

발 간 등 록 번 호

11-1541000-001025-01

보안과제(), 일반과제(●) 과제번호 108017-3

IT-페로몬 기술을 이용한 사과원 나비목 해충 무인
모니터링 시스템 개발: IT-페로몬 트랩 정보화
기술 개발

(Apple Moth Monitoring System Using IT-Pheromone Trap:
Development of Remote Communication System)

안동대학교

농 립 수 산 식 품 부

제 출 문

농림수산식품부 장관 귀하

이 보고서를 “IT-페로몬 기술을 이용한 사과원 나비목 해충 무인 모니터링시스템 개발: IT-페로몬 트랩 정보화 기술 개발” 과제의 보고서로 제출합니다.

2011 년 7 월 7 일

주관연구기관명 : 안동대학교

주관연구책임자 : 김용균

연 구 원 : 서삼열

협동연구기관명 : 안동대학교

협동연구책임자 : 이영태

연 구 원 : 구태익

협동연구기관명 : (주)디지털솔루션

협동연구책임자 : 김용

연 구 원 : 최동희

협동연구기관명 : (주)그린아그로텍

협동연구책임자 : 박만웅

연 구 원 : 정성채

요 약 문

I. 제 목

IT-페로몬 기술을 이용한 사과원 나비목 해충 무인 모니터링시스템 개발: IT-페로몬 트랩
정보화 기술 개발

II. 연구개발의 목적 및 필요성

본 연구는 사과원에 발생하는 나비목 해충에 대한 무인 모니터링 시스템을 개발하는 데 목적이 있다. IT 기술과 BT 기술을 접목하여 해충군 관리에 자동화를 꾀하게 한다.

III. 연구개발 내용 및 범위

- (1) 사과원에 발생하는 주요 나방류에 대해서 성페로몬을 이용한 페로몬 트랩에 바이오센서와 통신을 접목한 IT 기술로 무인 모니터링 시스템 구축
- (2) 웹환경에 기초한 이용자 편의의 모니터링 구축
- (3) 모니터링 자료의 능가활용 경보체계 구축
- (4) IT-페로몬트랩의 특허 및 상품화

IV. 연구개발결과

- (1) 성페로몬을 기반으로 종 특이적 곤충을 유인하고, IR 센서 기반의 바이오센서, 그리고 CDMA 방식의 통신 기술을 접목하여 IT-페로몬 트랩 개발
- (2) 우리 나라 사과원에 가장 많이 발생하는 복숭아순나방의 발생을 중심으로 주요 6종 나비목 해충에 대한 야외 무인 모니터링 기술 개발
- (3) IT-페로몬 트랩을 이용하여 야외 해충의 모니터링은 실시간 포획 정보를 얻고, 이를 일별, 주별 및 월별 단위로 특정 해충의 발생을 자료 정리화한 웹환경(www.it-trap.com)을 구축
- (4) 기존 유인 페로몬 트랩의 모니터링 성적과 비교하여 방제 수준 밀도를 결정했으며, 이를 웹환경에서 방제 적기를 경보 형식을 알려주는 시스템 개발

V. 연구성과 및 성과활용 계획

- (1) 국내 전문학술지 및 SCI 학술지 각각 1편 게재
- (2) 특허등록(대한민국 특허 10-0982563)
- (3) 녹색기술인증서
- (4) 산업체 기술이전
- (5) 상품화 및 사업화 - 현재까지 국내 과수원에 총 192대 판매

SUMMARY

I. Title

Apple Moth Monitoring System Using IT-Pheromone Trap: Development of Remote Communication System

II. Research Purpose and Rationale

This study was focused on development of a remote-monitoring system on major moths in apple orchards. Fusion of IT and BT technologies may allow an automatic system to monitor insect pest populations.

III. Research contents and scope

- (1) Development of a remote monitoring system on major apple moths using fusion technologies of sex pheromone, bio-sensing, and telecommunication
- (2) Development of a user-friendly web browser to retrieve monitoring data
- (3) Application of monitoring information to agricultural practice
- (4) Patent issue and commercialization of IT-pheromone trap

IV. Results

- (1) Development of IT-pheromone trap by attracting a specific insect pest using sex pheromone, sensing using a specific IR sensor, and telecommunicating using CDMA.
- (2) Development of application techniques of IT-pheromone trap to monitor major six lepidopteran insect pests in apple orchards
- (3) Constructing a web server (www.it-trap.com) showing real-time monitoring, daily or monthly monitoring data to each specific insect pest
- (4) Establishment of an alarm system to alert farmers to control a specific insect pest based on IT-pheromone monitoring data. The decision density was derived from relative capturing efficacy compared to traditional trap data

V. R&D Achievement and Applications

- (1) Each one publication in local and SCI journals
- (2) Patent (# 10-0982563) issued in Korea
- (3) Certificate of Green Technology
- (4) Transfer technology to Industry
- (5) Commercialization/business - a total of 192 IT-pheromone traps were sold up to now.

CONTENTS

Chapter 1 Research Overview -----	1
Session 1 Research Rationale -----	1
Session 2 Research Purpose -----	5
Chapter 2 Research Trends -----	7
Chapter 3 Research Directions and Results -----	13
Session 1 Hardware of IT Pheromone Trap -----	13
Session 2 Installation of IT Pheromone Trap -----	15
Session 3 Performance and Application of IT Pheromone Trap -----	23
Session 4 Improvement of IT-Pheromone Trap - Trap Cover -----	30
Session 5 Biosensor Technology of IT-Pheromone Trap -----	32
Session 6 Telecommunication Technology of IT-Pheromone Trap -----	51
Session 7 Field Assessment of IT-Pheromone Trap -----	65
Chapter 4 Achievements and Impact to Related Areas -----	88
Chapter 5 R&D and Applications -----	90
Chapter 6 Information Analysis Related with IT-Pheromone Trap -----	96
Chapter 7 References -----	98

목 차

제 1 장	연구개발과제의 개요	1
제 1 절	연구개발의 필요성	1
제 2 절	연구개발의 목표 및 내용	5
제 2 장	국내외 기술개발 현황	7
제 3 장	연구개발수행 내용 및 결과	13
제 1 절	IT 페로몬 트랩 외형 기술 개발	13
제 2 절	IT 페로몬 트랩 현장 설치 방법	15
제 3 절	IT 페로몬 트랩 모니터링 성능과 방제 경보 응용 기술	23
제 4 절	트랩 개량기술 - 트랩부 보호 덮개 개선	30
제 5 절	IT 페로몬 트랩 센서 기술 개발	32
제 6 절	IT 페로몬 트랩 통신 기술 개발	51
제 7 절	IT 페로몬 트랩 성능 현장 검정	65
제 4 장	목표달성도 및 관련분야에의 기여도	88
제 5 장	연구개발 성과 및 성과활용 계획	90
제 6 장	연구개발과정에서 수집한 해외과학기술정보	96
제 7 장	참고문헌	98

제 1 장 연구개발과제의 개요

제 1 절 연구개발의 필요성

가. 연구개발대상 기술의 경제적·산업적 중요성 및 연구개발의 필요성

○ 생물상호작용화합물(semiochemicals)은 개체간 행동유기물질로서 페로몬을 비롯한, 카이로몬, 알로몬 및 시노몬을 포함한다. 이 가운데 페로몬과 카이로몬이 농업 해충 방제로 응용되고 있다. 특히 페로몬은 동종간에 교신물질로서 성페로몬을 중심으로 야외 해충 개체군의 집단변동(monitring)을 고감도로 정확하게 탐지하여 IPM의 중요한 요소로서 역할을 담당하고 있다. 즉, 성유인물질에 의한 수컷 집단의 변동을 시기적으로 모니터링하여 집단의 변동을 시계열로 파악이 가능하고, 생태학적 집단변동모델과 어울려 해당 해충 개체군의 변동을 예측하여 방제 적기를 결정하게 한다. 또한 페로몬 트랩에 일정 농도의 살충제를 첨가하여 특정 해충 개체군의 농약 저항성을 파악하게도 한다. 이를 통해 시기적으로 약제의 종류 및 농도를 합리적으로 결정하여 무리한 화학농약 남용을 방지하게 한다.

○ 국내 사과 재배에 피해를 주고 있는 나방류는 크게, 심식나방, 순나방, 잎말이나방 그리고 굴나방으로 대별할 수 있다. 이중 직접 과실에 피해를 주고 있는 심식나방과 순나방은 주요 방제의 대상이 되어 왔다. 즉, 사과의 과실을 가해하는 대표적인 종은 복숭아심식나방과 복숭아순나방이며, 1990년대까지는 복숭아심식나방이 우점종이었으나, 2000년대로 접어들면서 복숭아심식나방에 비해 복숭아순나방이 관행사과원에서 더 문제시되고 있다. 복숭아순나방(*Grapholita molesta*)은 아시아가 원산으로 아메리카, 유럽 및 호주 등 전 세계에 분포하고 있는 과수의 주요 해충이다. 이 해충은 노숙 유충 상태로 나무 조피 틈에서 월동하고, 성장하는 유충은 복숭아, 사과, 배, 매실, 모과, 빛, 앵두, 살구나무 등의 기주 신초나 과실을 가해하게 된다. 우리나라에는 오래 전부터 과수의 주요한 해충으로 기록되었으나, 최근 얼마 전까지만 해도 그 피해의 심각성이 부각되지 않았다. 그러나 나주 지역의 배 과수원을 비롯하여 경북 사과 및 복숭아 재배 지역에서 약제 살포 횟수가 낮아지거나, 방제 적기를 놓치게 되면 과실피해가 심각하게 이르게 되었다.

○ 국내 사과원 해충 발생 변동을 살펴보면 1992년부터 사과시험장에서 사과 주산단지 관행사과원을 대상으로 주요 해충의 발생상황을 조사한 결과는 아래 표1, 2와 같다. 응애류는 과거 대부분의 사과원에서 문제되던 점박이응애는 초생재배를 하면서 저농약 방제체계로 운영되는 농가를 위주로 점차 발생밀도가 줄어드는 반면, 사과응애가 최근 우점종으로 바뀌어 가면서, 일부 농가에서 문제되는 경향이다. 사과혹진딧물은 개화전 방제를 소홀히 한 일부 사과원에서만 발생이 확인된다. 그러나 사과혹진딧물은 개화전 방제를 소홀히 할 경우 과실에까지 피해를 주므로 유의하여야 한다. 조팝나무진딧물도 사과나무의 수세 안정에 따라 발생과원율과 발생밀도가 낮아지는 경향이지만 해에 따라 다소 차이를 보인다. 과실을 가해하는 심식나방류와 잎말이나방류의 발생을 볼 때, 피해과율은 평균 1% 내외로 낮았으나 연속강우와 강우량이 많았던 1998년과 2003년에는 2~3%로 높았다. 특히, 90년대까지는 복숭아심식나방이 과실의 주

요 해충이었으나, 2000년도에 들어서면 복숭아순나방의 피해가 증가하였다(표 3). 일부 사과원에서 복숭아순나방 피해가 10%를 넘는 농가도 적지 않았으므로, 이 해충에 대한 지역별, 작목반별 효율적인 공동방제를 철저히 하여야 한다. 은무늬굴나방은 '90년대 후반까지는 발생과원율이 확대되면서 피해가 문제되었으나, 2000년대에는 사과굴나방과 마찬가지로 발생이 크게 문제되지 않고 있다. 최근에는 이들 주요해충 외에도 2-5년생의 수세가 약한 밀식재배 사과나무에 나무좀 피해, 초생재배와 주변 식생의 변화에 따라 개화기 신초와 수확기에 과실의 즙액을 빨아먹는 노린재류의 피해, 강우가 많았던 2003년 수확기에 산지를 중심으로 과실의 즙액을 빨아먹는 흡수나방에 의한 과실 피해 등은 기상상황에 따라서 다발생하는 경우가 있다. 또한, 일부 유기합성농약을 사용하지 않거나 크게 줄이는 사과원에서 사과면충과 하늘소류, 봉지씌운 사과의 과실에 집게벌레 및 특수한 지역에서 주간부에 사과유리나방 등의 발생도 문제되었다. 이와 같은 해충의 발생양상과 피해의 변동에 대해서 시험장은 지속적인 관찰과 대책마련을 강구하고 있다.

(표 1) 연도별 사과 주요해충의 발생과원율

해 충 명	발생과원율(%)								
	'92	'94	'96	'98	'00	'02	'03	'04	'05
사과응애	85	64	33	26	75	69	50	47	46
점박이응애	90	88	80	79	75	56	31	44	50
사과혹진딧물	5	32	3	24	8	6	6	10	38
조팝나무진딧물	100	100	100	100	100	84	69	82	100
심식나방류	5	32	50	67	32	50	64	63	56
잎말이나방류	30	24	67	76	8	25	70	44	19
은무늬굴나방	10	72	100	100	88	69	88	77	69
사과굴나방	95	96	86	88	53	69	50	19	54

* 경북 5~6지역 20~30개 사과원의 후지품종에서 조사

* 진딧물은 40신초당 마리수, 응애는 100엽당 마리수, 굴나방은 40신초당 피해엽수, 잎말이나방과 심식나방은 피해과율(%)임

(표 2) 연도별 사과 주요해충의 발생 및 피해정도

해 충 명	발생 및 피해정도*								
	'92	'94	'96	'98	'00	'02	'03	'04	'05
사과응애	151	13	32	96	193	62	209	26	45
점박이응애	182	134	79	160	150	217	157	101	119
사과혹진딧물	0.1	2.5	0.5	0.7	0.1	0.6	0.1	0.2	0.9
조팝나무진딧물	793	886	919	337	544	341	180	491	289
심식나방류	0.05	0.1	0.3	3.1	0.1	0.1	2.1	0.5	1.5
잎말이나방류	0.2	0.1	0.9	3.0	0.01	0.03	0.7	0.1	0.7
은무늬굴나방	0.4	9.8	2.1	4.9	8.5	3.9	2.9	1.2	58
사과굴나방	10.1	3.0	1.7	0.5	9.7	3.8	4.4	0.3	2.9

- * 경북 5~6지역 20~30개 사과원의 후지품종에서 조사
- * 진딧물은 40신초당 마리수, 응애는 100엽당 마리수, 굴나방은 40신초당 피해엽수, 잎말이나방과 심식나방은 피해과율(%)임.

(표 3) 연도별 복숭아심식나방 및 복숭아순나방의 과실 피해정도

해충명	발생과원율(%)						피해정도(%)					
	'00	'01	'02	'03	'04	'05	'00	'01	'02	'03	'04	'05
복숭아심식나방	3	0	17	44	25	31	0.06	0.40	0.03	0.30	0.11	0.11
복숭아순나방	3	37	58	63	63	56	0.07	0.40	0.09	1.80	0.39	1.38

사과의 전년(2005년) 생산량이 35만톤이었으니, 피해가 많았던 해(2003년)의 관행사과원에서 복숭아순나방 피해율이 약 2%였으므로, 약 7,000톤의 피해이며, 7,000톤의 금액은 작년 기준으로 하면 대략 140억원의 피해금액이 산출된다.

○ 특별히 여러 심식류에서 알 수 있듯이 일단 과실 속으로 가해가 진행되면, 방제가 어려워 다량의 약제 살포와 이에 따른 해충의 약제 저항성 및 환경과 식품의 안전성에 우려를 주고 있다(Pree *et al.*, 1998; Borchert *et al.*, 2004). 국내의 복숭아순나방 집단에 효과적 페로몬 조성 이 밝혀지고(Boo, 1998), 이를 이용한 야외 집단의 모니터링(Yang *et al.*, 2001; Kim *et al.*, 2004) 및 교미교란(Yang *et al.*, 2003; Jung *et al.*, 2006)이 시도되었다.

○ 주요 사과 나비목 해충 발생의 모니터링이 성페로몬을 이용하고 있음.

표) 2005년도 성페로몬 트랩 판매현황(사과농가, 개)

(자료출처: (주) 그린아그로텍)

지역	성페로몬 트랩	교미교란제
경기	1	14,000
경기	36	58,142
경남	55	66,219
경북	1,248	586,940
전남	2	59,245
전북	75	50,873
충남	82	92,800
충북	88	29,870
총계	1,587	958,089

전국판매수 및 판매액	약 22,000개
	약 170,000,000원
경북판매수 및 판매액	약 13,000개
	약 100,000,000원

○ 지역 및 시기별로 모니터링 요원 또는 지역 농업기술센터 전문인을 통한 발생 모니터링 의뢰하며 이에 따른 시간 및 인적 고비용 및 비지속적 모니터링 문제점이 제기되었다.

