순이었다.

델타린을 사용한 2화기 항공방제에서의 천적 및 억충에 대한 영향은 거의 없었다

지역별 항공방제 적기는 7월 하순에서 8월 사이에 복숭아명나방의 부화최성기를 택하여 1회 또는 2회 실시하는 것이 타당할 것으로 사료된다.

1회 실시할 경우는 충남 지역은 8월 중순, 전남, 경남 지역은 8월 하순이 적절할 것으로 생각된다.

2회 실시할 경우는 충남 공주지역은 7월 하순에서 8월 중순 사이에 2회 실시, 전남 경남 지역은 8월중, 하순에 2회 실시하는 것이 적절 것으로 보인다.

경종적방제법으로 밤나무 식재를 숙기별로 집단화하는 방향으로 유도하여 방제의 효율을 제고하여야 할 것이다.

제 3 장 항공미량 살포법 개발

제 1 절 서설

우리나라의 밤나무림은 대부분이 산지에 위치하고 있어 해충방제가 다른 과수에 비해 어렵고, 농촌 노동력의 감소와 노령화, 인건비의 상승 등으로 경비가 많이 소요되기 때문에 밤나무해충의 방제는 정부의 지원하에 실시되고 있는 항공방제에 주로 의존하고 있다.¹⁷⁾²⁶⁾ 현재 밤나무해충에 대한 항공방제는 농약등 소요자재는 밤재배농가에서 부담하는 조건으로 정부 즉, 산림청에서 항공기를 지원하여 이루어 지고 있으며, 매년 6월-8월 사이에 2회 실시되고 있다.⁴⁾⁵⁾⁶⁾⁷⁾⁸⁾ 1996년도의 방제면적은 38,000ha이며 1차방제는 식엽성해충을 대상으로, 2차방제는 밤나무종실해충인 복숭아명나방을 대상으로 실시하고 있는데 방제 연면적은 76,000ha에 달한다.⁷⁾¹⁷⁾ 방제작업의 편리성 때문에 수많은 밤 재배농가에서 항공방제 면적의 확대를 바라고 있으나 항공기 보유대수의 부족과, 산불진화, 소나무, 잣나무해충 등 각종 산림해충 방제 투입등으로 밤재배 농가의 요구를 충족시키지 못하고 있는 실정이다.⁶⁾¹⁷⁾²⁶⁾

현행의 밤나무 해충항공방제 공정은 1일 살포횟수가 25회, 살포면적은 helicopter의 탑재량에 따라 200-325ha이며 방제작업 시간은 약제살포입자의 분산을 줄이기 위해 일출 직전부터 오전 10시까지 실시하고 있으나⁸⁾, 1일 살포횟수가 25회나 되므로 약제를 살포하는 시간보다 약제의 탑재, 방제지 까지의 비행시간 등 약제살포 외에 소요되는 시간이 많아 항공기의 운항에 소요되는 경비가 많이 들고 방제지역의 기상조건이 불규칙하는 등으로 인해 방제작업이 지연되어 10시 이후에도 방제작업을 하게 되어 약제 살포 효과가 낮아지는 경우도 있다.

본 연구는 현행 밤나무해충 항공방제에서 노출되고 있는 이와같은 문제점을 해결하기 위해 항공방제 공정을 성력화 할 수 있는 방안으로는 항공살포용 노즐을 보다 고농도 소량살포용으로 개선하는 것이 가장 효과적인 것으로 생각되어, 현행 밤나무해충 항공방제에서 사용하고 있는 분사노즐의 Orifice의 개선을 통한 살포공정의 성력화 방안과 국내에서는 산림해충방제에 사용하고 있지 않지만 외국에서는 나방류, 잎벌류 방제에 사용되고 있는 살포량과 살포입자의 크기를 조절이 가능한 ULV노즐의 밤나무해충 항공방제에 적용 가능성을 검토하기 위해 실시하였다.¹⁴⁾¹⁹⁾²⁰⁾²¹⁾²²⁾³¹⁾

제 2 절 재료 및 방법

1. ULV노즐과 분사노즐의 성능 비교

가. 공시노즐

1) 분사노즐

표 9. Orifice 종류별 제원

	Orifice No.			
	D2	D3	D4	D6*
Orifice Ø(mm)	1.04	1.19	1.60	2.39
분사량 ℓ/min/40psi	0.95	1.29	2.08	4.16

*현행 밤나무해충 항공방제 사용 Orifice(부록 사진4 참조)

2) ULV노즐(Micron X-15®)

살포입자의 크기와 낙하입자의 밀도조절이 가능한 Multiple Spinning Disc Systems Rotary Atomiser(Micron X-15®)이다(부록 사진 5 참조).

표 10. ULV노즐(Micron X-15®)의 제원

	공급전원					
	12V DC			24V DC		
회전속도(rpm)	1,500	3,000	2 5,000	3,000	6,000	9,000
분사량(ℓ/min)	0.75-3	0.5-3	0.2-2	0.5-3	0.3-2	0.2-2
입자직경(μm)	150-300	90-150	65-100	90-150	50-100	45-75
살포용량(ℓ/ha)	10-15	5-15	0.5-10	5-15	0.5-10	0.5-5
방제적용범위	제초	병해충 제초	병해충	병해충 제초	병해충	병해충

나. 사용항공기:산림청 산림항공관리소 helicopter(AS-350B2)

다. 시험장소:경남 진주, 산청 전남 순천

라. 조사방법

(1)분사노즐

helicopter에 분사노즐을 좌우로 30개씩 60개를 장착하고 오전 7~9시 사이에 비행고도 5-10m, 분사압력 32-46psi, 비행속도 30-35knot/hr로 Orifice 종류별로 2회 살포하였을 때 지상의 감광지에 낙하된 살포입자의 직경과 단위면적당 낙하입자수를 조사하였고, helicopter의 약제탱크에

760 ℓ 의 물을 채우고 Orifice 종류별로 분사에 소요되는 시간을 조사하였다(부록 사진 4, 9참조).

(2) ULV노즐

오전 6-8사이에 연구소 구내 포장에서 분사높이 2m, 노즐당 분사량 1 ℓ/min/20psi로 물을 분사시키고 노즐로 부터 1m 거리에 감광지를 1초간 노출시켜 낙하된 살포입자의 직경, 단위면적당 낙하입자수, 단위시간당 분사량등을 조사하였다. 공중살포는 전남 순천의 실연시험시 공시노즐을 1m 간격으로 helicopter의 후미에 1개, 분사노즐 beam에 2개씩 총 6개를 장착하고 노즐당 분사량 0.1 ℓ/1,500rpm/10psi, 비행고도 5-10m, 비행속도 10, 20, 30knot/hr로 오전 7-9시 사이에 2회 살포하고 지상의 감광지에 나타난 살포입자의 낙하 상황을 조사하였다 (부록 사진 5, 7, 8참조).