표) 주요 과수원의 연간 페로몬 예찰 비용(추정)

예찰요원(1인)이 1지구(30ha) = 15,000,000원

(자료출처: 대구사과연구소)

	사과	배	복숭아
전국	26,152ha / 30ha = 871명 871명 x 15,000,000원 = 13,065,000,000원	20,556ha / 30ha = 685명 685명 x 15,000,000원 = 10,275,000,000원	13,383ha / 30ha = 446명 446명 x 15,000,000원 = 6,690,000,000원
경북	18,439ha / 30ha = 615명 615명 x 15,000,000원 = 9,225,000,000원	3,018ha / 30ha = 100명 100명 x 15,000,000원 = 15,000,000,000원	5,613ha / 30ha = 187명 187명 x 15,000,000원 = 2,805,000,000원

제2절 연구개발의 목표 및 내용

가. 연구개발의 최종목표 및 성격

(1) 연구개발의 최종목표

연구 내용	현 황	목 표
<ul style="list-style-type: none"> ○ IT 페로몬 트랩용 바이오센서 시스템 개발 ○ IT 페로몬 트랩용 원거리 정보화 기술 개발 ○ IT 페로몬 트랩 모형제작 ○ IT 페로몬 트랩의 현장 적용 능력 평가 	<ul style="list-style-type: none"> ○ 주요 해충 발생의 모니터링이 성페로몬을 이용하고 있음. ○ 지역 및 시기별로 모니터링 요원 또는 지역 농업기술센터 전문인을 통한 발생 모니터링 의뢰 ○ 이에 따른 시간 및 인적고비용 및 비지속적 모니터링 	<ul style="list-style-type: none"> ○ 각 지역에 IT 페로몬 트랩 설치 ○ 실시간(real-time)으로 전송되는 해충 발생을 바이오센서에 이은 원거리통신망에 탑재하여 웹조건에서 모니터링 결과 제공 ○ 지역별/시기별 모니터링 및 해당 지역 농가에 해충 발생에 따른 방제 시기 정보 제공

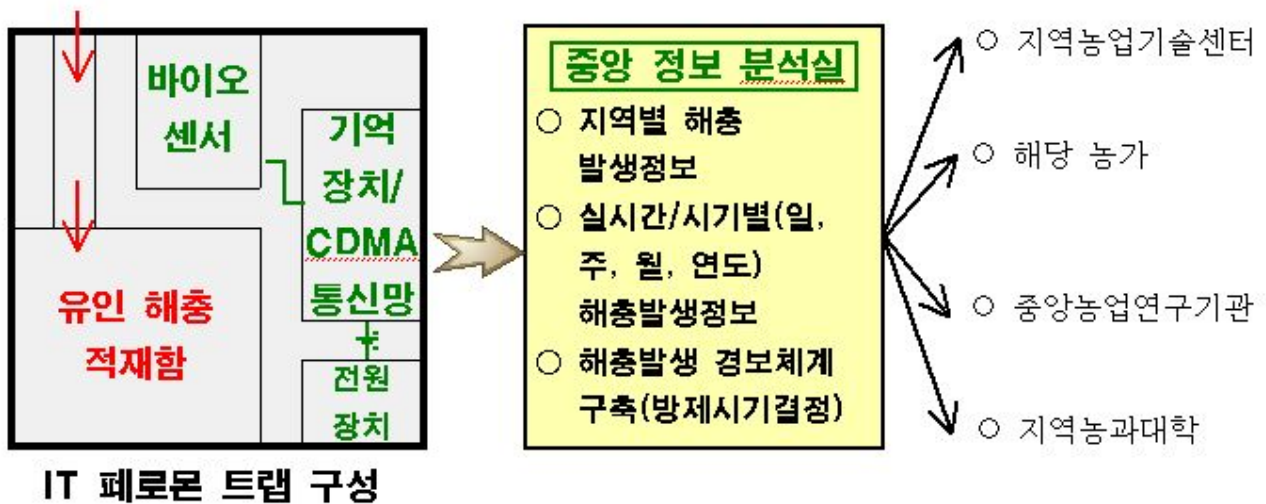


그림. IT 페로몬 트랩의 모형과 실용화 계통도

(2) 연구개발의 성격

아이디어 개발		시작품 개발	√	제품 또는 공정개발		기타	
---------	--	--------	---	------------	--	----	--

나. 연차별 연구개발의 목표 및 내용

구분	연도	연구개발의 목표	연구개발의 내용	연구범위
1차 년도	2008	단독형 IT-페로몬 트랩개발	○ IT 페로몬 트랩 모니터링 효율 생물검정	○ 실내 생물검정 - 나방류 페로몬 조성에 따른 유인력 ○ 야외 적용시험 - 기존 매뉴얼 트랩과 비교 시험
			○ IT 페로몬 트랩 탑재 바이오센서 개발	○ 여러 모델의 센서시스템 시험 - 6종류 센서시스템 성능 검토 - 해충 6종에 대한 적용도 검토 ○ 센서개발(습도센서 또는 레인센서) ○ 단독형 IT 트랩용 센서모듈 개발 ○ 태양전지를 이용한 전원 개발
			○ IT 페로몬 트랩 정보화 기술 개발	○ 여러 모형비교시험
			○ IT 페로몬 트랩 제조 및 상품화	○ IT기술과 연계한 다양한 트랩제작 ○ 나방류 트랩밀도와 과실피해 연관성 분석
2차 년도	2009	복합형 IT-페로몬 트랩개발	○ IT 페로몬 트랩 모니터링 효율 생물검정	○ 야외 적용시험 - 지역 및 시기별 적용 시험
			○ IT 페로몬 트랩 탑재 바이오센서 개발	○ 저전력 신호처리 시스템 개발(IT 트랩 2차 모델 개발) ○ 센서 개발(습도센서 또는 레인센서) ○ 최적화 센싱 알고리즘 개발 ○ 트랩 주위 환경 모니터링용 센서 보강 및 알고리즘 개발 ○ 복합형 IT 트랩용 센서모듈 개발 ○ 야외 적용 시험
			○ IT 페로몬 트랩 정보화 기술 개발	○ 야외 적용에 따른 현장 문제점 보완 연구
			○ IT 페로몬 트랩 제조 및 상품화	○ 야외 적용시험 - 지역 및 시기별 적용시험 ○ EIL 결정(심식나방류)
3차 년도	2010	실용화 기술 개발 및 상품화 단계	○ IT 페로몬 트랩 모니터링 효율 생물검정	○ 단독형 IT 페로몬 트랩 특허 출원 ○ 복합형 IT 페로몬 트랩 특허 출원 ○ 워크샵 개최를 통한 기술 홍보
			○ IT 페로몬 트랩 탑재 바이오센서 개발	○ 전체 시스템 최적화 설계 및 개발 ○ IT 트랩 실용화 및 상품화를 위한 센서모듈 개발 ○ 야외 적용 시험
			○ IT 페로몬 트랩 정보화 기술 개발	○ 상품화를 위한 제품 설계 및 적용
			○ IT 페로몬 트랩 제조 및 상품화	○ 야외 적용시험 - 지역 및 시기별 적용시험 ○ EIL 결정(일말이, 굴나방류)

제 2 장 국내외 기술개발 현황

(1) 세계적 수준

개념정립 단계		기업화 단계	√	기술 안정화 단계	
---------	--	--------	---	-----------	--

(2) 국내수준

- 사과 가해 주요 나방류 해충 6종의 성페로몬을 이용한 발생예찰 체계확립 연구는 성공적으로 진행되어(서울대, 2001), 과수재배 농가에서의 성페로몬을 이용한 발생예찰은 급속히 확대·정착됨
- 사과원 외에도 배와 복숭아 과수원도 이들 성페로몬을 이용하여, 주요 나방류 해충의 발생상황 파악을 위한 예찰도구로 사용하고 있으며, IFP(Integrated Fruit Production)를 위한 필수 도구로 인식하고 있음
- 복숭아심식나방을 대상으로 한 wire type의 교미교란 실험이 진행되었으나, 방제효과가 다소 부진한 편임
- 사과재배 농가의 교미교란제에 대한 관심은 큰 편이지만, 복숭아심식나방을 대상으로 한 교미교란제는 일본 Shin-Etsu사의 Confuser A와 R을 수입하여 사용하고 있으나, 그 효과가 여러모로 만족스럽지 못함
- 이러한 Confuser 제품들은 여러 해충의 성페로몬이 혼합된 형태라서, 어떤 단일 종이 문제될 경우라도 고가에 구입하여 설치해야 하는 형편임
- IT-페로몬 트랩에 대한 아이디어가 도출되었고, 이를 실행한 연구가 2007년도 부터 복숭아순나방을 통해서 진행되고 있다. 현재 본 기술은 특허출원에 있으며, 2008년 현장 연구를 통해 복숭아순나방을 대상으로한 IT-페로몬 트랩이 개발될 예정이다.

(3) 국내·외의 연구현황

연구수행 기관	연구개발의 내용	연구개발성과의 활용현황
안동대, 그린아그로텍	○ 복숭아순나방 페로몬 유기합성 및 교미교란제 기술 개발 ○ 복숭아순나방을 대상으로 한 IT-페로몬 트랩 개발 중	복숭아순나방 예찰 및 교미교란제 현장 투여
서울대	사과 가해 주요 나방류 해충 (사과잎말이나방, 사과애모무늬잎말이나방, 복숭아심식나방, 복숭아순나방, 사과굴나방, 은무늬굴나방) 6종의 성페로몬 조성 결정 및 야외 효과 확인	발생예찰 체계확립
일본 산업체	일본은 사과, 배 및 복숭아 과수원에서 주요 나방류 방제법으로 농약 대신 wire type의 교미교란제 실험이 지난 10여 년 간 진행되었고, 현재는 대규모 면적에서 상업적으로 사용하고 있음	인위적 발생예찰 및 교미교란제 산업화 그러나 무인모니터링 시스템 개발은 없음
미국/유럽 산업체	유럽, 호주 및 미국 등의 과수원도 코드링나방 및 복숭아순나방 방제를 위하여 wire type, applicator type, spray type 등 여러 형태의 성페로몬 교미교란제를 이용하여 농약 대신 방제하고 있으며, 성공적인 사례를 계속 발표하고 있음	인위적 발생예찰 및 교미교란제 산업화 그러나 무인모니터링 시스템 개발은 없음

(4) 본 사업 실시 이전의 국내 연구 동향

○ 복숭아순나방 성페로몬 모니터링 기술 개발(한응곤지 45: 309-316)

유기합성 기술을 통해 복숭아순나방(*Grapholita molesta*)의 성페로몬 세 가지 성분(*cis*-8-dodecenyl acetate (Z12Ac), *trans*-8-dodecenyl acetate (E12Ac), *cis*-8-dodecenol (Z12OH))을 제조하였다. 이중결합 페로몬 성분의 *cis* 이성질체 비율을 높이기 위해 이 부위의 삼중결합 유도후 Pd/BaSO₄로 -20℃에서 환원시켰다. 최종산물인 아세테이트류의 광학이성체 비율은 92:8(Z:E)을 나타냈다. 이들 합성 페로몬의 생물활성을 검증하기 위해 유인력 분석과 유인력교란 분석으로 나누어 실시되었다. 유인력 분석은 실내에서는 수컷 날개행동유기를 기준으로 분석하였다. 표준구로서 상용 유인제를 이용하였다. 분석 페로몬 조제는 아세테이트류와 알코올류가 각각, 100:0, 99:1, 99:10 (g/g)으로 조제하여 비교하였다. 실내 교미 유인력은 100:0에서 가장 높았고, 알코올류가 포함된 조성은 낮은 유인력을 보였다. 야외 유인력은 페로몬 트랩을 이용하였으며, 실내 분석과 같이 100:0에서 가장 많은 수컷 유인력을 나타냈다. 유인력교란 분석은 실내에서 간이모형을 이용하였다. 중앙에 상용페로몬을 끈끈이판에 놓고, 주위 네 방향으로 분석될 페로몬을 설치한 후, 12시간 노출시험을 진행하였다. 이 결과 상용페로몬과 합성페로몬(100:0)은 모두 100% 유인교란 효과를 보였다. 그러나 교란용 페로몬의 숫자가 줄어들어 따라 유인력교란효과는 낮아지는 현상을 나타냈다. 이상의 결과는 복숭아순나방의 합성페로몬이 생물적 활성을 지니며, 교미교란에 이용될 수 있음을 제시하고 있다.

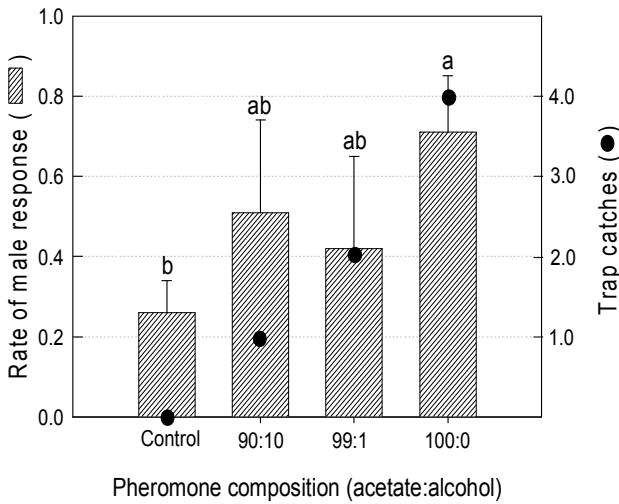
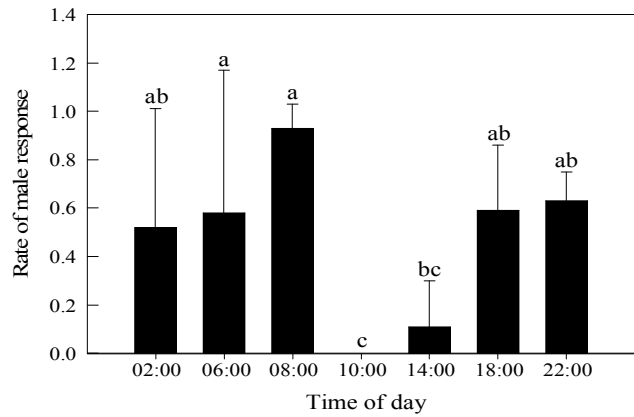
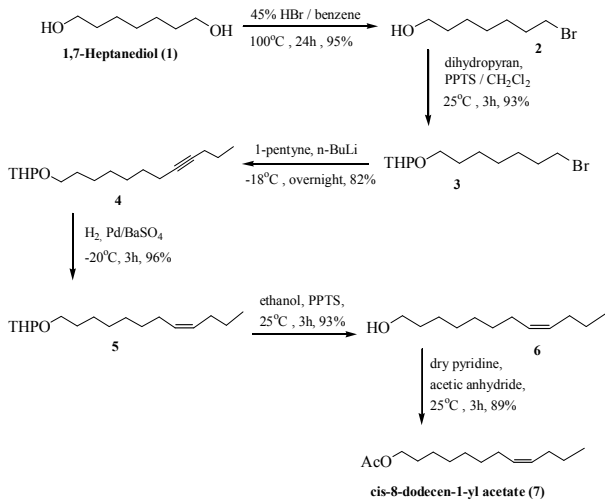
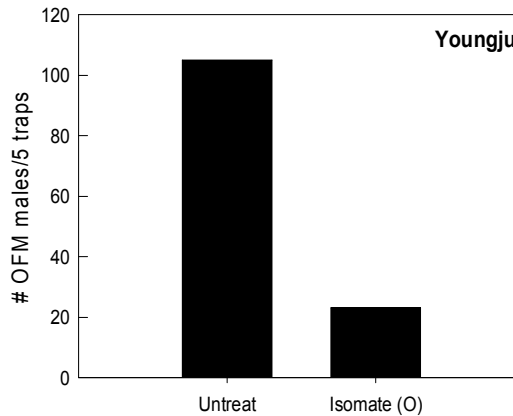
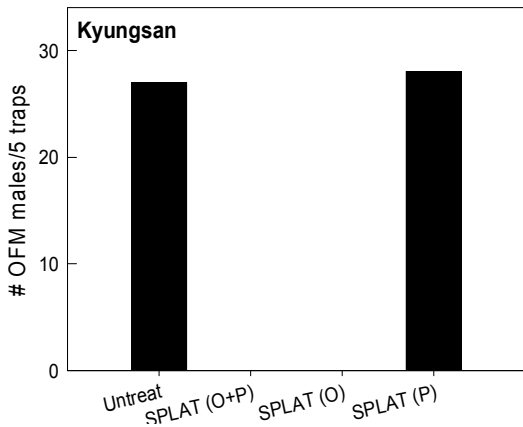
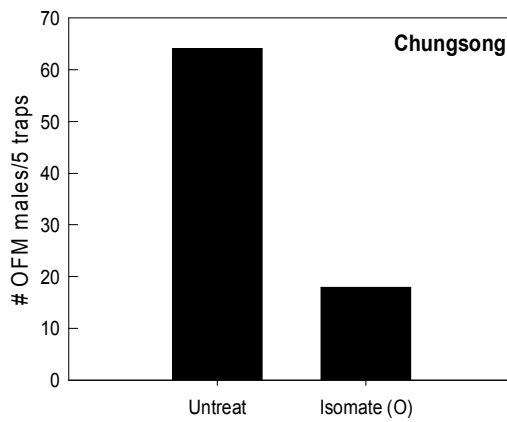
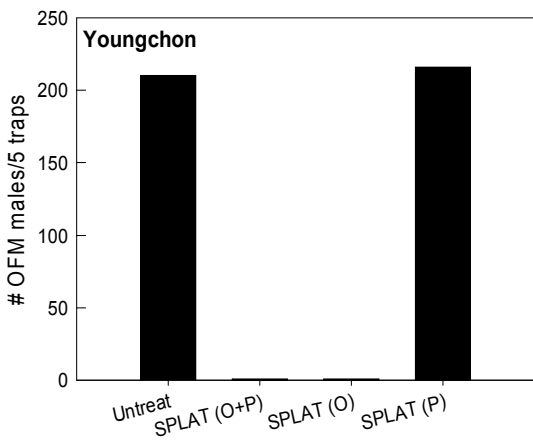
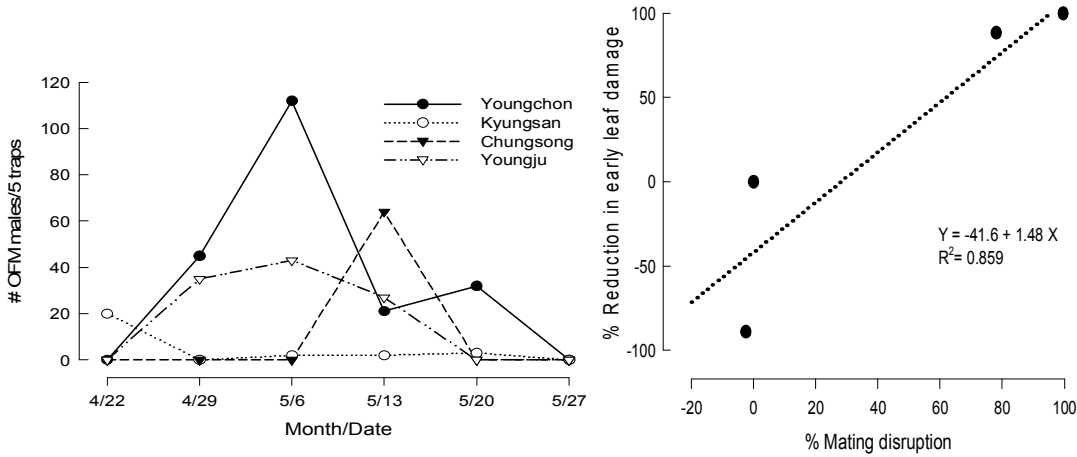