2. 노즐별 항공살포 실연시험

가. 공시노즐

(1) 노즐별 시험

(가) 분사노즐 : Orifice No. D2, D3, D4, D6

(나) ULV노즐 : Micron X-15®

나. 약량별 시험 : Orifice No. D6

다. 공시농약 및 회석배수

(1) 노즐별 시험 : 델타린 25배액

(2) 약량별 시험 : 델타린 50, 100, 200배액

라. 시험장소 : 전남 순천시 서면 대구실리 밤나무림 5ha

마. 처리시기 : '96. 8. 1

바. 처리방법

산록에서 능선부로 향해 처리구당 40 50m 간격으로 구분하여 백색 깃발로 구역을 표시하고, 분사노즐은 좌우로 30개씩 60개를, ULV노즐은 1m 간격으로 helicopter 후미에 1개, 분사노즐 beam에 2개씩 좌우 총 6개를 장착하고 회전속도 1,500rpm/12V DC 노즐당 분사량 0.1ℓ /1,500rpm/10psi, 비행고도 5 10m, 비행속도 30 35knot/hr로 오전 7 9시 사이에 살포하였다.

사. 효과조사

조생종 수확기인 9월 상순에 각 처리구 중앙선에 있는 밤나무를 숙기별로 구분하여 복숭아명나방의 피해를 받은 밤송이를 조사하여 피해구과율을 산출하였다.

제 3 절 결과 및 고찰

1. ULV노즐과 분사노즐의 성능 비교

가. 분사노즐

본 실험에서 감광지에 낙하된 살포입자의 크기와 단위면적당 입자수를 조사한 결과 표11과 같다. 살포입자의 직경은 D2가 0.03mm, D3가 0.06mm, D4가 0.07mm로 현재 밤나무해충 항공방제에 주로 사용하고 있는 D6의 0.1mm에 비해 미세하였다. 단위면적당 낙하입자수는 D2가 9.7개/0.785cm², D3가 20.5개/0.785cm² D4가 24.6개/0.785cm²로 D2를 제외하고 D6의 13.2개/0.785cm²에 비해 50% D4가 80%가 많았다. D2는 살포입자의 크기는 가장 미세하였으나 단위면적당 낙하입자수가 적은 원인은 약제살포 당시의 기류 또는 helicopter가 발생하는 후류의 영향으로 입자가 분산되어 낙하입자수가 적었던 것으로 생각된다.

일반적으로 산림해충 항공방제에서 가장 살충효과가 높은 적정살포입자의 직경이 0.02-0.05mm인 점과 살포입자가 너무 미세하면 목표물에 도달에 실패하는 경우도 일반적으로 산림해충의 항공방제에서 가장 살충효과가 높은 적정살포입자의 직경이 0.02 0.05mm인 점과 살포입자가 너무 미세하면 목표물에 도달에 실패하는 경우도 있지만 일정한 농약의 살포량 범위내에서는 살포입자의 크기가 적을수록 목표물에 약제의 도달율이 높다는 점으로 보아 D6보다 살포입자가 미세한 Orifice로 교체하여 밤나무해충 항공방제에 사용하는 것이 방제효과를 높일 수 있다고 본다.¹⁰⁾²⁰⁾²²⁾

Orifice의 종류별로 항공살포시의 실제 분사량을 조사하기 위해 helicopter에 장착된 분사노즐 60개가 약제탱크에 탑재된 물 760ℓ를 완

표 11. 분사노즐의 Orifice별 공중살포 입자의 낙하상황과 분사량

조사항목	Orifice No.			
	D2	D3	D4	D6
평균입자직경(mm)	0.03	0.06	0.07	0.1
낙하입자수(0.785cm ²)	9.7	20.5	24.6	13.2
분사시간(760ℓ/60 Orifice)	12분40초	8분	6분30초	4분40초
최대분사압력(psi)	46	41	38	37

전히 분사할 때까지의 소요시간을 조사하여 본 결과 D2가 12분40초로 가장 길었으나 분사압력이 46psi로 증가함에 따라 분사도중에 helicopter의 엔진에 과부하 현상이 발생하여 적절하지 못한 것으로 생각되며 D4가 6분30초, D3이 8분, D6이 4분40초에 비해 D4와 D3가 1.2 1.7배 길었는데 이것은 약제살포시간이 1.2 1.7배가 길어짐을 의미하는 것으로서 특히

Orifice D3에 알맞게 약제화석배수와 ha당 살포량을 조정하면 D6로 1일 25회 기준으로 살포하고 있는 현재의 공정보다 살포횟수 즉 비행횟수가 줄어 약제의 탑재시간과 방제지까지의 왕복비행시간의 감소로 방제시간의 단축이 가능하다고 본다.

표 12. 분사노즐의 Orifice 종류별 살포공정 비교

구 분	D6	D4	D3
1일 방제면적(ha)	300	300	300
ha당 소요약량(ℓ)	1.3	1.3	1.3
ha당 살포량(ℓ)	40	35	25
1일 살포량(ℓ)	12,000	10,500	7,500
1회 탑재량(ℓ)	500	500	500
살포폭(m)	34	34	34
비행속도(knot/hr)	39	38	36
1회 살포시간(min)	3.	3.6	5.3
1회 살포면적(ha)	12.5	14.3	20
1일 살포회수	24	21	15
1일 살포시간(min)	74.4	75.6	79.5
회전비행시간(min)	50	50	50
왕복비행시간(min)	120	105	75
약제탑재시간(min)	72	63	45
총소요시간	5시간16분	4시간52분	4시간20분

※ 방제지까지 거리 : 5km

항공방제는 살포약제의 기류에 의한 분산과 유실을 줄이기 위해 기류가 안정된 시간대에 약제를 살포하는 것이 가장 효과적이다.^{8),30)} 그러나 현실적으로 항공기의 보유수가 부족하여 1일 살포공정을 25회로 과다하게 책정하고 있는 점과 방제지역의 기상적 부적합 등으로 인한 방제작업이 지연되어 방제적정 시간대 이후에 약제를 살포하는 경우도 있다. 따라서 밤나무해충 항공방제에 고농도의 소량살포용 Orifice를 사용하여 약제를 살포한다면 작업시간의 단축으로 기류가 안정된 시간대에 작업을 완료할 수 있고, 항공기의 운영경비를 절감할 수 있으며 단위면적당 낙하입자가 많아 복숭아명나방에 대한 살충효과를 높이고 살포약제의 유실등 손실량이 줄어 방제지 주변 환경에 대한 오염도 최소화 시킬 수 있다고 본다.²⁰⁾

현재 밤나무해충 항공방제에서 ha당 1.3ℓ의 농약을 30배로 희석하여 약 40ℓ를 D6로 1일에 200~325ha를 살포하도록 되어 있는데,³¹⁾ 표 12는 Orifice의 분사시간, 항공기의 탑재량, 살포폭, 비행속도를 고려하여 약제의 희석배수와 ha당 살포량을 D4는 27배액 35ℓ, D3는 20배액 25ℓ로 조정하여 살포했을 경우의 방제공정을 비교한 것이다. D6의 1일 300ha 방제의 살포횟수 24회 인데 비하여 D4가 21회, D3이 15회로 비행횟수가 줄어 방제목적지까지의 왕복비행시간, 살포약액의 탑재시간이 단축되었으며 방제소요시간이 D6 또는 5시간 16분에 비해 D4는 큰 차이는 없었으나, D3는 4시간 10분으로 현행 공정보다 1시간 이상 단축시킬 수 있는 것으로 나타나 D3의 밤나무해충 항공방제에 사용이 가능할 것으로 전망되고 있다.