그림. 복숭아순나방 성페로몬 합성 과정(左上), 수컷 유인 일일리듬(右上), 주요 성페로몬 성분비에 따른 유인력 비교(左下)

○ 복숭아순나방 성페로몬을 이용한 교미교란 기술 개발(한응곤지 45: 235-240)

복숭아순나방(*Grapholita molesta* (Busck))의 교미교란제인 SPLAT[®]와 Isomate[®]-ROSSO의 교미교란효과를 각각 영천과 경산 및 청송과 영주에서 조사하였다. 성페로몬 트랩을 이용하여 4월 말부터 5월 말까지 야외 집단의 발생정도를 조사한 결과, 네 지역에서 모두 월동세대 개체군이 발생함을 확인하였다. 두 가지 형태의 교미교란제는 분석시기 10일 전에 포장에 처리되었으며, 두 교미교란제 모두는 수컷의 성유인물 탐지능력을 억제시켰다. 그러나 이 두 가지 교미교란제를 비교하면 SPLAT 형태가 Isomate 형태보다 교란 효과가 높았다. 이러한 교미교란 효과는 조사기간 동안 복숭아순나방의 피해로 여겨지는 신초 피해를 억제하는 능력과 높은 상관성을 가졌다.



○ 복숭아순나방과 심식나방 판별 분자 지표 개발(한응곤지 46: 175-182)

국내 서식하는 복숭아순나방(*Grapholita molesta* (Busck))과 복숭아심식나방(*Carposina sasakii* (Matsumura))의 유충은 사과 과실내부를 섭식하여 피해를 주는 해충이다. 사과를 수출할 때 복숭아심식나방은 수출대상국들로부터 검역 대상해충이다. 반면에 복숭아순나방은 광범위한 분포로 비교적 수입국으로부터 검역 대상 해충은 아니지만, 사과 과실 내부에서 발견되는 경우 복숭아심식나방으로 오인될 수 있다. 이는 발견되는 유충을 가지고 형태적으로 두 종을

구분하기 어렵기 때문이다. 특별히 수입국 검역단계에서 이러한 불완전한 동정 실태는 수출 사과의 폐기 또는 반송과 수출중단 등과 같은 막대한 경제적 손실을 초래하게 된다. 이에 이들을 구분할 수 있는 분자지표 개발이 요구되었다. 두 종의 미토콘드리아 DNA를 대상으로 다형을 보이는 여러 영역의 염기서열을 분석하였다. 이 서열을 바탕으로 진단용 제한위치가 결정되고 종 특이적 프라이머가 제작되었다. 본 연구는 세 부위의 종 특이적 제한효소 위치에 따라 PCR-RFLP 기술과 종 특이적 프라이머를 이용하여 진단용 PCR 기술을 개발하였다.

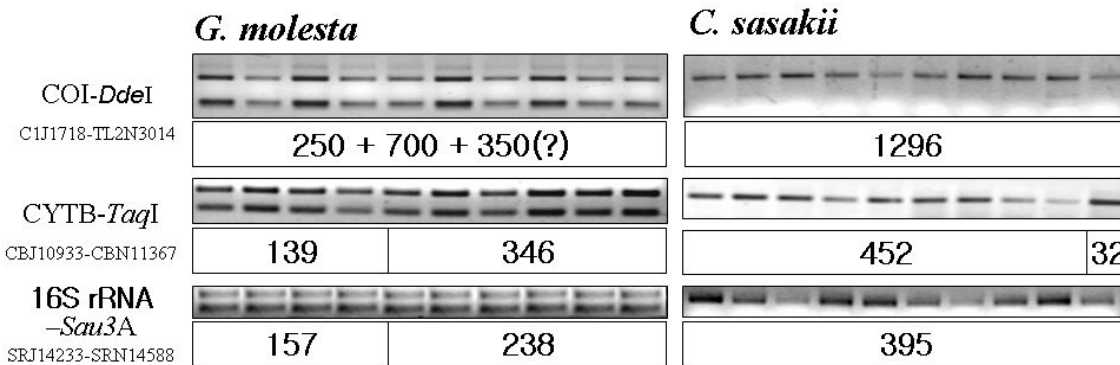


그림. 세 가지 다형변이 부위를 이용하여 제한효소 처리에 따른 복숭아순나방과 심식나방의 판별 분자지표

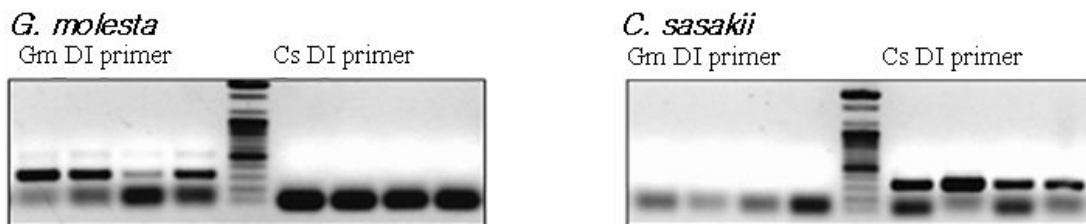


그림. 판별 PCR 프라이머를 이용한 복숭아순나방과 심식나방의 판별 분자지표 개발

○ 복숭아순나방 IT-페로몬 트랩 개발 추진중

복숭아순나방에 대한 IT-페로몬 트랩이 현장에 적용되어 개발 진행되었다. 대략적 구성은 다음 페이지(11쪽)에 연구 개발 목표에서 나와 있다. 이를 토대로 다음의 그림에서 보는 IT-페로몬 트랩이 안동 지역 사과원에서 설치되었다. 간략하게 트랩은 기존의 포획용 트랩을 이용하였다. 이는 트랩에 잡힌 신호가 직접 복숭아순나방 인지 아니면 다른 신호인지를 확인하는 차원에서 포획용 트랩을 이용하였다. 여기에는 포획되는 입구에 IR 센서를 부착시켜 포획된 복숭아순나방이 떨어지면서 IR 센서는 감지하게 되는 원리이다. 이러한 감지 신호는 다시 트랩의 중앙 기둥에 보는 CPU로 전송되고 interface를 거쳐 통신장치로 이송된다. 이 전기 신호는 CDMA 방식으로 네트워크로 전송되고, 다시 전송된 신호는

Server로 도착하여 감지 신호를 user가 볼 수 있게 한다.

이러한 프로토콜에 근거한 IT-페로몬 트랩은 실시간으로 복숭아순나방의 포획 신호는 물론이고, 시기별 지역별 복숭아순나방 무인 모니터링이 가능하게 한다.



그림. IT-페로몬 트랩. 전체모습(좌), 바이오센서 탑재 트랩(우)

	1	2007.08.25 19:10	1
	1	2007.08.25 19:22	1
	1	2007.08.25 19:27	1
	1	2007.08.25 19:30	1
	1	2007.08.25 19:39	1

그림. IT-페로몬 트랩의 실시간 포획 신호. 2007년 8월 25일 오후 7시 10분, 22분, 27분, 30분 그리고 39분에 각각 1마리씩 포획되었다는 신호를 웹서버에서 확인한 실증 결과.

제 3 장 연구개발수행 내용 및 결과

제1절 IT 페로몬 트랩 외형 기술 개발

(1) 상품형 IT 페로몬 트랩 모형도

기존의 IT 페로몬 트랩의 형태를 간소화 및 다목적용으로 개량하였다. 우선 하단부는 설치가 용이하게 트랩 고정대를 두게 했다. 컨트롤 박스는 최대 4개의 트랩 정보를 적재하게 센싱 및 통신 모듈을 두게 했다. 트랩부는 비가림 보호 뚜껑을 두어 비에 대한 오류 신호를 최소화하고, 자외선의 직접 노출을 피하게 했다. 상층부는 태양열 집광관 및 풍속계를 두었다. 끝으로 낙뢰의 피해를 막기 위해 피뢰침을 설치했다.

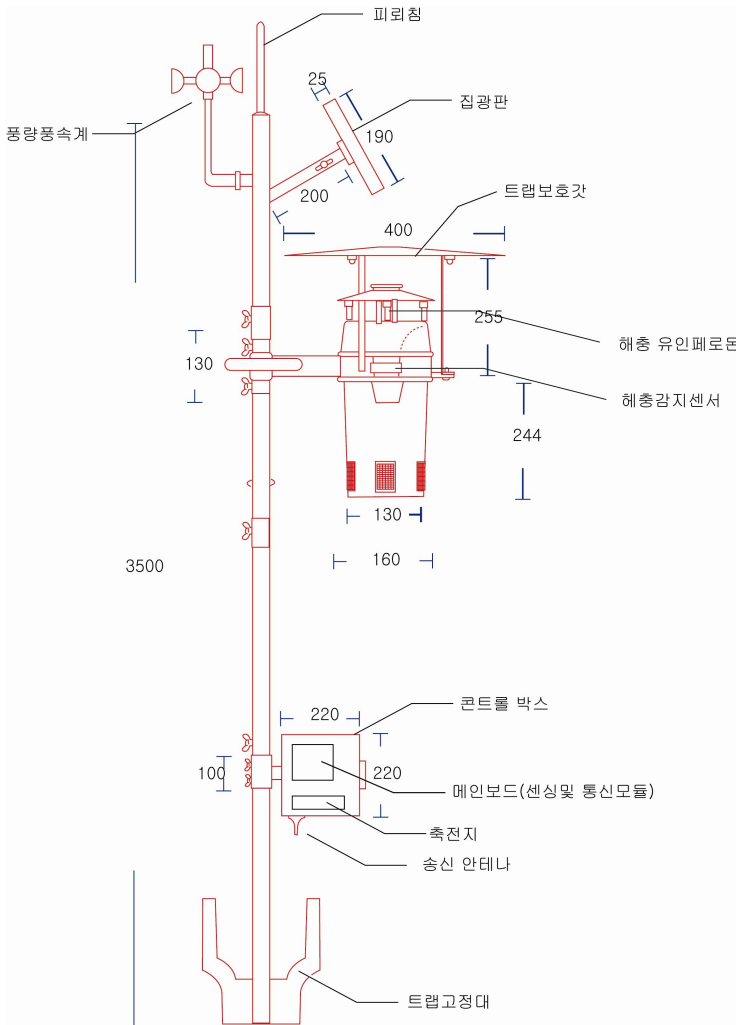


그림. IT 트랩의 모형과 실물 모습

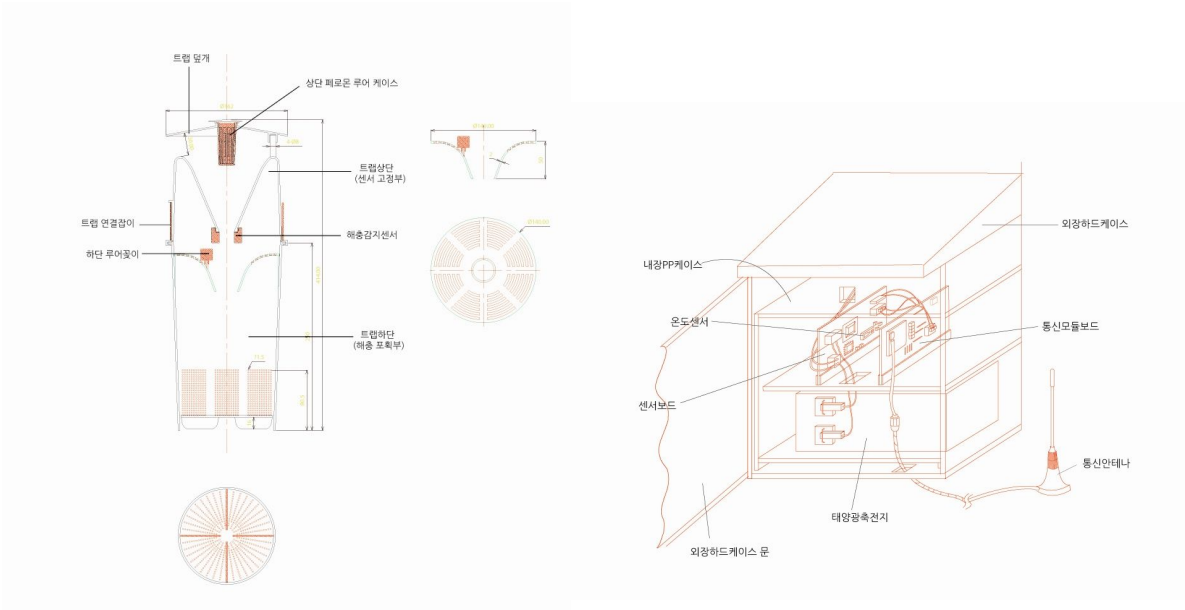


그림. IT 트랩의 부위별 세부 구조

(2) 개량 IT 페로몬 트랩

상기 기술한 상품형 IT 페로몬트랩을 ① 센서부 ② 트랩부에서 개량하였다. 센서부는 컨트롤 박스에 위치한 센서 및 통신부를 트랩 박스로 옮겨 트랩의 구조를 간소화하는 데 기여했다. 트랩 변형은 기존의 노린재 트랩을 응용한 가로형 IT-페로몬 트랩을 개발하였다.

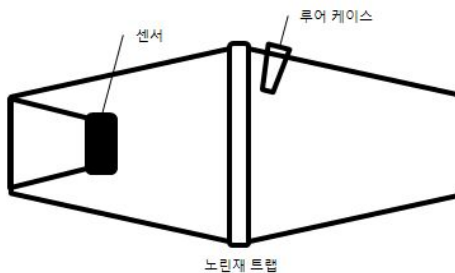


그림 노린재 트랩을 변형한 가로형 IT-페로몬 트랩

또한 트랩의 효율을 높이기 위해 창살형으로 Touch-tone IT 페로몬트랩을 개발했다.

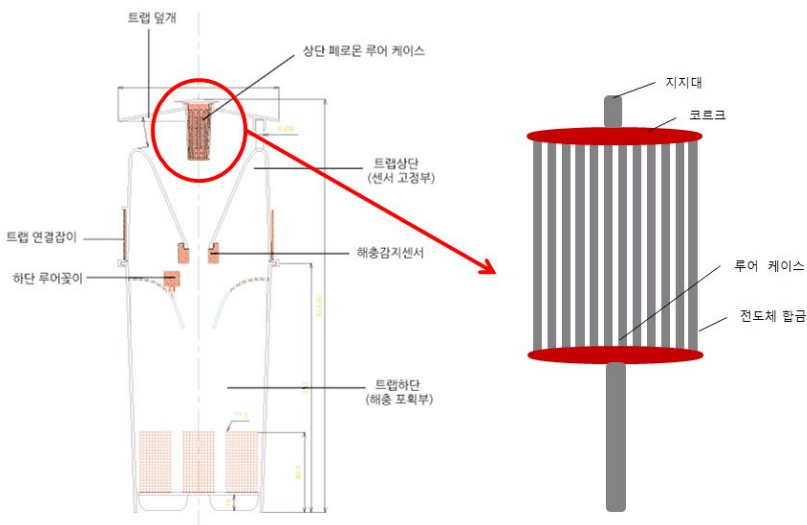


그림. Touch-tone IT 페로몬트랩

제 2 절 IT 페로몬 트랩 현장 설치 방법

설치위치의 선정은 과원 안에서 통신에 문제가 없는 장소 중 ① 나방류의 피해발생이 많았던 곳을 최우선으로 선택하였으며, ② 피해발생의 유무 파악이 되지 않는 과원에서는 내부의 결과지 위치를 선택하였고, ③ 포장 내부에 결과지가 없을 시에는 바람 방향을 고려하여 과수와 근접한 위치를 선택하였다.