본 과제가 1년차로 종결되는 관계로 구명되지 못한 살포약제의 농도, 살포량, 비행속도, 살포폭등에 관한 조사가 계속되어 구체적인 공정이 밝혀지길 바란다.

나. ULV노즐

본 실험에서 사용된 공시노즐은 유럽에서 helicopter에 장착하여 소나무의 나방류, 잎벌류 항공방제에 사용되고 있는 것으로 살포입자의 크기와 낙하입자의 밀도조절이 가능한 Multiple Spinning Disc Systems Rotary Atomiser형식의 적용범위가 다양한 ULV노즐(Micron X-15®)로서 밤나무해충 항공방제에 적용 가능성을 구명하기 위해 조사한 결과 표 13과 같다. 공시노즐의 disc 회전속도별로 낙하된 입자의 직경은 1,500~3,000rpm/12V DC에서 각각 0.191mm, 0.112mm로 분사노즐 Orifice D6의 입자의 크기와 비슷했고, 3,000rpm/24V DC은 0.054mm로 D3과 비슷했다. 5,000rpm/12V DC는 0.035mm, 6,000-9,000rpm/24V DC은 0.023-0.021mm로 재료및 방법에 표시한 입자의 크기 보다 더 작았는데 이는 분사량, 분사압력의 차이로 보인다. 단위면적당 낙하입자수는 1,500-3,000rpm/12V DC에서 10개/0.785cm² 미만, 3,000rpm/24V DC에서는 33개/0.785cm², 그 이상의 회전속도에서는 63.4-97.8개/0.785cm²로 조사방법에 따른 차이가 있을 것으로 생각되지만 분사노즐에 비해 단위면적당 낙하입자수가 많았고 입자의 배열도 균일하였다.

ULV살포가 LV살포 보다 방제 목표물에 도달하는 약제의 양이 많다는 점,¹⁰⁾²²⁾ 삼림해충에 살충효과가 높은 적정 항공살포입자의 크기가 0.02-0.05mm이라는 점,²⁰⁾ 해충의 종류에 따라 가장 효과적인 항공살포입자의 크기는 Locust와 같은 비행중인 곤충에는 0.01-0.05mm, 잎을 식해하는 유충에는 0.03-0.05mm, 토양해충에는 0.25-0.5mm이라는 점²¹⁾ 등으로 보아 밤송이를 식해하는 북송아명나방, 밤나무 식엽성해충 등의 방제에 3,000 rpm/24V DC이상 disc 회전속도로 살포하는 것이 효과적이라고 생각된다.

표 13. ULV노즐(Micron X 15®)의 회전속도별 살포입자의 크기와 단위면적당 낙하입자수

노즐당분사량 (ℓ/min/20psi)	공급전원 (V DC)	회전속도 (rpm)	입자직경과 범위 (mm)	낙하입자수 (/0.785cm ²)
1	24	3,000	0.051 (0.01 -0.11)	33.0
		6,000	0.024 (0.01 0.05)	87.6
		9,000	0.021 (0.01 0.05)	97.8
	12	1,500	0.191 (0.1 0.32)	4.2
		3,000	0.112 (0.1 0.3)	6.2
		5,000	0.035 (0.01 0.1)	63.4

※분사높이 2m

표 14는 공시노즐의 단위시간당 분사량을 파악하기 위해 분사압력 10psi와 20psi에서 disc 회전속도별로 분사시켜 본 결과를 나타내었는데, 회전속도에 관계없이 분사압력 10psi에서는 1분당 분사량이 100ml내외 였으나 20psi에서는 1,000 1,200ml로 분사량이 약 10배 증가하였다. 따라서 노즐의 숫자, ULV용 orifice의 선택, 분사압력등의 조절 등으로 단위면적당 살포약량을 조정할 수 있어¹⁰⁾ 밤나무해충 뿐아니라 일반산림해충 방제에도 적용이 가능하다고 본다.

표 15는 오전7-8시에 살포높이별로 노즐당분사량 1ℓ/min/20psi, disc 회전속도 6,000rpm/24V DC으로 물을 분사시켜 살포입자의 크기를 측정 한 결과를 나타낸 것으로 5m 높이에서 분사했을 때 살포입자의 직경은

표 14. ULV노즐(Micron X-15®)의 분사량

회전속도 (rpm/24V DC)	분사량(ml)		회전속도 (rpm/12V DC)	분사량(ml)	
	10psi	20psi		10psi	20psi
3,000	100	1,100	1,500	100	1,100
6,000	100	1,000	3,000	100	1,000
9,000	110	1,200	5,000	100	1,000

0.047mm로 2m 높이의 0.051mm와 비슷하였고 바람이 없을 때는 입자가 대부분이 수직으로 낙하 하였으나 바람이 있을 때에는 6-7m까지 입자가 날렸다.

전남 순천에서 실연방제시 지상의 감광지에 나타난 살포입자 낙하상황을 조사한 결과는 표 16에서와 같이 단위면적당 낙하입자수가 1.0-1.8 개/0.785cm² 밖에 낙하되지 않았다.

표 15. ULV노즐(Micron X-15®)의 살포높이별 입자의 크기

높이 (m)	노즐당분사량 (ℓ/min/20psi)	회전속도 (rpm)	입자직경 (mm)	살포반경 (m)
2	1	6,000	0.051	1.2-1.4
5	1	6,000	0.047	

표 16. ULV노즐(Micron X-15®)의 비행속도별 살포입자의 수

노즐당분사량 (ℓ /min/20psi)	회전속도 (rpm)	비행속도 (knot/hr)	낙하입자수 (/0.785cm ²)
0.1	1,500	10	1.8
		20	1.0
		30	1.3

이와같이 낙하량이 적었던 원인은 1분당 분사량이 100ml로 분사량이 적었기 때문이며 표 19와 같이 실연방제시험에서 ULV노즐에 의한 약제 살포 효과가 없었던 점도 살포량이 절대 부족했기 때문인 것으로 본다. 한편 트럭에 4m 높이로 ULV노즐 2개를 달고 오전 8시와 오후 3시경에 60km(32knot)/hr 속도로 주행하며 노즐당 분사량 1/ ℓ /min/20psi, disc 회전속도 6,000rpm/24V DC으로 살포하여 낙하입자의 크기와 단위면적당 낙하입자수를 비교한 결과 표 17과 같이 오전, 오후 모두 입자의 직경은 0.03mm로 같았으나 오전이 입자의 직경 범위가 좁고 단위면적당 낙하입자수도 많았다.

ULV노즐은 일반노즐 보다 살포입자의 분산이 적기 때문에 비행고도를 일반노즐 2m보다 높은 고도에서 약제를 살포하며 풍속이 2.2m/sec 이하 일때 비행고도 6-9m 살포폭 30m, 풍속이 2.2-3.6m/sec일때 비행고도 4.6m 살포폭 23m, 풍속이 3.6-4.5m/sec 일때 비행고도 1.5-2.4m 살포폭 15m를 유지하고 풍속이 4.5m/sec이상 일때는 항공살포를 하지 않는다고 한다.¹⁸⁾ 그러나 살포입자의 기류에 의한 분산과 유실을 막기 위해 분사노

즐과 마차가지로 일출 직후 부터 오전 10시이전에 방제작업이 이루어져야 하겠고 살포입자의 분산을 억제하는 입자강하제와 같은 물질을 살포 약액에 첨가하여 살포하는 방법도 고려되어야 할것이다.

표 17. ULV노즐(Micron X 15®)의 살포시간대별 살포입자의 크기와 낙하입자수

살포 시간	노즐당분사량 (ℓ/min/20psi)	살포속도 (knot/hr)	회전속도 (rpm)	입자크기 (∅mm)	낙하입자수 (/0.785cm ²)
08:00	1	32	6,000	0.03(0.01~0.08)	23.4
15:00			6,000	0.03(0.02~0.13)	18.0

※살포높이 4m

표 18은 공시노즐인 Micron X 15®로 방제면적 300ha에 대한 살포공정을 작성한 것으로서 ha당 살포량 5ℓ, 1회 탑재량 500ℓ, 장착 노즐수 6개, 노즐당 분사량 2ℓ/min, 살포폭 30m, 비행속도 33knot/hr로 항공살포할 경우 1분당 살포면적이 3ha로서, 1일 살포횟수가 3회로 약제살포 시간은 100분이 소요되나 방제지까지의 비행시간, 살포약제의 탑재시간의 감소로 방제소요시간이 약 3시간으로 현재 밤나무해충 항공방제에 사용하고 있는 분사노즐 D6의 약 5시간 16분보다(표 12) 2시간 이상 단축이 가능하다.

표 18. ULV노즐(Micron X 15®)의 살포공정

1일 방제면적(ha)	300
ha당 소요약량(ℓ)	1.3
ha당 살포량(ℓ)	5
1일 살포량(ℓ)	1,500
1회 탑재량(ℓ)	500
장착 노즐수(개)	6
노즐당 분사량(ℓ/min)	2
비행속도(knot/hr)	33
살포폭(m)	30
분당 살포면적(ha)	3
1회 살포면적(ha)	100
1회 살포시간(min)	33.3
1일 살포횟수	3
1일 살포시간(min)	100
회전비행시간(min)	50
왕복비행시간(min)	15
약제 탑재시간(min)	9
총소요시간	2시간54분

※ 방제지까지 거리 : 5km

이상의 결과를 종합하여 ULV노즐의 밤나무해충 항공방제에 활용 가능성을 검토해 보면 ULV노즐과 LV노즐을 사용하여 MEP제를 항공살포하였을 때 살충효과는 동일하지만 살포된 농약이 목표물에 부착되는 양이 ULV노즐이 94.5%, LV노즐이 41.7%, 방제지역 외곽으로 유실되는 양이 ULV노즐 1%, LV노즐 20%, 방제지의 지상으로 낙하되는 양이

각각 4.5%와 38.3%라는 보고¹⁴⁾와 같이 ULV살포법이 LV살포법 보다 농약에 의한 토양 및 수질, 인축 및 야생동물에 대한 영향도 줄일 수 있고 대상해충에 대한 방제효과도 우수하다고 본다. 또한 고농도 초미량 살포이기 때문에 항공기의 1회 살포면적이 증가로 방제시간의 단축과 원거리의 대면적 살포가 가능하여 항공기의 효율성을 높힐 수 있으며, 농약을 희석할 물의 사용량이 적어 물이 풍부하지 않은 곳에서도 방제가 가능하고 이에 따른 노동력도 줄일 수 있다고 본다.²⁰⁾²²⁾

그러나 우리나라는 밤나무림이 산지에 조성되어 있고 소면적으로 분산되어 있어 외국의 경우와 같이 광활한 면적의 방제에 사용되고 있는 ULV살포법의 국내의 밤나무해충 등 산림해충방제에 적용은 여러가지의 문제점이 야기될 수 있을 것으로 본다. 앞으로 적용해충에 대한 살포약량, 노즐의 종류 및 회전속도, 입자의 분산을 막을 수 있는 살포방법 등에 대한 연구가 이루어져야 할 것으로 본다.

2. 노즐별 항공살포 실연시험

2화기 복숭아명나방의 밤송이피해율을 조사하여 대조구와 비교한 결과는 표 19와 같다. 노즐별 시험에서는 D6로 살포한 처리구가 구과피해율이 6.97%로 무처리지의 26.70%에 비해 피해율이 낮았고 D4, D3, D2, ULV순으로 구과피해율이 낮아지는 경향을 보였으나 대조구와 유의성이 인정되지 않았다. 또한 약량별 시험에서도 살포 농도순으로 구과피해율이 낮아지는 경향이었으나 유의성이 없었다. 특히 ULV(Micron X-15®)로 살포한 처리구가 구과피해율이 가장 낮은 26.07%으로 대조구와 비슷하였는데 원인은 앞에서 지적한 바와 같이 살포약량의 부족에 있다고 보며 이와 비슷한 현상은 약량시험에서도 보여주고 있다.

표 19. 복숭아명나방에 대한 노출별 약량별 실연 항공살포 효과

	노출 종류	살포 농도	구과피해율(%)			
			I	II	III	평균
노출 시험	ULV	25	43.9	8.3	26.0	26.07 ± 17.80 a
	D2	25	26.0	10.2	12.2	16.23 ± 8.78 a
	D3	25	29.2	5.0	2.6	12.27 ± 14.71 a
	D4	25	24.6	9.4	1.4	11.80 ± 11.78 a
	D6	25	14.0	5.2	1.7	6.97 ± 6.34 a
약량 시험	D6	50	22.0	7.0	4.8	11.27 ± 9.36 a
	D6	100	37.6	9.1	4.3	17.00 ± 18.00 a
	D6	200	21.2	14.3	18.4	17.97 ± 3.47 a
대조구			32.8	25.7	21.6	26.70 ± 5.67 a

※ a : DMRT

제 4 절 결론

밤나무해충항공방제 공정을 높힐 수 있는 방법을 개발하기 위해 현재 방제에 사용중인 분사노즐의 개선을 통한 밤나무항공방제 공정의 제고와 ULV노즐의 밤나무해충방제에 적용 가능성을 검토한 결과는 다음과 같다.