(1) 설치 순서 및 방법



a. 과원에서 위치를 선택한다.



b. 선택한 위치에서 가로 70 cm, 세로 70 cm, 높이 70 cm 정도의 구덩이를 판다.



c. 구덩이의 바닥을 수평을 이룰 수 있도록 최대한 평평하게 다진다.



d. 하단 중심축을 구덩이에 넣고 수평을 맞춘 후 고정핀(○)을 십자구조물에 끼워서 수평을 유지한다.



※ 바닥부분에 벽돌을 깔고있는 이유는 본 사진의 설치 지역의 지반이 연약지반으로 되어 있기 때문이다. 연약지반의 경우 비가 오거나, 열고 녹고를 반복될 경우 지반 약화로 IPT가 기울어질 우려가 있다. 일반지반에서는 벽돌 없이 고정을 실시한다.



e. 윗 부분을 흙으로 덮는다.



f. 고정을 위해 콘크리트 보형물을 끼워 넣는다.



※ 연약지반일 경우 콘크리트 보형물 아래에 에폭시를 첨가한다.



g. 보형물과 땅 사이에 벽돌을 끼워 넣어 움직이지 않게 고정시킨다.

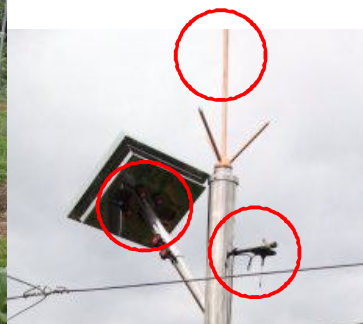
보형물과 하단 중심축 사이에는 에폭시(○)를 넣어 보형물과 일체 시킴으로써 완벽하게 고정시킨다.



h. 주변을 흙으로 채운 후 단단하게 다진다.



I. 상단 중심축에 피뢰침과 집광판과 통신 안테나를 부착하고 하단 중심축과 결합한다.





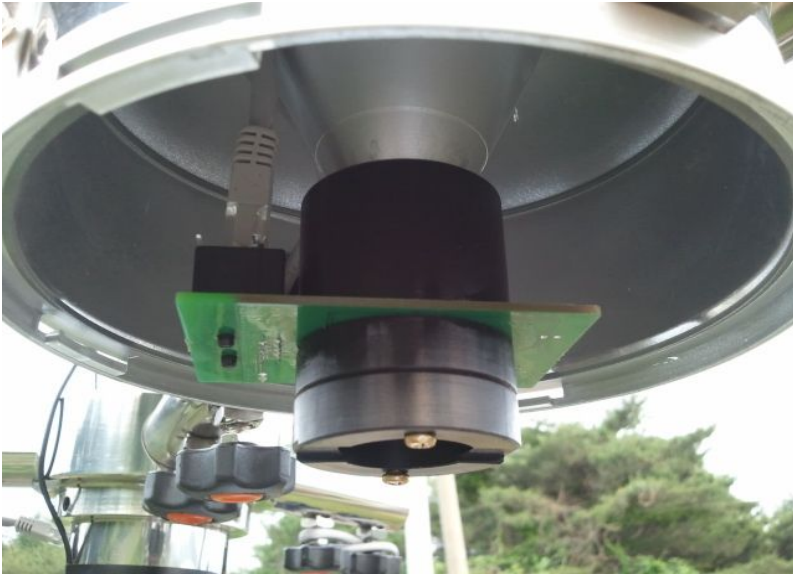
※ 하단 중심축에 상단중심축을 덮어 넣어 조립을 한다.



j. 3개의 측지에 트랩을 연결한다.
케이블선을 트랩안으로 넣는다.



k. 케이블선에 IR-센서를 연결한다.



l. IR-센서를 트랩의 포획구에 밀어 넣어 연결한다.



m. 콘트롤 박스에는 기본적으로 하네스 작업이 되어있다.





n. IR-센서 케이블과 온도센서 케이블을 통신보드에 연결한다. 집광판에서 이어지는 전선도 축전지와 연결한다.



o. 통신보드는 문쪽에 부착된다. 각종 케이블과 전선을 정리하고 전원을 켜 후 센서의 작동을 점검한다.



p. 온도센서는 콘트롤박스 하단에서 밖으로 나오게 하여 외부온도를 감지할 수 있도록 설치하였다.



- q. 작동점검을 완료하고 이상이 없으면 해충 포획통을 트랩몸체에 끼워 넣고 주변을 정리한 후 설치를 마무리 한다.

제 3 절 IT 페로몬 트랩 모니터링 성능과 방제 정보 응용 기술

4월 초부터 9월 말까지 복숭아순나방(*G. molesta*), 복숭아심식나방(*C. sasakii*), 사과애모무늬잎말이나방(*A. orana*)을 경산, 영천의 사과원과 상주, 나주의 배과원에서 모니터링 하였다. 조사는 IT 페로몬 트랩(이하 IPT)과 델타트랩(DT)에서 각각 3종씩 이루어졌다. 조사기간 동안 경산, 영천, 나주에서는 두 형태의 트랩 모두에서 복숭아순나방이 가장 많이 포획되었으며 상주에서는 복숭아심식나방이 가장 많이 포획되었다. 사과애모무늬잎말이나방의 경우는 상주에서는 0마리를 기록하였으며 경산과 영천에서는 적은 양이지만 방제를 필요로 하는 양이 포획되었다. 조사기간 동안 각 지역의 총 포획수는 Table 1과 같이 나타났다.

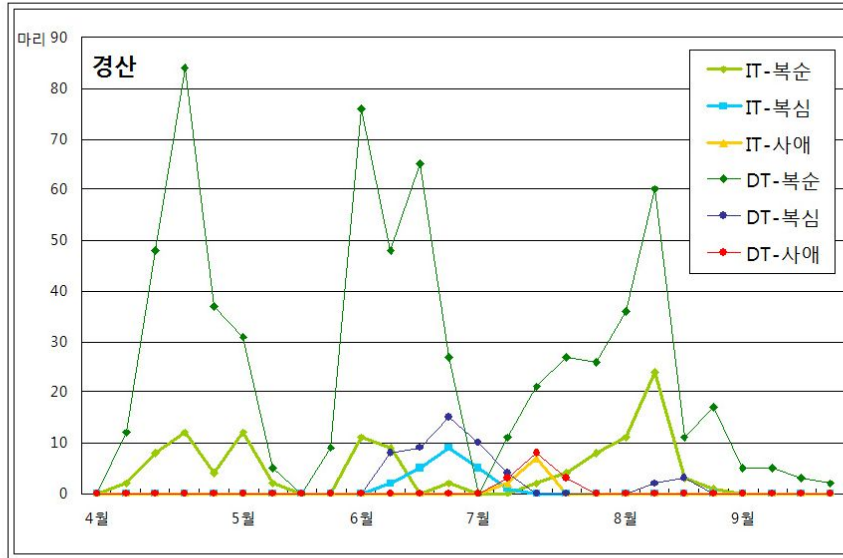
Table 1. 2010년 경산, 영천, 상주, 나주 소재 과원의 3종 나방류 총 포획량

	IT-복순	IT-복심	IT-사애	DT-복순	DT-복심	DT-사애
경산	115	22	9	666	46	14
영천	185	5	6	589	16	25
상주	50	86	0	291	423	0
나주	104	0	0	538	5	4

1. 경산 사과과원에서의 IPT와 DT간의 포획량 분석

경산 지역에서는 그래프에서 보듯이 3종의 나방 모두에서 IPT보다 DT에서 포획량이 많았다. 복숭아순나방의 경우 DT 포획량에 대해 IPT 포획량이 17.3%를 보였으며, 복숭아심식나방의 경우 DT 포획량에 대해 IPT 포획량이 47.8%를 보였고, 사과애모무늬잎말이나방의 경우 64%의 포획 비율을 보였다. 유효 포획량을 비교해 보았으며 유효 포획량의 기준은 DT기술에서 정립해 놓은 매뉴얼을 이용하였다.

경산지역의 유효 포획량을 비교해 보면 복숭아심식나방과 사과애모무늬잎말이나방의 경우 포획량 차이가 약 절반정도 수준을 보이고 있으나 이들 2종 나방의 DT 포획에 의한 방제 매뉴얼에서는 복숭아심식나방이 15마리 이상 시 방제를 고려, 20마리 이상 시 반드시 방제해야 하며 사과애모무늬잎말이나방의 경우 5마리 이상일 경우 방제를 실시해야 하기 때문에 방제정보 제공에 문제가 없다. 다만 복숭아순나방의 경우에는 20마리 이상이면 방제고려, 30마리 이상이면 반드시 방제로 DT 매뉴얼이 되어있는데, IPT 포획시기와 양을 보면 이 기준에 못 미치는 시기들이 보이고 있어 방제정보 전달에 문제가 발생한다. 그래서 본 연구의 IPT에는 사용자의 신뢰성 확보를 위해 두 트랩의 포획량 차이에 대한 이해와 오차율 보정에 대한 시스템을 갖추어 놓았다.

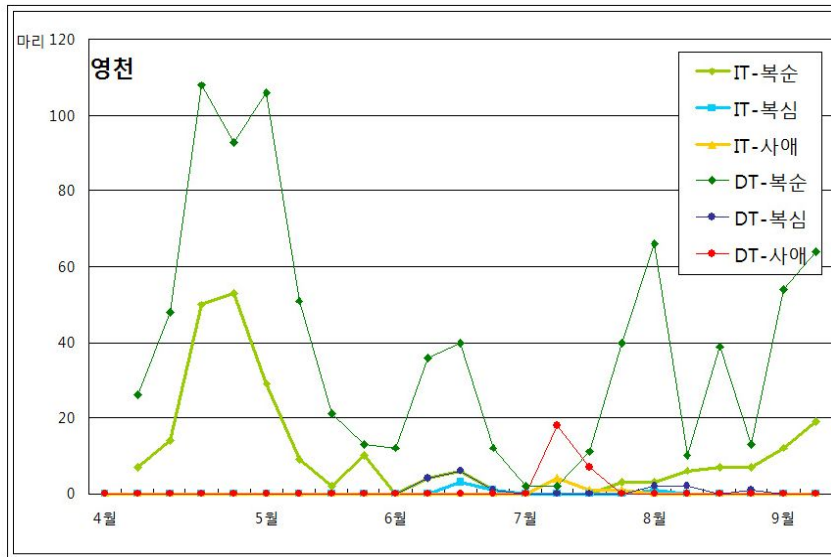


그래프 1. 경산 사과원 포획 밀도

Table 2-1. 2010년 경산 사과과원의 3종 나방류 모니터링

날자	IT-복순	IT-복심	IT-사애	DT-복순	DT-복심	DT-사애	
4	2	0	0	0	0	0	
	9	2	0	0	12	0	0
	16	8	0	0	48	0	0
	23	12	0	0	84	0	0
	30	4	0	0	37	0	0
5	7	12	0	0	31	0	0
	14	2	0	0	5	0	0
	20	0	0	0	0	0	0
	28	0	0	0	9	0	0
6	4	11	0	0	76	0	0
	11	9	2	0	48	8	0
	18	0	5	0	65	9	0
	25	2	9	0	27	15	0
7	2	0	5	0	0	10	0
	9	0	1	2	11	4	3
	16	2	0	7	21	0	8
	23	4	0	0	27	0	3
	30	8	0	0	26	0	0
8	6	11	0	0	36	0	0
	13	24	0	0	60	2	0
	20	3	0	0	11	3	0
	27	1	0	0	17	0	0
9	3	0	0	0	5	0	0
	10	0	0	0	5	0	0
	17	0	0	0	3	0	0
	27	0	0	0	2	0	0
합	115	22	9	666	46	14	

2. 영천 사과과원에서의 IPT와 DT간의 포획량 분석



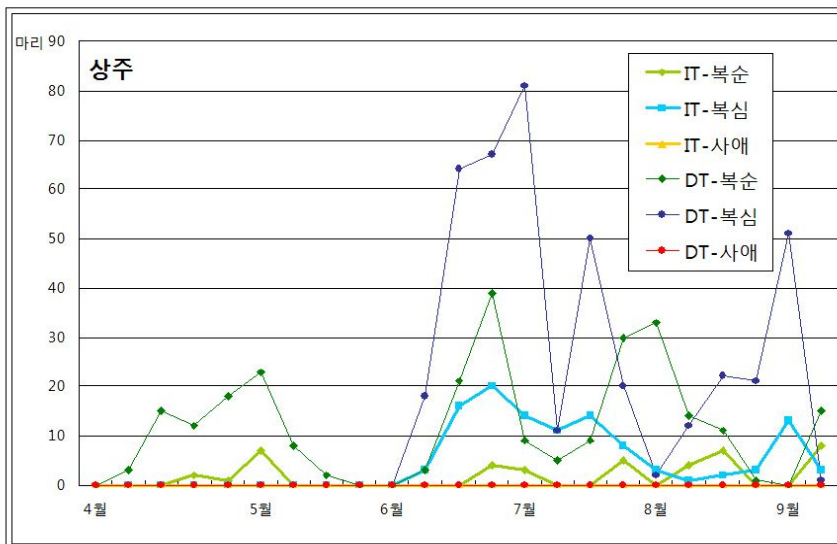
그래프 2. 영천 사과원 포획 밀도

Table 2-2. 2010년 영천 사과과원의 3종 나방류 모니터링

날자	IT-복순0	IT-복심	IT-사애	DT-복순	DT-복심	DT-사애
4	2	0	0	0	0	0
	9	7	0	26	0	0
	16	14	0	48	0	0
	23	50	0	108	0	0
	30	53	0	93	0	0
5	7	29	0	106	0	0
	15	9	0	51	0	0
	20	2	0	21	0	0
	28	10	0	13	0	0
6	4	0	0	12	0	0
	11	4	0	36	4	0
	18	6	3	40	6	0
	25	1	1	12	1	0
7	2	0	0	2	0	0
	9	0	0	2	0	18
	16	0	0	11	0	7
	23	3	0	40	0	0
8	6	3	0	66	2	0
	13	6	0	10	2	0
	20	7	0	39	0	0
	27	7	0	13	1	0
9	3	12	0	54	0	0
	10	19	0	64	0	0
	17	20	0	49	0	0
	27	5	0	23	0	0
합	185	5	6	589	16	25

영천 지역에서는 그래프에서 보듯이 3종의 나방 모두에서 IPT보다 DT에서 포획량이 많았다. 복숭아순나방의 경우 DT 포획량에 대해 IPT 포획량이 31.4%를 보였으며, 복숭아심식나방의 경우 DT 포획량에 대해 IPT 포획량이 31%를 보였고, 사과애모무늬잎말이나방의 경우 24%의 포획 비율을 보였다. 유효 포획량을 비교해 보면 복숭아심식나방과 사과애모무늬잎말이나방의 경우 DT 대비 IPT의 포획량 비율이 1/3 이하 이지만 포획수의 경우 DT 매뉴얼에 의한 방제고려 수가 포획되었기 때문에 방제정보에는 문제가 없어 보인다. 복숭아순나방의 경우 경산과 나주 보다 약 2배와 상주 보다는 약 4배 많은 양이 포획되었지만 DT에 비해서는 1/3 수준이 포획되었다. 그러나 방제 고려시기에서는 DT와 유사한 경향치를 보였으며, 특히 초기 밀도의 경우 약 50% 수준을 보여주고 있다. 초기 방제가 나방의 전체 밀도와 피해에 주는 영향이 크기 때문에 이점에서 영천에서는 IPT의 기능이 잘 실시되었고 할 수 있다. 그러나 후기의 경우 포획 밀도와 경향치에서 제대로 보여주지 못하고 있어, 이점은 보완 사항 될 것이다.

3. 상주 배과원에서 IPT와 DT간의 포획량 분석



그래프 3. 상주 배과원 포획 밀도

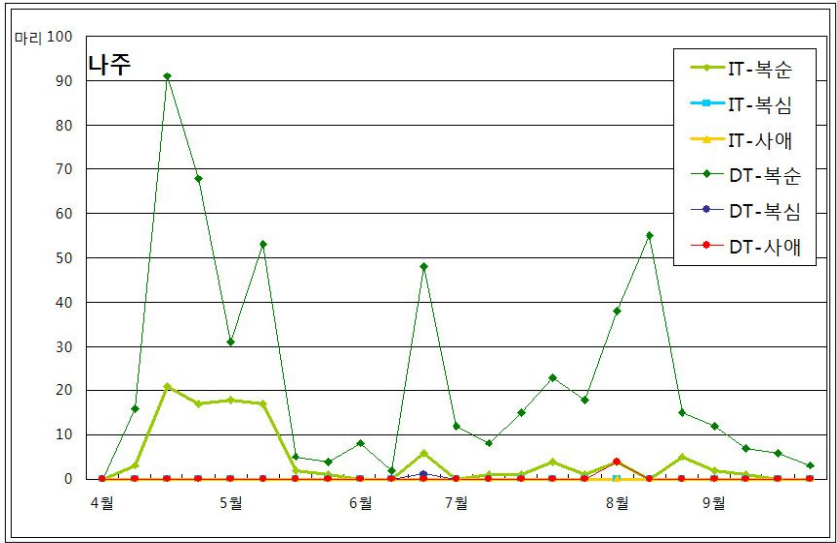
상주 지역에서는 다른 지역과 다르게 3종의 나방 중 복숭아심식나방이 가장 많이 포획되었으며, 다른 지역과 마찬가지로 IPT보다 DT에서 포획량이 많았다. 복숭아순나방의 경우 DT 포획량에 대해 IPT 포획량이 17%를 보였으며, 복숭아심식나방의 경우 DT 포획량에 대해 IPT 포획량이 20.3%를 보였고, 사과애모무늬잎말이나방의 경우 0%의 포획 비율을 보였다. 유효 포획량을 비교해 보면 복숭아순나방의 IPT와 DT 모두에서 다른 지역에 비하여 낮은 밀도를 보였으며 시기에 대한 발생량도 적었다. 이로 인해 IPT에서는 유효량에 대한 방제시기가 없었고, DT에서는 방제가 필요한 시기가 3회 있었다. 이는 과원에 나방의 발생 밀도가 낮을 때 나타나는 IPT의 문제점으로 볼 수 있다. 복숭아심식나방에서는 첫 포획 시기와 8월 초순과 중순 시기에 유효포획량이 나타나지 않았으며 이를 제외한 시기에는 방제 유효 포획량을 보였다. 사과애모무늬잎말이나방의 경우에는 DT와 IPT 모두에서 포획이 이루어지지 않았다.