분사노즐의 Orifice별로 helicopter로 비행고도 5-10m, 비행속도 30-35knot/hr로 오전 7-9시 사이에 2회 공중살포 하였을 때 살포입자의 직경과 단위면적당 낙하입자수는 Orifice D4가 0.07mm 24.6개/0.785cm², D3가 0.06mm 20.5개/0.785cm²로 현행 밤나무해충 항공방제에 사용하고 있는 D6의 입자의 직경 0.1mm, 입자수 13.2개/0.785cm²에 비해 입자의 크기도 작고 단위면적당 낙하입자수가 약 50-80% 많았다.

D6에 비해 분사시간이 D3가 1.7배가 더 소요되어 ha당 살포량을 고농도 소량살포로 조정하여 살포하면 비행횟수의 감소로 방제소요시간을 현행의 공정보다 1시간정도 단축시킬 수 있다.

ULV노즐(Micron X-15®)의 disc 회전속도별로 살포한 입자의 직경과 단위면적당 낙하입자수는 1,500rpm/12V DC가 0.191mm 4.2개/0.785cm², 3,000rpm/12V DC이 0.112mm 6.2개/0.785cm²로 입자가 크고 낙하입자수도 적었으나 3,000rpm/24V DC이상에서는 0.021-0.051mm 33.0-97.8개/0.785cm²로 분사노즐에 비해 입자의 크기도 작고 단위면적당 낙하입자수도 많았다.

공시 ULV노즐의 경우 disc의 회전속도 3,000rpm/24V DC이상, 살포폭 30m, 비행속도 33knot/hr로 ha당 5ℓ를 살포하면 방제작업에 소요되는 시간이 약 3시간으로 분사노즐 D6를 사용할때 보다 2시간 단축 되는 것으로 검토 되었다.

제 4 장 저독성 약제선발시험

제 1 절 서설

밤은 매년 수확량이 10여만ton으로 생산액이 2,200억원에 달하고 수출액도 1억 달러 이상이 되는 산림에서 가장 소득이 높은 유실수이다.⁶⁾ 밤을 가해하는 해충은 여러 종류가 있으나 가장 문제가 되고 있는 해충은 복숭아명나방과 밤바구미등 2종이며 전국적으로 만연되고 있다.¹⁶⁾¹⁸⁾²⁶⁾²⁸⁾³²⁾

밤나무해충의 방제농약으로는, 텔타린유제, 할로스린유제가 복숭아명나방에, 파프분제가 수확후 저장 창고에서훈증제로 인화늄과 메칠브로마이드가 밤바구미에 품목고시 되어 있다. 그러나 밤나무해충방제에 사용되는 농약들은 상기 농약의 외에도 알파스린, 스미사이딘, 디프등 합성피레스로이드계, 유기인계 농약을 주로 사용하고 있다. 방제면적은 항공방제, 재배농가의 자력방제등을 합하면 상당한 면적에 달할 것이며 유기인계, 합성피레스로이드계 농약을 매년 사용하게 되므로서 밤나무림내의 생태계에 대한 영향은 물론 주변의 환경오염, 저항성출현, 농약의 남용과 과용 및 연용에 의한 Resurgence등 여러가지의 나쁜 영향을 미친다.

본시험은 밤나무해충방제시 농약사용에서 오는 부작용을 최소화하기 위해 최근 국내에서 제조 판매중인 저독성이고 선택성이 있는 약제중에서 복숭아명나방에 대한 효과적인 방제약제를 선발과, 살포횟수, 시기를 선정하기 위해 실시하였다.

제 2 절 재료 및 방법

1. 공시농약

약 종	성 분
델타린 EC	(s)- α -cyano-3-phenoxybenzyl(1R)-cis-3-(2,2-dibromovinyl)-2,2 dimethylcyclopropane carboxylate1%
피리포 EC	O-2-diethylamino-6-methylpyrimidine-4-yl-O,O-dimethyl phosphorothioate.....25%
테부페노자이드 WP	N-tert-butyl-N-(4-ethylbenzoyl)-3,5-Dimethyl benzohydrazide8%
비티쿠르스타키 SC	Encapsulated delta endotoxin of Bacillus thuringiensis variety kurstaki.....10%
크로르푸루아주론 EC	1-3,5-Dichloro-4-(3-chloro-5-trifluoro methyl-2-pyridyl-oxy)phenyl]-3-(2,6-difluorobenzoyl) urea.....5%
칼탑 SP	S S 2-dimethyl amino trimethylene bis (thiocarbamate) hydrochloride 50%

2. 시험장소 : 경남 진주

3. 공시목 선정

밤나무 숙기에 따른 복숭아명나방의 피해 차이를 감안하여 가급적 동일숙기로 공시목을 처리구당 1본×3반복씩 선정하였다.

4. 약제처리방법 및 처리시기

약종 선발시험은 96년 8월 2일과 12일 2회 1,000배액을 수관에서 약액이 흐르지 않을 정도로 수동식 배부식 분무기를 고르게 살포하였고 시기별 시험은 8월 2일, 12일, 22일별로 1회 살포하였다. 회수별 시험은 8월 2일 12일, 8월 2일 22일, 8월 12일 22일은 2회, 3회 처리는 8월 2일, 12일, 22일에 살포하였다.

5. 효과조사

조생종 수확 직전인 9월 상순에 공식목의 밤송이 전수를 피해밤송이 와와 건전밤송이로 구분 조사하였다.

제 3 절 결과 및 고찰

복숭아명나방 방제에 우수한 저독성의 약제를 선발하기 위해 비티쿠르스타키 액상수화제 등 6종의 약제를 96년 8월2, 12일 2회 수관에 살포하고 9월 상순에 피해구과율 조사하여 본 결과는 표 20과 같다. 피리포유제를 제외한 공식농약에서 유의성이 인정되었다. 델타린 유제가 피해구과율이 2.3%로 처리효과가 가장 우수 하였으며 생물농약인 비티쿠르스타키 액상수화제, 저독성약제로 알려진 크로루푸루아주론 유제, 테부페노자이드 수화제도 피해구과율이 4.6%로 비교적 살충효과가 좋았다. 특히 비티쿠르스타키 액상수화제는 대면적방제에 사용이 가능한 약제로 기대되므로 금후 농약품목고시 시험등을 통해 살포약량등에 대한 시험이 계속되어야 할 것으로 본다.

복숭아명나방의 방제적기를 구명하기 위하여 8월중에 시기별 및 회수별로 델타린 유제를 수관에 살포한 결과는 표 21에서 보는 것과 같이 8

월 2일, 12일 2회 처리한 것이 가장 효과가 좋았다. 1회 처리 일자인 8월 2일에 공시목의 밤송이에 복숭아명나방 피해 증상이 나타나고 있는 것으로 보아 7월 20일경 이후 부터 가해하기 시작한 것으로 추정되고 복숭아명나방은 다른 산림해충과 달리, 종실에 피해를 주므로 피해예방 차원에서 방제하는 것이 바람직하기 때문에 진주지방에서는 7월25일-8월 20일 사이에 2회정도 약제를 살포하는 것이 효과적이라고 본다.

표 20. 처리약종별 복숭아명나방의 방제효과

약	종	구과피해율(%)			평	균	
		I	II	III			
크로르푸루아주론		2.5	8.3	6.3	5.70±	2.95	B *
테프페노자이드		9.1	0.0	3.8	4.30±	4.57	B
비티쿠르스타키		0.0	11.2	2.8	4.67±	5.83	B
피리포		0.0	19.0	21.0	13.33±	11.59	AB
칼답		17.6	0.0	6.3	7.97±	8.92	B
델타린		0.0	0.0	7.0	2.33±	4.04	B
대조구		41.4	6.7	29.7	25.93±	17.65	A

* DMRT 5%

표 21. 처리회수및 시기별 복숭아명나방 방제효과

살포 횟수	처리 일자	구과피해율(%)			평 균	
		I	II	III		
1	8. 2	42.1	15.6	11.8	23.17±16.51	AB *
	8. 12	20.0	18.2	8.8	15.67±6.01	AB
	8. 22	6.7	0.0	12.8	6.50±6.40	AB
2	8. 2	0.0	0.0	7.0	2.33±4.04	C
	12					
	8. 12	0.0	17.1	7.1	8.07±8.59	AB
	22					
	8. 2	3.8	9.4	3.6	5.60±3.29	B
	22					
3	8. 2	3.3	0.0	0.0	1.10±1.91	C
	12					
	22					
대 조 구		41.4	6.7	29.7	25.93±17.65	A

* DMRT 5%

제 4 절 결론

밤나무해충의 항공방제 및 지상방제에서 사용하기 위해 저독성으로 알려진 국내에서 생산되고 있는 새로운 농약을 대상으로 복숭아명나방에 대한 살충효과를 검정한 결과 다음과 같다

복숭아명나방에 대한 저독성 약제로 미생물농약인 비티쿠르수타키 액상수화제, IGR계통인 크로르푸루아주론 유제, 테부페노자이드 수화제를 8월 2일, 12일에 1,000배액으로 2회 수관살포시 피해구과율이 4.6%로 방제효과가 인정되었으며, 처리시기의 회수별 처리효과는 8월 2일, 12일 2회 살포한 것이 방제효과가 가장 우수하였다.

제 5 장 참고문헌

1. 농촌진흥청. 1996. 사과해충 종합관리를 위한 기반기술 개발 제4 세 부과제 곤충 성페로몬의 탐색과 활용방안에 관한 연구. 제3차년도 완결보 고서 pp.149-215.
2. Akessen, N. B. and Yates, W. E. 1984. Physical parameters affecting aircraft spray application. In *Chemical and biological control in forestry* (ed. W.T.Garner and J. Harvey Jr.) pp.95-115. American Chemical Society. Washington.
3. Barry, J. W. 1984. Deposition of chemical and biological agents in conifers. In *Chemical and biological control in forestry* (ed. Q. Y. Garner and J. Harvey Jr.). pp.117-137. American Chemical Society. Washington.
4. 최광식. 1993. 밤나무 중요 해충에 대한 금후전망. 제15회 산림병해 충 방제연찬 pp.57-65.
5. 최광식, 이상명, 송유한, 이원익. 1994. 밤나무깍지벌레 상태 및 방제. 임업연구원보고(4-II) pp.294-303.
6. 산림청. 1995. 임업통계연보. 제25호. pp.400-401.
7. 산림청. 1996. 산림병해충방제 세부지침. pp.28-33.
8. 산림청. 1995. 산림병해충 항공방제 실시요령. 산림병해충방제실무교 육 교재. pp.141-169.
9. Graham-Beyce, I. J. 1983. Formulation and application of biolog ically active chemicals in relation to efficacy and side effects. In *Natural products for innovative pest management* (ed. D. L. Whitehead and W. S. Bowers) pp.463-473. Pergamon Press. Oxford.

10. Himel, C. M. and A. D. Moore. 1967. Spruce budworm mortality as a function of aerial spray droplet size. *Science* 156 : 1250-1251.
11. 木田 洋, 松本 義明. 1987. 果實係とマツ係幼蟲の寄主植物抽出物および含有糖類に対する攝食反應. *應動昆* 31(1) : 28-35.
12. Honda H., J. Kaneko, Y. Konno, Y. Matsumoto. 1979. A Simple Method for Mass-Rearing of the Yellow Peach Moth, *Dichocrocois punctiferalis* Guenee (Lepidoptera: Pyralidae) on an Artificial Diet. *Jpn. Appl. Ent. Zool.* 14(4) : 464-468.
13. 猪崎政敏. 1978. クリ栽培の理論と實際. 博友社. pp.445-486
14. Joyce R. J. V. and J. Beaumont 1979. Collection of spray droplets and chemical by larvae, foliage and ground deposition. In *Control of pine beauty moth by fenitrothion in Scotland 1978* (ed. A. V. Holden and D. Beven): 63-80. Forestry Commission. Edinburgh.
15. Kaneko J. 1986. Effect of Temperature on the Timing Calling of the Yellow Peach Moth, *Congethes punctiferalis*(Guenee) (Lepidoptera: Pyralidae). *Jpn. J. Appl. Ent. Zool.* 30 : 239-246.
16. 姜銓楡, 任胃彬, 李範英. 1978. 밤나무種實害蟲 防除試驗. *林試研報* 25 : 99-110.
17. 金泰世. 1990. 밤나무 航空防除 現況 및 收益性 分析과 國家支援制度 檢討. 山林廳 第12會 山林病害蟲防除 研鑽會. pp.175-185.
18. 李東運, 李祥明, 朴永道. 1993. 南部地方 밤나무林의 害蟲種類 發生所長. *韓國應用昆蟲學會* 32(4). pp.471.
19. Mass W. 1971. ULV Apprication and Formulation Techniqes. Philips-Duphar B.V Crop Protection Div. Amsterdam-The Netherlands 165pp.

20. Martin R. S. D. Wainhouse 1989. Ecology and Management & Forest Insects : 254-261. Clarendon Press. Oxford.
21. Matthews, G. A. 1979. Pesticides application methods. Longman. London.
22. Matthews, G. A. 1983. The application of pesticides. In *Pest and disease control handbook*(ed. N. Scopes and M. edius). pp. 33-51. BCPS Publications. London.
23. 農文協編. 1987. 原色 果樹病害蟲百科 - 診断と防除 - 3 フドウ・クリ・ビワ. 農山漁村文化協會. pp.305-312.
24. 眞梶徳純 . 於保信彦. 1970. モモゴマダラノメイガに関する研究 III 果樹型と針葉樹型の休眠誘起條件. 園藝試験場報告A第9號. pp.35-46.
25. 眞梶徳純 . 於保信彦. 1970. モモゴマダラノメイガに関する研究 IV 果樹型と針葉樹型の發育期間と産卵前期間. 園藝試験場報告A 第9號. pp.49-74.
26. 오상혁. 구선희. 박소영. 홍은아. 1994. 밤나무害蟲 管理實態 調査. 慶尙大學 '95년도 學士學位論文集. pp.56-77.
27. 白典列. 1987. 밤나무혹나방의 生態調査 및 藥劑防除에 관한 研究. 林業研究院 세미나報告 제5호(6). pp.1-10.
28. Park, C. D, K. N. Park and J. H. KO. Time of Oviposition by Chestnut Weevil, *Curculio Sikkimensis*(Coleoptera: Curculionidae) and Damage of the Chestnut Affected by the Stand of *Quercus* spp. For. Rep. For. Res. Inst. Korea. 31 : 152-159
29. Shorey, H. H., L. K. Gaston and C. A. Saario. 1967. Sex pheromone of Noctuid moths. XIV. Feasibility of behavioral control by disrupting pheromone communication in cabbage loopers. J. Econ. Entomol. 60 : 1541-1545.