Table 2-3. 2010년 상주 배과원의 3종 나방류 모니터링

날자	IT-복순	IT-복심	IT-사애	DT-복순	DT-복심	DT-사애
4	2	0	0	0	0	0
	9	0	0	0	3	0
	16	0	0	0	15	0
	23	2	0	0	12	0
	30	1	0	0	18	0
5	7	7	0	0	23	0
	15	0	0	0	8	0
	20	0	0	0	2	0
	28	0	0	0	0	0
6	4	0	0	0	0	0
	11	0	3	0	3	18
	18	0	16	0	21	64
	25	4	20	0	39	67
7	2	3	14	0	9	81
	9	0	11	0	5	11
	16	0	14	0	9	50
	23	5	8	0	30	20
8	6	0	3	0	33	2
	13	4	1	0	14	12
	20	7	2	0	11	22
	27	0	3	0	1	21
9	3	0	13	0	0	51
	10	8	3	0	15	1
	17	5	0	0	19	3
	27	4	0	0	12	0
합	50	86	0	291	423	0

4. 나주 배과원에서의 IPT와 DT간의 포획량 분석

나주 지역에서도 그래프에서 보듯이 3종의 나방 모두에서 IPT보다 DT에서 포획량이 많았다. 복숭아순나방의 경우 DT 포획량에 대해 IPT 포획량이 19.3%를 보였으며, 복숭아심식나방과 사과애모무늬잎말이나방에서는 DT 포획량에 대해 IPT 포획량이 0%를 보였다. 유효 포획량을 비교해 보면 복숭아순나방의 경우 초기에는 DT와 유사하게 유효 포획량을 보였다. 그러나 중기와 후기에는 전혀 유효 포획량에 근접하지 못했다. 복숭아심식나방과 사과애모무늬잎말이나방의 경우에는 IPT에서 포획이 이루어지지 않아 포획율이 0%였지만, DT에서도 유효 포획량 이하로 포획되어 방제 정보에서는 문제가 없어 보인다.



그래프 4. 나주 배과원 포획 밀도

Table 2-4. 2010년 나주 배과원의 3종 나방류 모니터링

날자	IT-복순	IT-복심	IT-사애	DT-복순	DT-복심	DT-사애
3	24	0	0	0	0	
4	6	0	0	0	0	0
	13	3	0	0	16	0
	21	21	0	0	91	0
	28	17	0	0	68	0
5	4	18	0	0	31	0
	10	17	0	0	53	0
	17	2	0	0	5	0
	25	1	0	0	4	0
6	1	0	0	0	8	0
	07	0	0	0	2	0
	23	6	0	0	48	1
7	1	0	0	0	12	0
	7	1	0	0	8	0
	14	1	0	0	15	0
	22	4	0	0	23	0
	30	1	0	0	18	0
8	13	4	0	0	38	4
	20	0	0	0	55	0
	27	5	0	0	15	0
9	3	2	0	0	12	0
	10	1	0	0	7	0
	17	0	0	0	6	0
	27	0	0	0	3	0
합	104	0	0	538	5	4

조사가 이루어진 경산, 영천, 상주, 나주 지역의 모든 나방의 트랩에서 DT가 ITP에 보다 높은 포획율을 보였다. 전체적으로 DT대비 ITP의 포획율을 보면 복숭아순나방의 경우 약 20% 정도의 수준을 보였으

며, 복숭아심식나방의 경우 포획되지 않은 지역을 제외하고 약 33.8%(비포획지역 포함시 25.4%)의 수준을 보였고, 사과애모무늬잎말이나방의 경우 포획되지 않은 지역을 제외하고 약 44%(비포획지역 포함시 22%)의 수준을 보였다.

Table 3. 2010년 DT대비 IPT 3종 나방류 포획율

	IT-복순	IT-복심	IT-사애
경산	17.3%	47.8%	64%
영천	31.4%	33.3%	24%
상주	17%	20.3%	0%
나주	19.3%	0%	0%

DT 대비 포획밀도가 낮은 것이 방제정보를 제공하는데 문제가 될 수 있지만, 본 연구에서 해결 방안을 연구했기 때문에 큰 문제라고 볼 수는 없다. 포획량 저하로 인한 문제는 각 지역 분석에서도 언급했듯이 크게 두 가지로 나타나고 있다. 첫번째는 전체 포획밀도 저하로 유효 포획량에 미치지 못하는 문제이다. 두 번째는 초기에는 유효 포획량 이상 포획되지만 중기를 거쳐 후기로 갈수록 포획량이 떨어지는 문제이다. 기본적으로 연 발생량이 적은 복숭아심식나방과 사과애모무늬잎말이나방에서는 문제가 발생하지 않는다, 연 발생량이 많고 피해가 심각한 복숭아순나방에서 문제가 발생한다.

본 연구에서 포획 밀도 저하로 나타나는 문제를 해결하기 위해 ① 연속 포획 시 방제 ② DT와 동일하게 다 발생시 방제 ③ 나방발생 패턴에 의한 지정일 방제 ④ 유효적산온도에 의한 방제 등 4가지의 보정 시스템을 웹페이지 필터링을 통해 정보를 제공한다. 또한, 포장정보를 통해서도 IPT와 DT 포획 차이에 대한 보정된 정보를 제공할 수 있다. ⑤ IPT를 설치한 동일한 지역에 DT를 설치하여 포획되는 개체수를 비교하여 실측치를 측정하여 다음 DT 대비 IPT의 포획밀도를 감안하여 자료를 제공한다. 본 연구팀은 2010년 전국에 약 50여 포장에서 조사를 실시하였으며 조사된 자료에 의하면 DT 포획밀도와 IPT 포획밀도에 밀접한 연관성이 있음을 알았다. 복숭아순나방의 DT 포획밀도가 연간 약 1000마리 이상인 과원에서는 IPT에 약 300마리 ~ 400마리 사이의 포획밀도를 보였으며, DT 포획밀도가 연간 약 700마리 ~ 800마리 였던 과원에서는 IPT에 약 200마리 ~ 250 마리 정도의 포획밀도를 보였고, DT 포획밀도가 연간 500마리 전후인 과원에서는 IPT에 약 100마리 ~ 150마리 정도의 포획 밀도를 보였다. DT에 포획된 밀도가 연간 300마리 이하였던 과원에서는 IPT에 50마리 이하의 포획 밀도를 보여 주었다. 이 방법은 설치포장에 DT에 의한 포획밀도 자료가 없다면 1년간 자료 확보 후 가능한 방식이다.

제 4 절 트랩 개량기술 - 트랩부 보호 덮개 개선

기존에 제작되었던 트랩덮개는 트랩상단과의 간격이 약 20 cm정도를 유지하고 있었다. 트랩덮개의 기능은 트랩 상단 부분과 페로몬루어를 빛, 비, 눈 등으로부터 보호하는 역할을 가지고 있다. 그러나 트랩덮개와 트랩상단과의 간격이 너무 넓어 빛, 비, 눈 등으로부터 제 기능을 상실하였다. 특히, 빗물을 차단하지 못하여 센서로 흐르게 되면 기기부식과 방제정보 오류 및 폭주의 현상을 야기시킨다. 실제로 본 연구에서 빗물로 인한 통신보드와 센서기기의 부식이 나타났고, 웹페이지 상에서는 비정상적 감지 신호들이 포착되었다. 감지 신호 중에는 대상 해충이 야행성 임에도 불구하고 대낮에 포획된 감지 신호들이 자주 있었으며, 심한 경우에는 999마리가 연속일로 표시되는 일도 있었다. 통신보드와 센서기기에 방수처리가 되어 있지만 근본적으로 하드웨어에서 차단되지 않으면 방수처리 만으로는 해결이 될 수 없다. 철저히 빛, 비, 눈을 차단하고 동시에 페로몬의 방출에 영향을 주지 않은 높이를 실험하였다.

합 계		
주소	일자	해충수
복숭아순나방(길안)	2008.07.15	5

주소	종류	시간	해충수
복숭아순나방(길안)	복숭아 순나방	2008.07.15 11:59	1
복숭아순나방(길안)	복숭아 순나방	2008.07.15 12:00	1
복숭아순나방(길안)	복숭아 순나방	2008.07.15 12:02	1
복숭아순나방(길안)	복숭아 순나방	2008.07.15 12:06	1
복숭아순나방(길안)	복숭아 순나방	2008.07.15 12:09	1

※ 2008년 자료에서 정오 12시 근처에서 포획신호를 보이고 있다. 이때 강우가 있어 빗물에 의한 오류 신호로 해석된다.

실험은 트랩덮개의 끝부분과 트랩상단의 간격을 5 cm, 8 cm, 10 cm, 15 cm로 준비한 후 세 가지 평가 항목을 가지고 실시하였다. 첫 번째는 트랩상단과 페로몬 보관통 뚜껑과 입구측면 외각에 직경 2.5 cm 종이를 붙이고 약 45°와 30° 각도에서 물을 뿌려 실시하였다.



※기존형태 트랩덮개



두 번째 항목은 사과과원에서 각 높이의 트랩 덮개가 부착된 IPT트랩 부분을 설치하여 포획량을 조사하였다. 세 번째 항목은 트랩 상단 전체에 종이조각을 붙이고 사과과원 포장에 설치한 후 7월 한 달간 방치 시킨 후 회수하여 상태를 비교 점검하였다.

실험은 간단하게 진행 및 완료가 되었으며 결과는 첫 번째 항목에서 5 cm 트랩덮개의 경우 30°의 각도에서 입구측면 외각의 종이에만 물이 묻었을 뿐 다른 부분에는 물이 전혀 묻지 않았다. 다른 3가지 높이의 트랩에서는 모두

모든 부분에 물이 묻었다. 두 번째 항목에서는 4가지 모두 유의차가 보이지 않는 포획량을 보였다. 4월 한 달간 실시하여 5 cm 트랩덮개에서는 38마리가, 8cm 트랩덮개에서는 32마리가, 10 cm 트랩덮개에서는 40마리가, 15 cm 트랩덮개에서는 35마리가 각각 포획되었다. 이 항목에서는 페로몬의 흐름에 미치는 높이를 포획량으로 평가하여 간접 확인하는 방법을 이용하였는데 설정된 모든 높이에서 페로몬의 흐름에 문제를 야기하는 높이는 없었다. 마지막 항목에서는 포획과 빗물 차단을 동시에 실시한 항목이었다. 포획량의 경우 5 cm 트랩덮개에서는 43마리가, 8 cm 트랩덮개에서는 47마리가, 10 cm 트랩덮개에서는 38마리가, 15 cm 트랩덮개에서는 33마리가 각각 포획되었으며, 빗물 차단 실험에서는 모든 높이의 트랩덮개가 부착된 트랩의 종이에 대부분이 물이 묻었으며, 15 cm 트랩덮개가 부착된 트랩의 경우 전체가 물이 묻은 흔적이 보였다. 8 cm 와 10 cm 에서는 페로몬 보관 뚜껑 부분만을 제외하고 포획입구안쪽 까지 물이 묻어 있었다. 반면 5 cm 트랩덮개가 부착된 트랩에서는 트랩상단과 페로몬 보관통 뚜껑 부분과 포획입구 안쪽에는 물이 묻은 흔적이 없었으며 트랩의 외각과 포획입구 외각 상단에만 물이 묻은 흔적이 있었다. 세 가지 항목을 종합하였을 때 5 cm 높이의 트랩덮개가 부착된 트랩이 가장 안정적이었다. 이 결과로 제작되는 모든 IPT의 트랩덮개 높이는 5 cm 로 결정하였다.

제 5 절 IT 페로몬 트랩 센서 기술 개발

IT 페로몬 트랩은, 농업 현장에서 해충 발생 정도를 모니터링하기 위하여 현장에 설치된 페로몬 해충 트랩에 포획된 해충을 파악하기 위하여, 기존에는 모니터링 요원이 직접 현장을 방문하는 불편함과 경제적인 효과를 고려하여 트랩에 IT 기능을 포함시켜서 현장을 직접 방문하지 않고 온라인상에서 원격모니터링이 가능한 시스템이다. 본 과제에서는 해충 감지의 정확도를 향상시키기 위하여 다양한 형태의 해충 감지용 바이오센서를 개발하였다. 디지털 형의 해충 감지 바이오센서는 상품화 IT 페로몬 트랩에 장착되어 활용되고 있으며 기존의 수직형 IT 트랩 이외에도 수평형 IT 트랩에도 장착하여 그 특성은 평가하였다. 디지털 형의 문제점인 비 등의 환경 요인에 의한 에러 문제를 개선하기 위하여 아날로그 형, 창살 형 등 다양한 형태의 해충 감지용 바이오센서를 개발하여 그 성능을 검토하였다.

IT 트랩의 신뢰도를 높이기 위해서는 주위 환경의 정확한 모니터링이 중요하다. 본 연구에서는 온도, 습도, 조도 및 강우 유무를 모니터링 할 수 있는 환경 모니터링 시스템을 개발하였다. 특히 강우 유무를 측정할 수 있는 강우센서는 PET 필름 사이에 두 개의 금 전극을 배치하는 방법으로 개발하였다. 이 강우 센서는 제작 단가가 매우 낮을 뿐 아니라 디자인 변경 및 제작이 간단하여 다양한 형태의 강우센서를 개발할 수 있어서 다양한 분야의 응용이 기대된다.

1. 연구 목표

총 8개 항목으로 주요 항목은 강우센서 상품화 모델 개발과 환경 모니터링 시스템 개발이다. 또한 센서 모듈 개발에서는 이미 상품화된 디지털 형 해충 감지센서 이외에 다른 감지 메커니즘의 센서 모듈을 개발했다.

- (1) IT 트랩 전체 시스템 최적화 개발: 바이오센서를 포함하는 전체 신호 처리 시스템 최적화 개발
- (2) IT 실용화 및 상품화를 위한 센서 모듈 개발: IT 트랩의 효과적인 구동을 위한 각종 센서 모듈 개발
- (3) 현 시스템에 이미지 센서를 이용한 해충 감지 시스템 추가 검토: 광센서를 사용하는 현 시스템의 성능 향상을 위하여 이미지 센서를 추가하는 방법 검토
- (4) 강우센서 상품화 모델 개발: 새로운 스타일의 강우센서 개발 및 검토
- (5) 온도, 습도, 강우 및 조도 측정을 위한 광센서를 포함하는 환경 모니터링 시스템 개발: IT 트랩 주변의 환경(온도, 습도, 강우 및 조도)을 모니터링 하기 위한 환경 모니터링 시스템 개발
- (6) 환경 모니터링 시스템 케이스 최적화 설계 및 제작: 환경 모니터링 시스템을 효과적으로 구동하기 위하여 환경 모니터링 시스템용 케이스 개발
- (7) IT 트랩 본체와의 연동을 위한 PICONET 통신 시스템 구축: 환경 모니터링 시스템과 IT 페로몬 트랩과의 통신 방법 검토
- (8) 야외 적용 시험: 제작된 시스템의 야외 적용 시험 실시

2. 연구 추진 전략 및 방법

본 연구과를 진행하면서 개발된 IT 트랩 전체 신호처리 시스템의 최적화 개발 및 센서 모듈과의 통신 시스템 개발은 (주)디지털솔루션과 공동 개발을 진행하며, 센서 및 센서 모듈 개발은 안동대학 단독으로 추진한다. 최종연도 세부 과제 목표 항목별 추진 전략은 다음과 같다.