30. 東北林業試験場研究機関連絡協議會. 1978. 東北地方におけるクリ毬果害蟲の被害と防除. 共同研究成果 No.1. pp.1-39.
31. Wiesner, C. J. 1984. Droplet deposition and drift in forest spraying. *In Chemical and biological control in forestry*(ed. W.Y Garner and J. Harvey Jr.): 139-151. American Chemical Society. Washington.
32. 尹柱敬, 金光秀. 1977. 全南地方의 밤나무害蟲調査 (第1報). 種實害蟲을 中心으로. 農漁村開發研究 第12輯 (別冊). pp.47-56.

부 록

사진 1: 유아등을 이용한 지역별 복숭아명나방 발생소장조사 광경



사진 2. 복숭아명나방 발생소장조사지의 기온 자동측정 장치

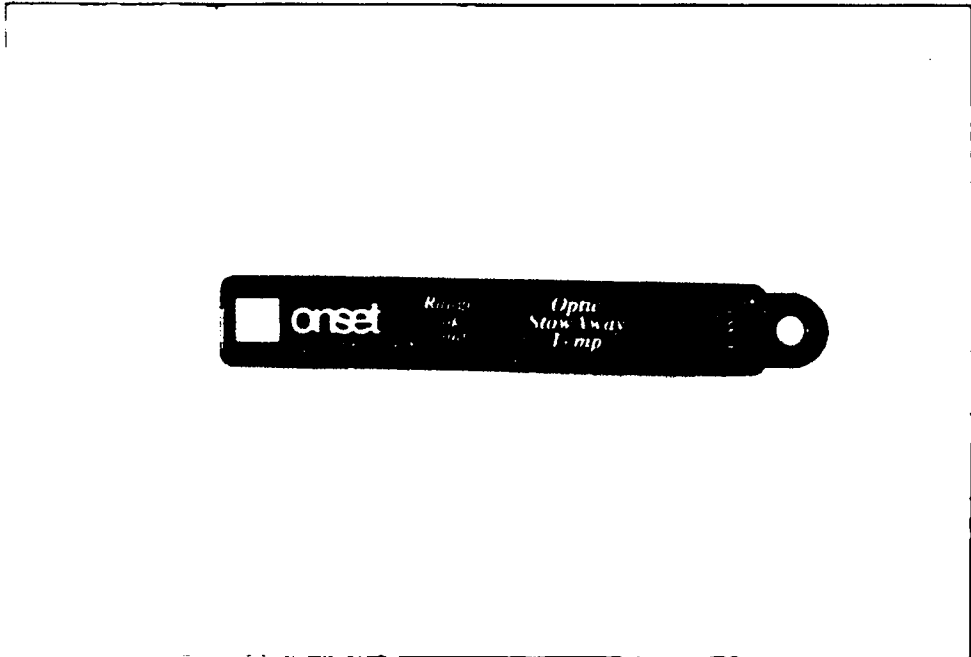


사진 3. 성 페로몬 트랩을 이용한 복숭아명나방 유인시험 광경



사진 4. 분사노즐의 Orifice

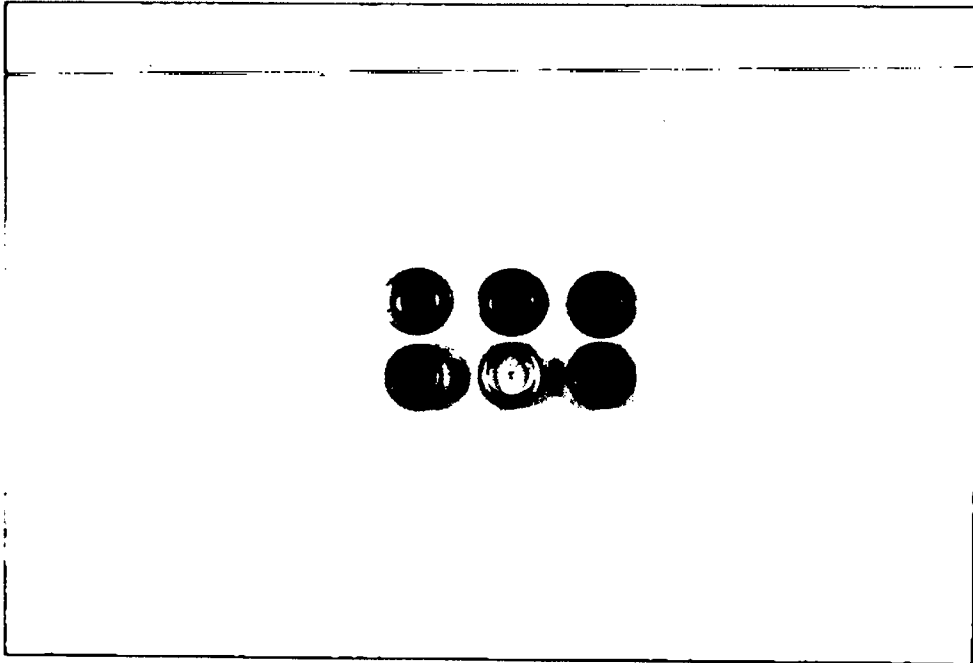


사진 5. Helicopter에 장착된 ULV노즐(Micron X-15)