- (1) IT 트랩 전체 시스템 최적화 개발: 바이오센서를 포함하는 전체 신호 처리 시스템 최적화 개발은 디지털솔루션과 공동으로 진행하여, 상품화 모델을 개발한다.
- (2) IT 실용화 및 상품화를 위한 센서 모듈 개발: IT 트랩의 해충 감지 성능을 향상시키기 위하여 아날로그 형, 창살 형 및 디지털 형 해충 감지센서 모듈을 적용한 수평 형 트랩을 개발했다. 환경 모니터링을 위하여 온도, 습도 센서 모듈, 강우센서 모듈, 조도 측정을 위한 광센서 모듈 등을 개발하였다. 가급적 저가의 센서를 사용하여 시스템 전체의 단가를 낮추기 위하여 노력하였으며, 부피가 크고, 고가인 강우센서는 매우 얇은 필름형으로 직접 개발하였다.
- (3) 현 시스템에 이미지 센서를 이용한 해충 감지 시스템 추가 검토: IT 트랩의 해충 감지 능력을 향상시키고 현장의 상황을 이미지로 확인할 수 있도록 하기 위하여 이미지 센서를 이용한 해충 모니터링 시스템의 가능성 검토하였다. 기존의 이미지 센서를 이용한 해충 모니터링 시스템은 고가이기 때문에 현실적으로 농업 현장에 적용하기 힘들기 때문에 가급적 간단한 시스템을 구현하여 저가의 IT 트랩 개발 가능성을 검토한다. 이미지 센서를 사용하기 위해서는 트랩 구조 자체도 새롭게 디자인되어야 하는 등의 번거로움이 있으나 본 과제에서는 이미지 센서를 사용한 IT 트랩의 가능성만 검토하고, 트랩을 포함한 상품화는 차후에 (주)디지털솔루션, (주)그림아그로텍 등 관련 기업과 논의 후에 개발한다.
- (4) 강우센서 상품화 모델 개발: 3차년도에 새로운 형태의 강우센서를 개발한다. 환경 모니터링 시스템에 적용할 강우센서를 3차년 간 개발된 강우센서 중에서 선택한다. 필름 형 강우센서는 IT 트랩 용 뿐 아니라 다른 용도의 시스템에도 적용이 가능하고, 대량 생산이 가능하며, 무엇보다 단가가 낮아서 현재 상품화가 가능한 상태에 있다.
- (5) 온도, 습도, 강우 및 조도 측정을 위한 광센서를 포함하는 환경 모니터링 시스템 개발: IT 트랩 주변의 환경(온도, 습도, 강우 및 조도)을 모니터링 하기 위한 환경 모니터링 시스템을 개발했다. 온도, 습도 및 조도 센서는 상품화된 제품을 사용하고, 강우센서는 본 과제에서 개발된 정전용량 형(capacitive type) 강우센서를 사용한다. 본 환경 모니터링 시스템은 IT 트랩의 효과적인 구동을 위하여 적용하지만, IT 트랩과 공동 또는 단독으로 사용되어, 농업 활동을 위한 정보 제공을 위한 유비쿼터스 농업 시스템, 최근에 관심이 집중되고 있는 기후 변화를 측정하기 위한 기후 모니터링 시스템 등으로의 활용이 가능하다. 온도, 습도, 강우, 조도 센서 및 신호처리 회로가 포함되는 단층 PCB 보드를 제작한다.
- (6) 환경 모니터링 시스템 케이스 최적화 설계 및 제작: 본 과제에서 개발된 환경 모니터링 시스템에 최적화된 전용 케이스를 개발한다. 3차년도에는 케이스를 mock-up 형태로 개발하며, (주)그림아그로텍 등 관련 기업과 논의하여 제품 개발을 추진한다.
- (7) IT 트랩 본체와의 연동을 위한 PICONET 통신 시스템 구축: 환경 모니터링 시스템과 IT 트랩 본체와의 통신에 PICONET를 고려하였으나, 측정 신뢰도, 소비전력 등을 고려하여 유선 통신으로 변경하여 개발하였다. PICONET도 사용이 가능하여 무선 연결이

필요한 환경에서는 PICONET의 적용이 가능하다.

(8) 야외 적용 시험: 개발된 센서 모듈 및 환경 모니터링 시스템의 성능을 검토하기 위하여 실내 및 야외 실험을 실시하였다.

3. 결과

(1) IT 트랩용 해충 감지센서

(가) 아날로그 형 해충 감지센서

디지털 형 해충 감지 시스템은 신호 처리가 간편한 장점이 있으나 해충 이외의 외부 요인(강우, 습기, 먼지 등)에 영향이 비교적 큰 것이 단점이다. 이 문제점을 개선하기 위하여 아날로그 형 해충 감지센서를 개발했다. 아날로그 형 해충 감지센서도 기본적으로 발광 LED와 photodiode로 이루어진 디지털 형과 구성이 같지만 수광부인 photodiode를 디지털 형을 사용하지 않고, 아날로그 형 photodiode를 사용하여 아날로그 신호를 출력한다. 아날로그 형 해충 감지 센서의 장점은 강우나 먼지 등에 의하여 발광 LED나 photodiode가 오염될 경우에도 신호의 절대 값을 낮출 뿐 해충 카운터에는 영향을 주지 않는 것이다. 또한 감지를 목표로 하는 해충과 사이즈가 다른 해충이 감지 될 경우에는 신호의 패턴을 구분하여 필터링할 수 있다.

그림 1은 아날로그 출력형태를 취하는 센서 신호처리 회로이다. 발광부는 적외선 LED인 EL-1CL3를 사용하며, DC 5V레벨의 입력신호로 발광하게 된다. 수광부는 Photodiode인 ST-1CL3H를 사용한다. 아날로그 형 감지센서에서 해충 감지 유무를 판단하는 기준은 사과원 주요 해충 6종의 아날로그 파형 패턴을 마이크로프로세서에서 분석 후 카운트 하는 방식이다. 6종의 해충은 각 해충 용 페로몬을 사용하여 특정 IT 트랩으로 유인하는 방법으로 구분하고, 트랩 내부로 진입할 때 아날로그 해충 감지센서를 이용하여 카운트 한다.

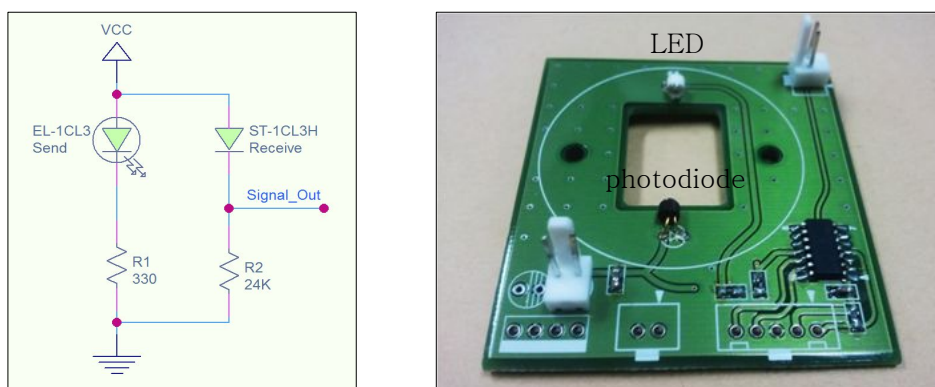


그림 1. 아날로그 형 해충 감지센서 신호처리 회로

6종 해충의 대표 아날로그 파형을 그림 2(a)에 나타내었다. 해충이 감지되지 않았을 때에는 약 4V의 offset 전압을 유지하다가, 해충이 감지되었을 경우 전압이 급격히 떨어지다가 올라가는 V형태의 곡선 파형을 나타낸다. 그림 2(b)는 6종보다 큰 종이 감지되었을 때의 파형이다. offset 전압이 떨어진 후 돌아올 때까지의 시간이 그림 2(a)의 파형과 비교해볼 때, 길어서 마이크로프로세서를 이용한 신호처리에서 구분이 가능하다. 이는 주요해충 6종 이외의 종이 감지되었을 때, 해충의 크기에 의해 구분될 수 있음을 나타낸다. 그림 2(c)는 태양광량 변화에 따른 offset의 변화 파형패턴을 나타낸 것이다. 전체 offset의 레벨이 천천히 변하는 것을 볼 수 있는데, 정상적인 해충 감지 파형과 비교해볼 때 파형 패턴의 차이가 많아 신호처리를 통하여 충분히 구분할 수 있다.



그림 2. 아날로그 형 해충 감지센서의 신호 파형

그림3에 마이크로컨트롤러를 이용하여 아날로그 신호패턴을 분석하는 알고리즘을 나타냈다. 시스템에 전원이 인가되면, ADC setup, Timer0 setup이 이루어진다. 처음으로 ADC값을 한번 읽어 초기 offset 전압으로 설정한다. 다음의 ADC 값부터는 Timer0 interrupt에서 ADC 값을 1ms마다 읽는다. offset 전압과 비교하여 읽은 ADC 값이 갑자기 많이 떨어지면 offset으로 전압 값이 복귀하기 전까지의 ADC 읽은 횟수가 1번 이상 이고, 30번 보다 적게 읽었으면 해충이 감지되었다고 판단한다. 판단기준으로써 그림 2(a)는 offset 전압보다 낮을 때의 시간이 10ms 내외였으나, 그림 2(b)는 offset 전압보다 낮을 때의 시간이 30ms 이상으로 길었다. 그림 2(c)와 같은 경우는 태양광량 변화에 의한 offset 전압이 미약하게 변하는 것을 알 수 있다. 이러한 태양광량의 영향이 초기 offset 값과 다르게 변화하는 요인으로 작용하므로, ADC 값을 10번 샘플링하고 평균을 내어 offset 값을 재설정함으로써 외부 환경 요인에 영향을 받지 않도록 하였다.

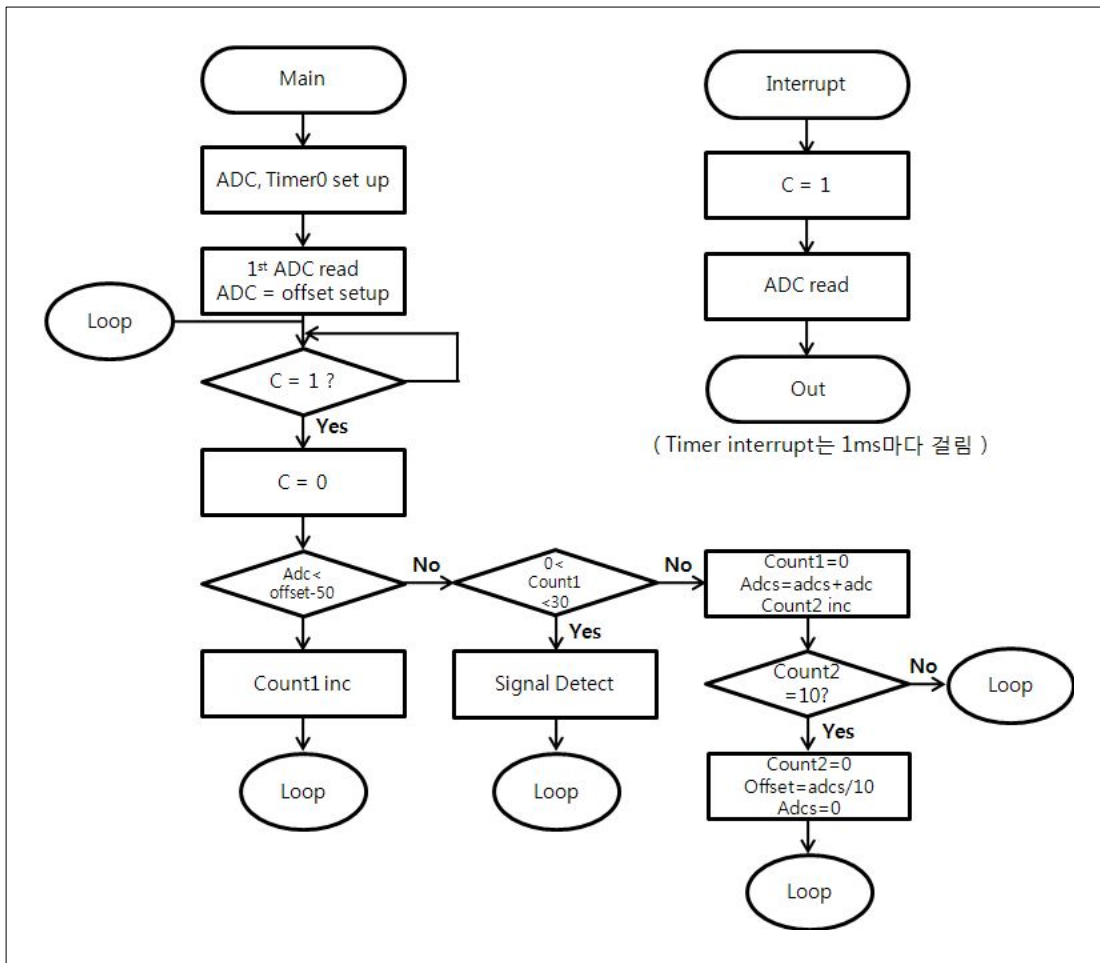


그림 3. 아날로그 신호처리 알고리즘

(나) 디지털 형 해충 감지센서

디지털 형 해충 감지센서의 경우 1, 2차년도 연구에서 개발되어 현재 상품화된 IT 트랩에 장착되어 있다. 본 연구에서는 디지털 형 해충 감지센서를 수평 형 트랩에 설치하여 그 특성을 검토하였다. 그림 4에 디지털 형 해충 감지센서가 장착된 수평 형 트랩의 사진을 나타냈다.



그림 4. 수평 형 IT 페로몬 트랩

수평 형 IT 트랩의 경우 해충 트랩으로는 우수한 특성을 나타냈다. 해충 감지센서를 수평으로 설치해야 하기 때문에 해충이 센서를 통과할 때의 속도가 일정하지 않는 문제점이 있을 수 있다. 디지털 형 해충 감지센서는 해충이 통과하는 시간을 설정하여 해충을 카운트하기 때문에 해충이 지나가는 시간이 길어질 때에는 여러 마리의 해충이 지나간 것과 같이 인식되는 문제점이 있음을 알 수 있었다. 이러한 문제점을 해소하기 위하여 실험을 반복하여 적절한 통과 시간을 설정하는 방법으로 다소 개선할 수 있었다.

(다) 아날로그 및 디지털 형 해충 감지센서의 평가

아날로그 형 해충 감지센서 및 수평 형 트랩에 장착된 디지털 형 해충 감지센서의 평가를 실시했다. 해충의 감지 감도 및 신호처리 시스템의 동작 상태 등을 체크하기 위하여 실내에 IT 트랩을 설치하여 그 성능을 평가했다.



그림 5. 아날로그 해충 감지센서가 장착된 수직 형 트랩과 디지털 형 해충 감지센서가 장착된 수평 트랩의 실내 실험 광경

그림5에 수직 형 트랩(아날로그 센서)과 수평 형 트랩(디지털 센서)의 실내 평가 사진을 나타냈다. 위의 실험에서 트랩에 포획된 나방은 수직 형 트랩에 1마리가 들어온 것이 전부였다. 따라서 더욱 효과적인 방법으로 IT 트랩의 성능을 평가하기 위하여 아크릴로 케이지를 제작하고, 케이지 내부에 수직 형 트랩(아날로그 형 센서)와 수평 형 트랩(디지털 형 센서)를 장착하여 IT 트랩의 성능의 평가를 실시하였다.

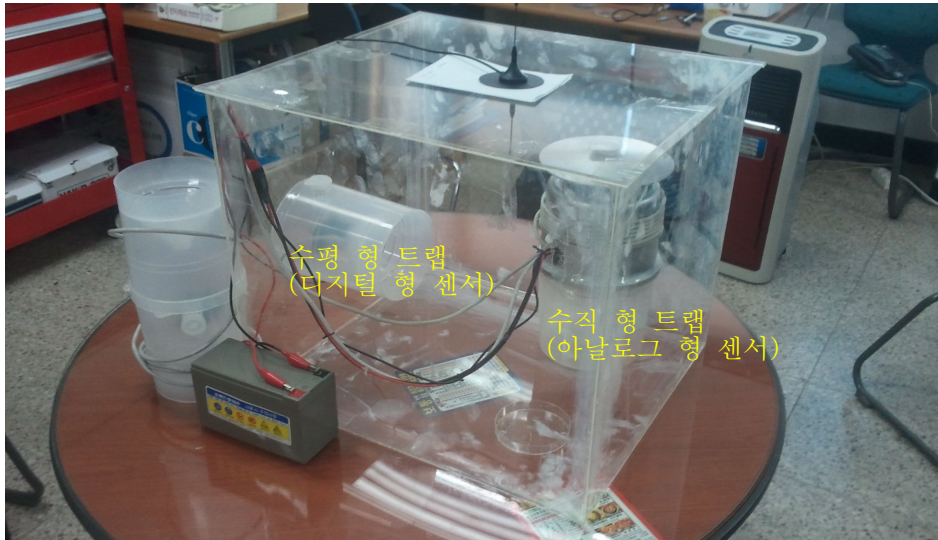


그림 6. 케이지를 이용한 트랩 성능 평가 실험

그림 6에 아크릴 케이지 내부에 수평 형(디지털 형 센서)와 수직 형 트랩(아날로그 형 센서)을 장착한 실내 실험 셋업의 사진을 나타냈다. 아크릴 케이지 내부에 약 30마리의 나방을 방사하여 실험을 진행하였다.

표 1. 케이지를 이용한 트랩의 성능 평가 결과

일 차	수평 형 트랩(디지털 형 센서)		수직 형 트랩(아날로그 형 센서)	
	포획	센싱	포획	센싱
1 일차	1	1	5	3
2 일차	1	0	3	2
3 일차	2	2	2	2
합 계	4	3	10	8

표1 에 나타난 것과 같이 실내 실험 과정에서 디지털 형 해충 감지센서의 경우 약 75%의 센싱 신뢰도를 나타내었으며, 아날로그 형 해충 감지센서의 경우 약 80%의 센싱 신뢰도를 나타내었다. 케이지를 이용한 실험에서는 30마리 정도의 한정된 개체(해충)를 이용하여 실험을 실시했기 때문에

센싱 신뢰도를 정확하게 파악하기는 힘든 상황이다. 측정 개체 수를 획기적으로 증가시킨다면 센싱 신뢰도는 더욱 높아질 것으로 판단된다. 표 1의 평가 결과에서 아날로그 형이 조금 더 신뢰도가 높은 것으로 파악되었으나, 아날로그 형 센서가 장착된 트랩이 수직 형으로 수평 형 트랩 보다 해충의 포획 능력이 좋은 것으로 났기 때문에 개체 수가 충분한 현장에서의 다수의 실험을 통하여 평가할 필요가 있을 것으로 판단된다.

(라) 창살형(Touch-tone) IT 페로몬트랩 센서

IT 페로몬 트랩의 보다 안정적인 해충 감지를 위하여 본 연구에서는 창살 형 해충 감지센서를 개발하였다. 창살 형 해충 감지센서는 약 300V 정도의 직류 전압과 접지가 창살 형으로 제작된 전극에 교대로 인가된 구조로, 창살 내부에 페로몬을 두어서 해충을 유인할 수 있게 했다. 해충이 페로몬에 유인되어 두 전극 사이를 통과할 때 전극 사이에 단락이 발생하게 되고, 그 때 발생하는 스파이크 전압을 카운트하는 방법으로 해충의 카운트가 가능하다.

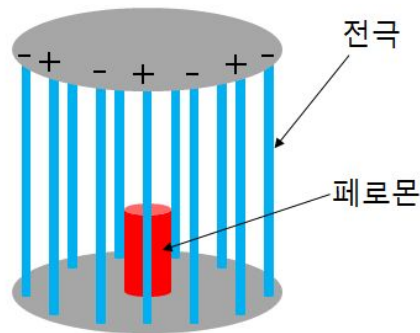


그림 7. 창살 형 해충 감지센서의 구조

창살형 해충 감지센서의 경우 전극 사이의 단락에 의해서 해충을 감지하기 때문에 주위의 영향을 최소화할 수 있을 뿐 아니라 해충 감지 시에 발생하는 전압 신호도 비교적 크기 때문에 해충 감지 신뢰도를 향상시킬 수 있을 것으로 판단된다.

그림 8은 창살 형 해충 감지센서의 신호처리 회로이다. 창살 형 센서는 설계된 승압회로를 통하여 높은 전압으로 승압하여 이를 창살 형 전극에 교대로 연결하여, 해충이 두 전극에 접촉하는 순간 전압이 감압하는 동안의 신호를 마이크로프로세서에 전달하게 된다. 이 신호를 분석하여 해충의 감지유무를 판단하게 된다. 승압회로는 DC 5V레벨의 입력신호를 받아 IPT를 통해 발진이 이루어지고 각 단에 있는 다이오드와 세라믹콘덴서의 배 전압회로를 통하여 승압이 이루어지게 된다. 마지막 단의 마일라 콘덴서에 충전이 이루어지고, 해충이 감지되는 순간의 전압을 분배하여 마이크로프로세서로 전달되게 된다. 이때 마이크로프로세서로 들어오는 전압의 레벨에 따라서 해충의 유무를 판단할 수 있다.

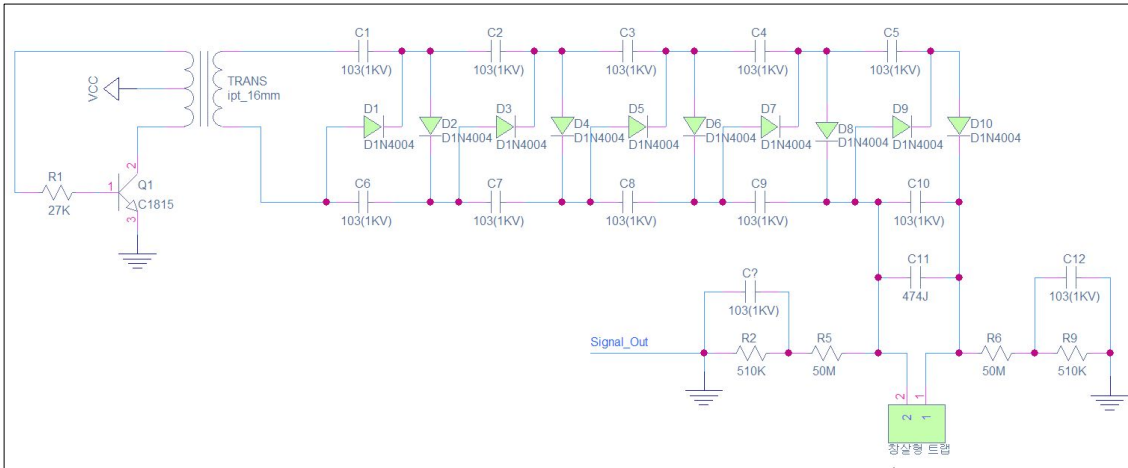


그림 8. 창살 형 해충 감지센서 신호처리 회로

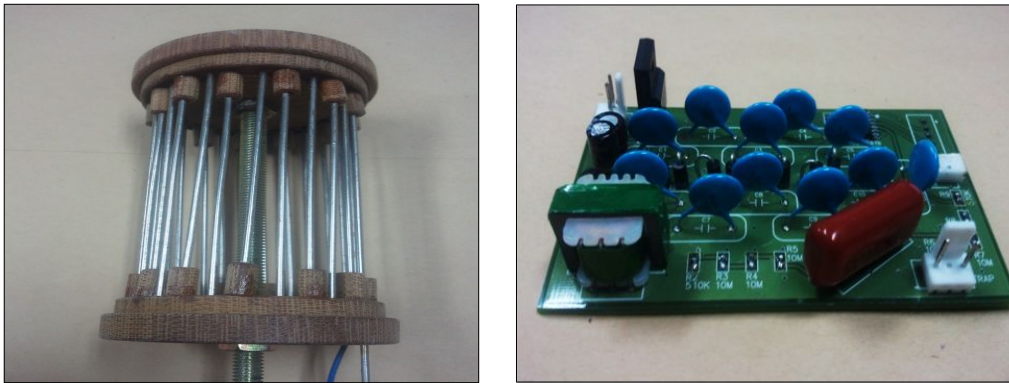


그림 9. 창살 형 해충감지센서와 신호처리 회로

그림 9에 창살 형 해충 감지 센서와 신호처리요 보드의 사진을 나타냈다. 해충이 감지되는 순간의 파형을 그림10에 나타내었다. 노란색의 파형(5V)은 해충이 감지되었을 때 메인보드로 송신하는 신호이며, 연두색의 파형(5.3V)은 승압회로의 마일라 콘덴서에서 전압 분배되어진 신호이다. 해충이 감지되지 않을 경우에는 그림 10(a)에 나타난 것과 같이 두 파형 모두 일정하게 유지된다. 해충이 감지되었을 경우에는 그림 10(b)에 마일라 콘덴서에서 일정 전압 이상이 감압하게 되고 노란색파형은 마이크로프로세서로 Low신호를 송신하게 된다. 이때 해충의 유무는 감압하는 신호의 전압 레벨에 따라서 해충의 종류를 파악할 수 있게 된다. 그림 10(b)의 경우는 2V이하로 감압될 경우 Low신호를 보내는 것을 알 수 있다. 해충 감지 판단 기준 전압을 2V로 설정한 이유는 다양한 외부환경적인 문제가 감지 신호에 영향을 줄 수 있어서, 현장 실험을 반복하여 설정된 값이다. 그림 10(c)의 경우에는 해충이 아닌 다른 이물질이 창살에 접촉하였을 때의 모습을 보여준다. 이때는 마이크로프로세서에서 해충이 아닌 것으로 판단하여 메인보드로 신호를 보내지 않음을 알 수 있다. 두 전극 사이에 해충이 단락될 때의 전압 신호를 감지하는 방법을 사용하기 때문에 단락되는 물질의 전기 저항 특성에 따라서 출력하는 전압 값이 달라져 해충과 이물질을 구분이 가능하다.

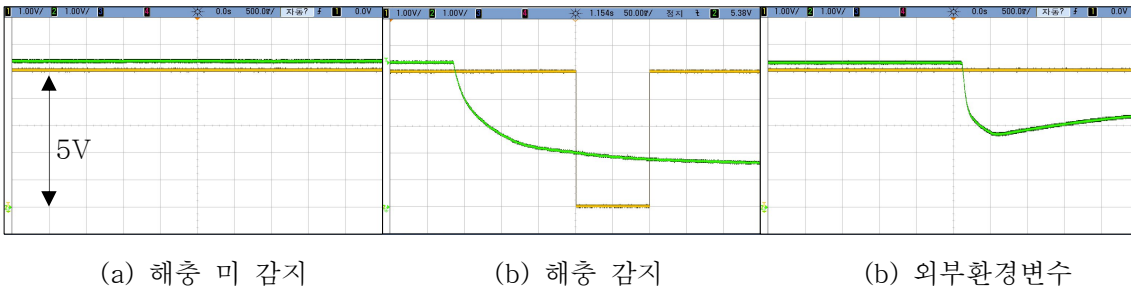


그림 10. 창살형 신호처리 과정

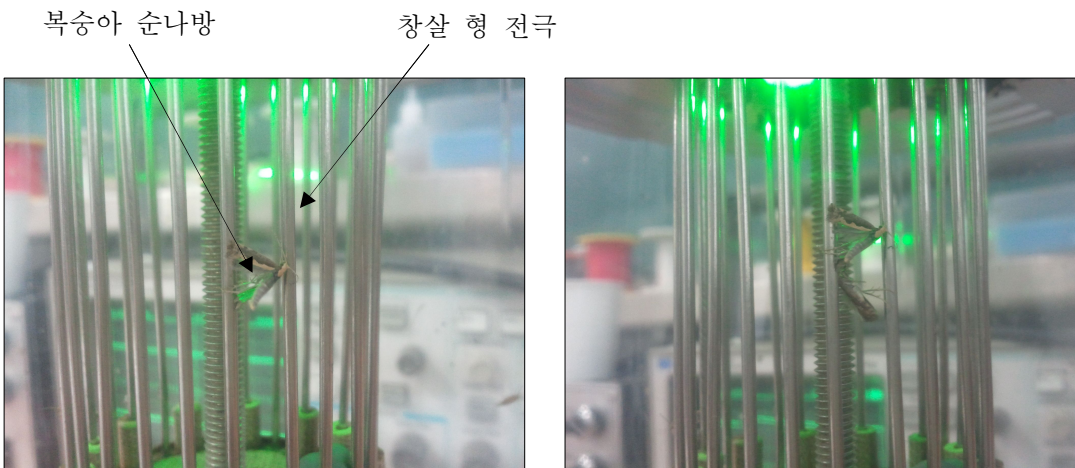


그림 11. 창살형 트랩 실내 테스트

창살형 센서의 설계에 있어서 신중한 검토가 필요한 부분은 전극에 인가되는 전압의 결정으로 이 전압이 너무 높을 경우에는 해충이 전극에 단락되면서 두 전극 사이에 붙어 버리는 문제가 발생할 수 있다. 그림 11에 실제로 실내테스트를 진행하면서 해충이 트랩의 전극에 붙은 모습을 나타냈다. 해충이 트랩에 붙게 된다면 전압이 해충에 전달되어 전체저항이 높아지게 되고 해충의 유무를 파악하는데 있어서 마이크로프로세서에서 오류를 범할 수 있다. 그림 11의 경우의 순간 전압 약 500V이상이었으며, 이 경우 해충의 날개부분, 다리부분, 더듬이 부분 등 약한 부분이 트랩의 창살형 전극에 붙는 현상을 나타냈다.

표 2. 창살형 해충 감지센서의 전압 테스트 결과

순간전압	포획된 나방의 수	비교	
		기절	붙음
100V	0	0	0
200V	1	1	0
300V	5	5	0
400V	5	2	3
500V	6	2	4
600V	7	1	6

표2에 나타난 것과 같이 200V이하의 낮은 전압을 인가하게 되면 해충의 감지가 불가능하였다. 또한 전극에 400V 이상의 전압을 인가하게 되면 해충이 트랩에 붙게 되는 현상이 발생되었고, 600V이상의 전압을 가하게 되면 전력소모가 높아져서 실제 현장에서 구동하는데 전력 문제가 발생할 수 있다. 따라서 약 300V의 전압을 인가하여 복숭아순나방이 기절하는 정도로 유도하였다.



그림 12. 창살형 트랩 현장 테스트

그림 12는 현장 실험에서 수집된 복숭아 순나방의 모습이다. 약 300V의 전압을 인가한 창살형 해충 감지센서를 이용하여 복숭아 순나방을 수집한 결과 일주일동안 약 30마리정도가 포획이 되었다. 또한 300V 인가전압에서는 해충이 창살에 붙는 현상은 상당히 개선되었다.

(마) 이미지 센서를 이용한 해충 모니터링 시스템 검토

이미지 센서를 이용한 해충 모니터링 시스템을 검토한다. 기본적으로 광센서를 이용한 해충 모니터링 시스템(아날로그형, 디지털형, 창살형) 등은 시스템이 간단할 뿐 아니라 단가가 매우 낮다는 장점을 가지고 있다. IT 페로몬 트랩의 응용분야 및 필요수량 등을 고려할 때 시스템의 가격은 매우 중요한 의미를 가지고 있다. 하지만 현장의 상황을 이미지로 확인할 수 없다는 것은 단점으로 생각된다. 이미지 센서를 이용하여 획득한 영상을 영상의 패턴 인식 기법으로 신호 처리하여 해충을 모니터링 한다면 상당히 정확한 카운트가 가능할 뿐 아니라 온라인으로 통하여 현장의 상황을 이미지로 확인할 수 있다. 이미지 센서를 이용한 해충 모니터링 시스템을 간소화시키기 위해서는 현장에서 획득한 영상을 현장에서 신호 처리하여 그 결과 값을 서버에 전송할 수 있는 시스템의 개발이 필요하나, 현재의 마이크로프로세스의 능력으로는 불가능하다는 것을 여러 실험을 통하여 확인하였다. 따라서 이미지 센서에서 획득된 이미지를 서버로 전송하여, 서버에서 패턴 인식 기법을 통하여 해충을 카운트하는 것이 최선의 방법으로 검토되었다. 본 시스템을 개발하기 위하여 정보의 양을 최소화하면서 패턴 인식이 가능한 알고리즘 개발이 우선되어야 한다. 본 연구에서는 획득된 영상을 그레이스케일 영상 이진화 방법을 사용하여 해충을 카운트하는 알고리즘을 개발하였다. 그림 13에 영상 획득에서부터 해충 카운트까지의 프로세스를 나타냈다.

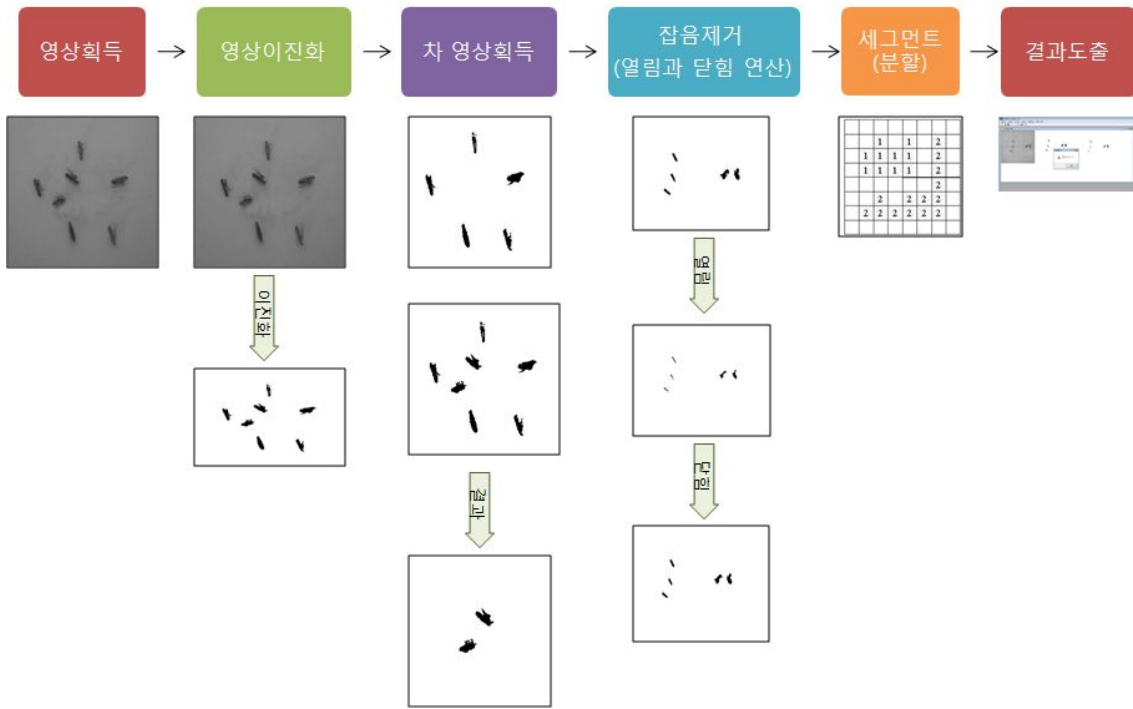


그림 13. 이미지 센서를 이용한 해충 모니터링 알고리즘

그림 12에서 이미지 센서로부터 영상을 획득하면, 이진화 기법으로 영상 픽셀 값을 0 또는 255로 만드는 연산을 통하여 픽셀의 속성을 배경(background)과 객체(object)의 두 개의 그룹으로 나누는 작업을 한다. 정보의 양을 최소화하기 위하여 그레이스케일의 영상을 획득하여 이진화했다. 그레이스케일 이진화 결과를 그림 13에 나타냈다.