사진 6. Helicopter를 이용한 노즐의 분사 시험광경

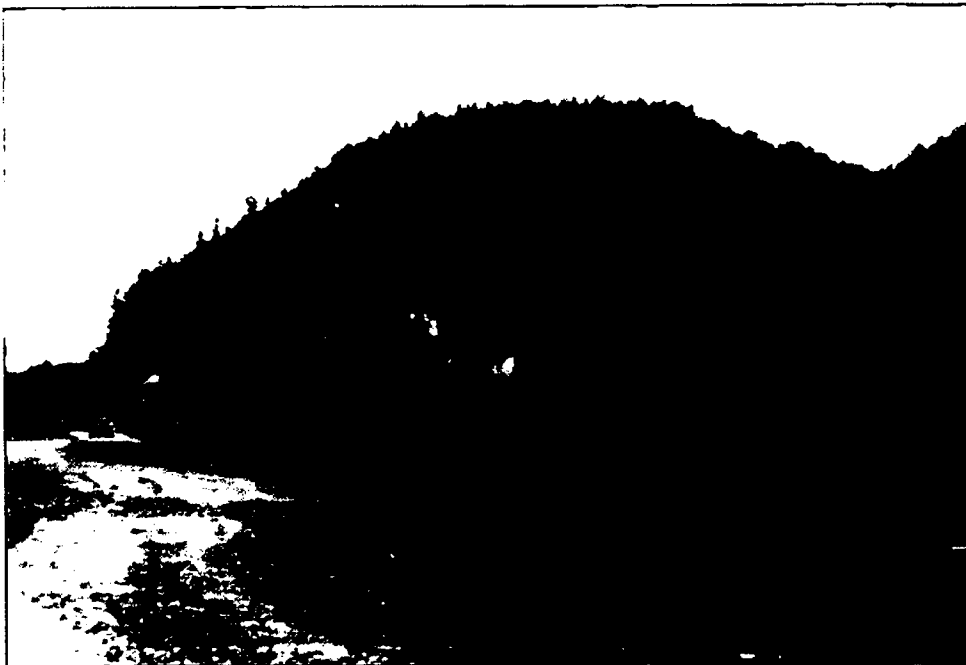


사진 7. ULV노즐(Micron X 15)의 성능조사 광경

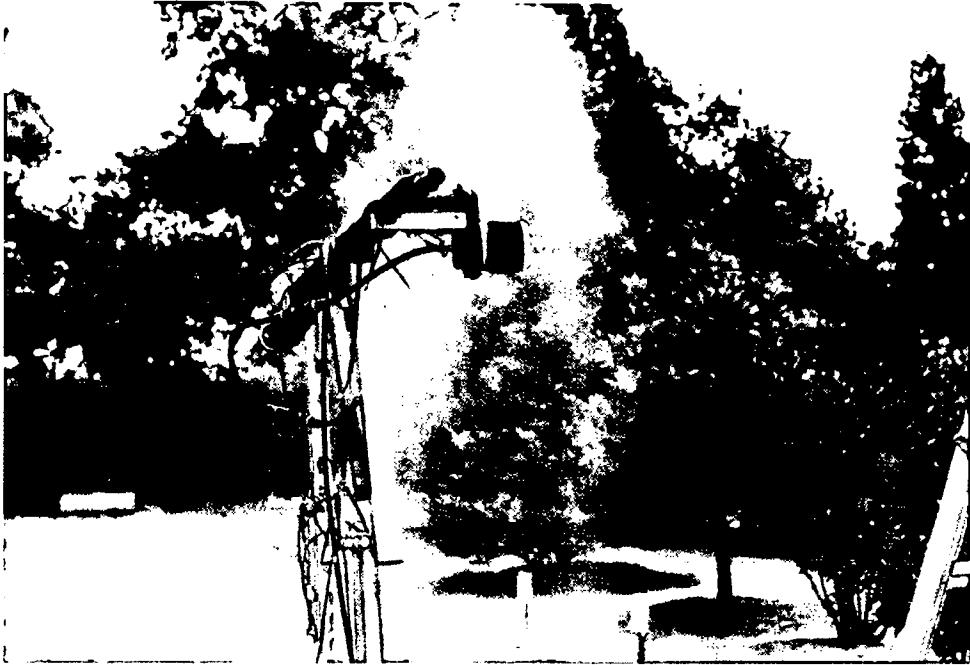


사진 8. ULV노즐(Micron X 15)낙하입자

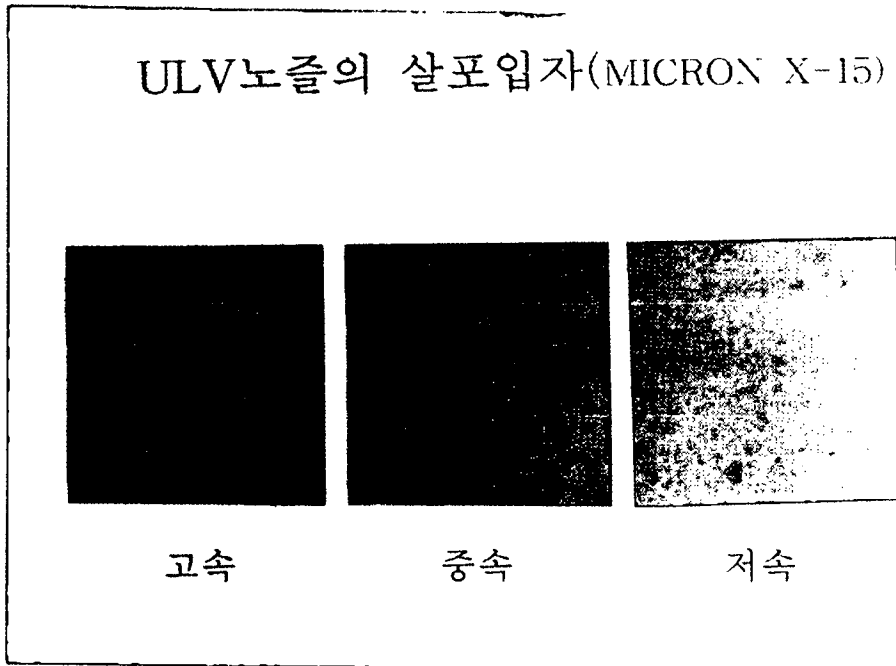


사진 9. 분사노즐의 Orifice별 낙하입자

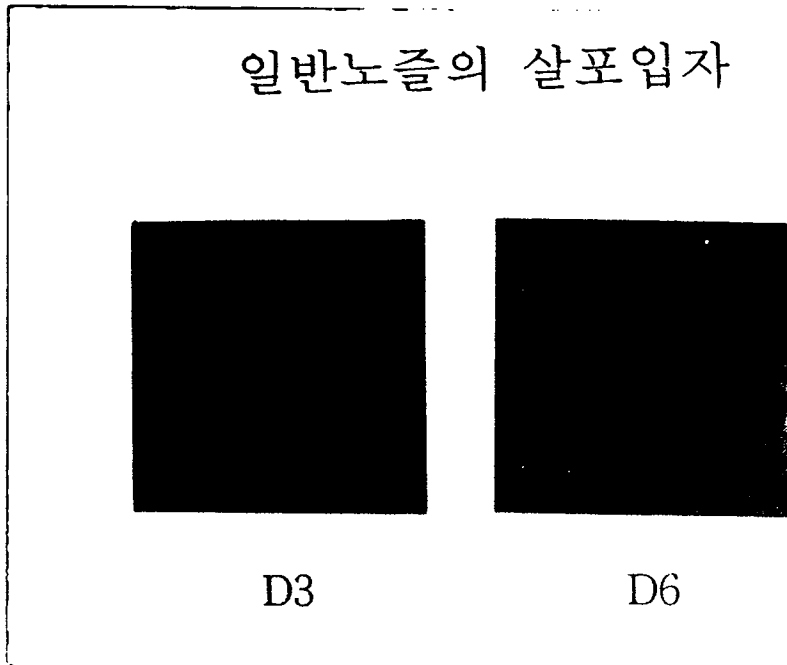


사진10. 저독성 농약 선발시험 광경