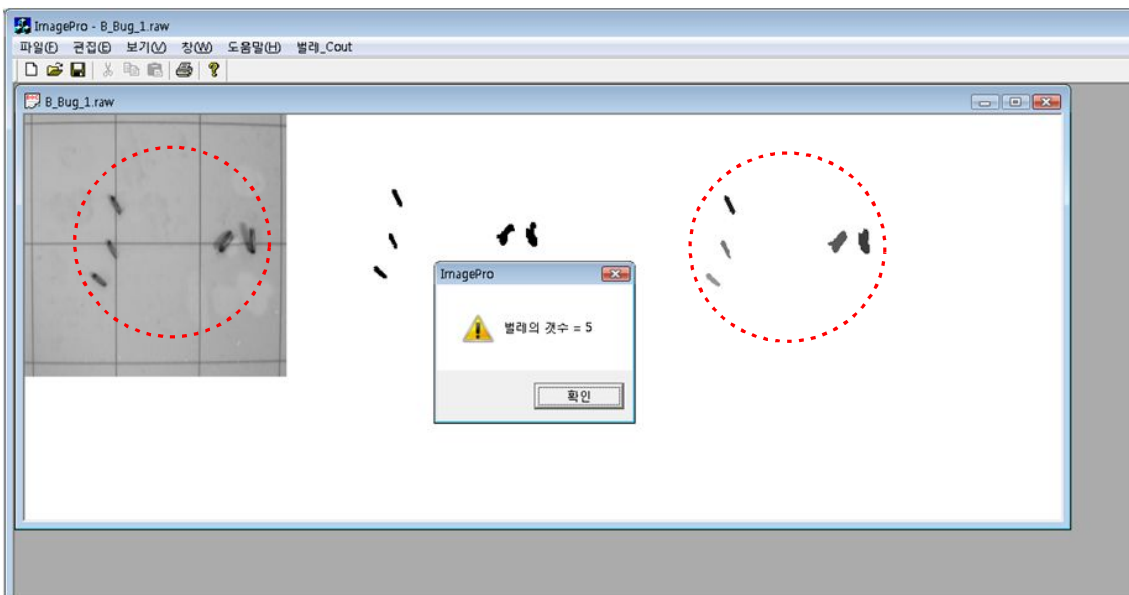


그림 14. 패턴 인식 기법을 이용한 해충 카운트 결과 화면

해충을 카운트하기 위하여 이 전의 영상과 현재 획득한 영상과의 차이를 구한다. 이 때 이 전에 카운트한 영상에서 변화된 영상을 도출함으로써 추가된 해충의 개체 수를 카운트할 수 있다. 차 연산 결과를 그림 13에 나타냈다. 획득된 영상에서 잡음을 제거하기 위하여 열림 연산과 닫힘 연산을 실시한다(그림 13 참조). 세그먼트는, 레이블링(labeling) 기법을 이용하여 이미지에서 곤충이 있는 부분과 배경 부분으로 분해하여 곤충의 수를 계산할 수 있는 방법이다(그림 13 참조).

마지막으로 결과 화면에서 해충의 카운트 결과를 확인할 수 있다. 그림 14에 결과 화면을 나타냈다. 결과 화면에는 해충의 카운트 결과, 패턴 인식 결과 및 현장 영상 등을 서버를 통한 온라인 상에서 확인할 수 있도록 했다.

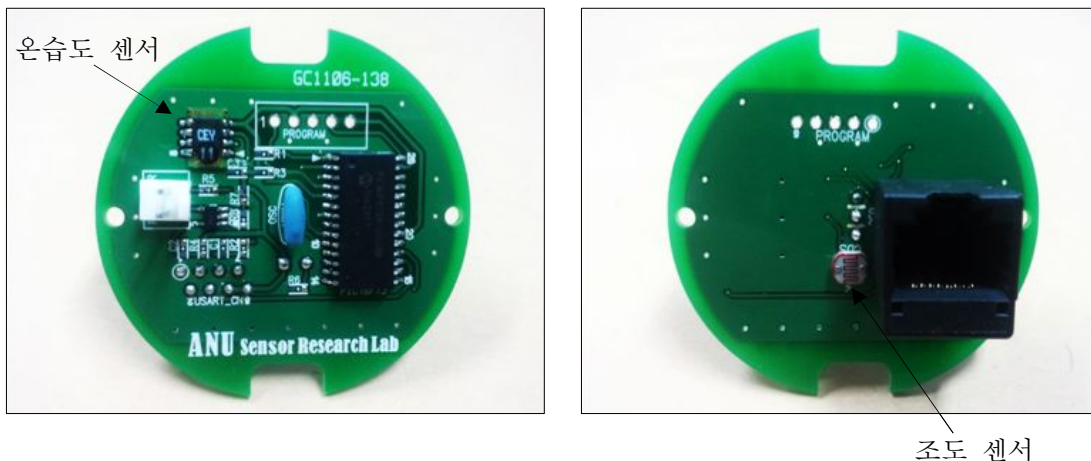
본 연구에서 개발한 알고리즘을 이용하여 해충을 카운트 한다면 비교적 신뢰도가 높은 모니터링이 가능할 것으로 판단된다. 무엇보다도 현장의 영상을 직접 확인할 수 있어서 혹시 해충 카운트 알고리즘의 오동작이 발생할 경우에도 온라인상에서 이를 확인할 수 있는 것이 장점이다. 본 알고리즘을 실현하기 위한 간편한 하드웨어가 개발된다면, 해충의 원격모니터링 시스템의 신뢰도를 한층 높일 수 있을 것으로 판단된다.

(2) IT 트랩용 환경 모니터링 시스템

IT 페로몬 트랩의 모니터링 결과의 신뢰도를 높이기 위해서 주위 환경 모니터링은 매우 중요할 것으로 판단된다. IT 트랩이 설치된 환경의 온도, 습도, 조도 및 강우 상태를 알 수 있다면 해충의 생태 연구 및 해충 발생 예측 등이 가능할 것으로 생각되며, 환경 모니터링 결과를 유비쿼터스(ubiquitous) 농업 시스템 등 농업 활동에 적용이 가능하며, IT 트랩의 광범위한 지역에 장착된다면 농업 기후 및 기후 변화 모니터링 등 폭 넓은 응용이 가능할 것으로 판단된다.

(가) 환경 모니터링 시스템 보드 개발

본 연구에서는 온도, 습도, 조도 및 강우센서를 포함하는 환경모니터링 용 시스템을 개발한다. 그림 15에 개발된 시스템 보드의 사진 및 회로도를 나타냈다.



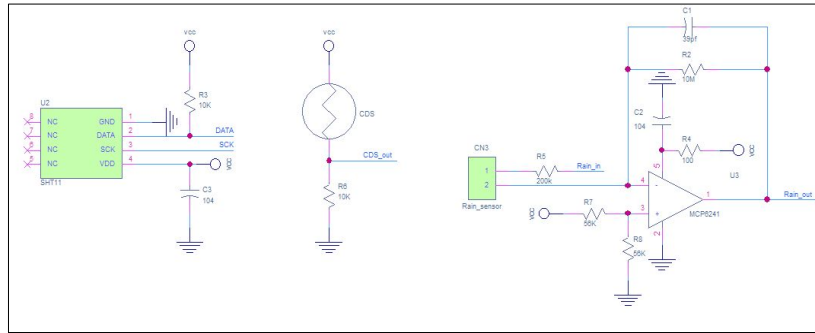


그림 15. 환경모니터링 센서 신호처리 회로(온습도, 조도, 강우)

그림 15에서 환경모니터링 시스템의 회로도틀 나타냈다. 환경모니터링 시스템에는 온도, 습도, 조도 및 강우센서가 장착되었다. 환경 모니터링 시스템은 IT-성페로몬 트랩에 설치되어 주위의 농업 환경을 모니터링 하며, IT-성페로몬 트랩의 모니터링 결과 분석을 보조하는 목적으로 사용된다.

환경 모니터링 모듈에 사용된 온도센서와 습도센서는 상용화된 제품을 사용하였고, 강우센서는 정전용량식(capacitive type) 센서로써, 본 연구에서 직접 개발하였다. 그림 16에 강우센서의 원리를 나타냈다. 본 강우센서에서 정전용량은 두 전극간의 거리에 반비례하고, 두 전극의 표면적과 비유전율에 비례한다. 본 강우센서는 비유전율을 측정 파라미터로 사용하는 센서 형태이며, 물과 공기의 비유전율의 차이가 80배 정도로 이론적으로 강우 시의 정전용량이 맑은 날씨의 정전용량보다 80배 커지는 원리를 이용하였다.

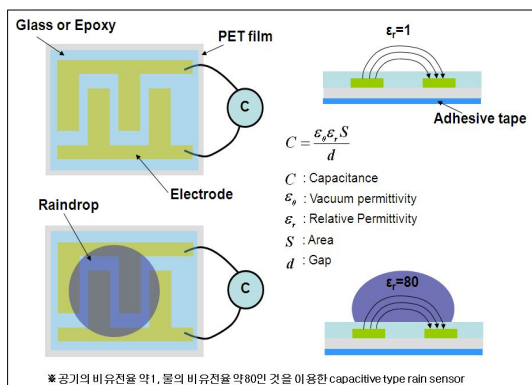


그림 16. 레인센서 이론

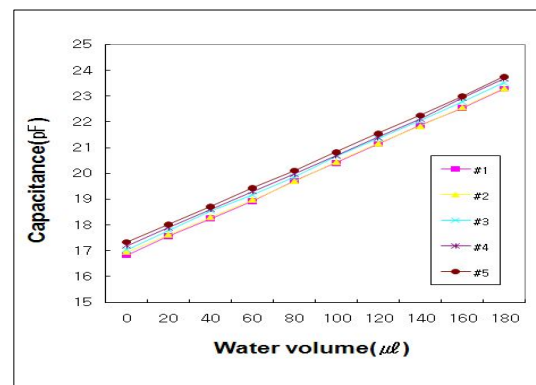


그림 17. 레인센서의 선형성과 재현성

다양한 형태의 강우 센서를 제작하였지만 그 중에 대표적인 강우센서의 특성을 그림 16에 나타냈다. 레인센서의 물의 양에 의한 캐패시터의 용량 변화가 매우 선형적이며, 재현성 또한 우수한 것으로 나타났다. 이 결과에서는 10uL당 약1pF의 분해능을 가지고 있다. 그림 18에 새로운 형태의 강우센서 및 그 측정 결과를 나타냈다.

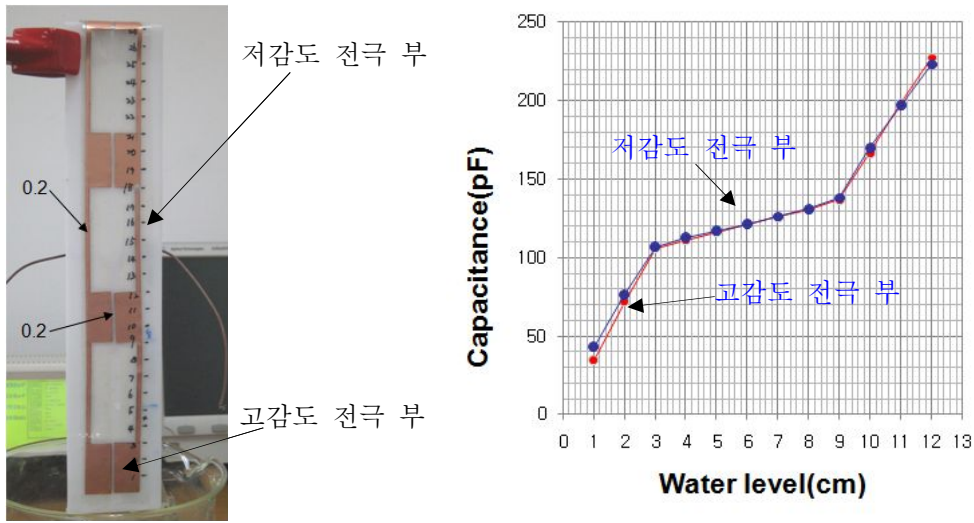


그림 18. 정전용량 형 강우센서

이 강우센서는 면적 및 간격이 다른 전극을 그림과 같이 나열하는 방식으로 제작한다. 그림에서와 같이 전극의 면적이 넓고, 간격이 좁은(고감도 전극 부)에서는 측정 결과에서 보는 것과 같이 감도가 높고, 전극 간 간격이 넓고 면적이 좁은(저감도 전극 부)에서는 감도가 낮아지는 특성을 나타낸다. 본 강우 센서는 환경 모니터링 시스템 등에 장착하여 어느 정도 위치의 전극까지 강우의 영향을 받는가를 모니터링 할 수 있다. 이 강우센서의 특징은 강우에 혼합되어 있는 성분에 따라 유전율이 다른 경우에도 정확하게 측정이 가능하다는 것이다. 그림 19에 제작된 강우센서의 사진을 나타냈다.

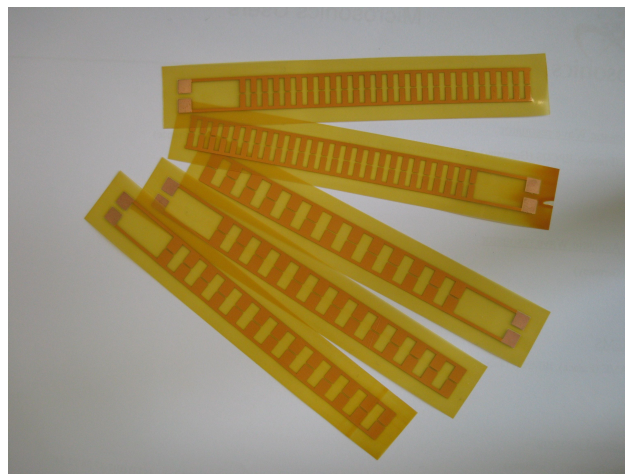


그림 19. 제작된 강우센서 사진

본 강우센서는 폴리이미드 재질의 필름 사이에 구리 재질의 전극을 삽입하여 제작하였다. 본 강우센서는 두께가 매우 얇고, 유연성이 우수하여 양면테이프 또는 접착제를 사용하여 간단하

게 접촉이 가능할 뿐 아니라 평면이 아닌 곡면 구조물에도 접촉이 가능한 것이 특징이다. 본 연구 기간 동안 총 5종류 이상의 강우센서를 개발하였다. 그 중에 한 종류를 본 환경모니터링 시스템에 적용한다. 그 외의 개발된 강우 센서도 IT 트랩 이외의 응용 분야에도 적용이 기대된다.

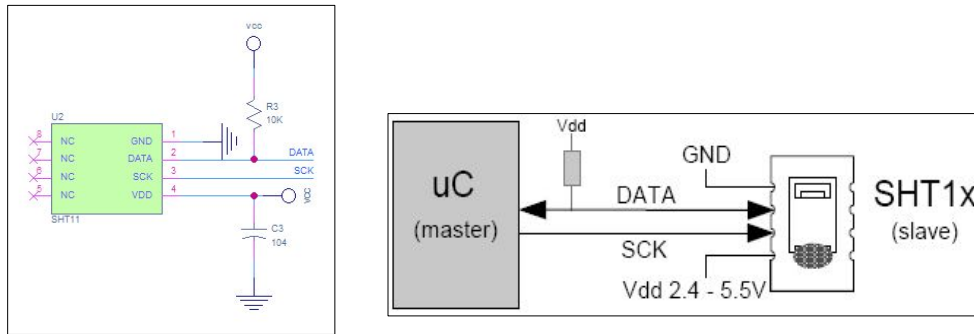


그림 20. 온습도센서의 신호처리 회로도

그림 20은 온습도센서 신호처리 회로를 나타내었다. SHT11 모델의 데이터 출력방식은 I2C통신 방식과 흡사하다. 마이크로컨트롤러가 마스터가 되고, SHT11가 슬레이브가 되어 풀업 저항이 연결된 직렬 데이터(SDA)와 직렬 클럭(SCL)이라는 두 개의 양방향 오픈 컬렉터 라인을 사용하는 반이중 통신 방식이다.

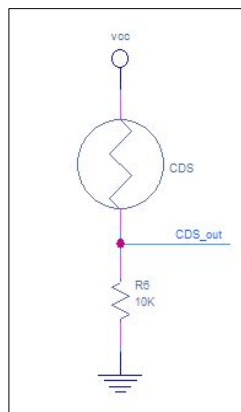


그림 21. 조도센서의 신호처리 회로도

그림 21은 조도 센서의 신호처리 회로를 나타내었다. 센서는 상용화된 CDS Cell을 사용하였고 일반적으로 낮과 밤 그리고 새벽, 저녁 이렇게 3단계로 구분하여 조도를 측정하게 된다.

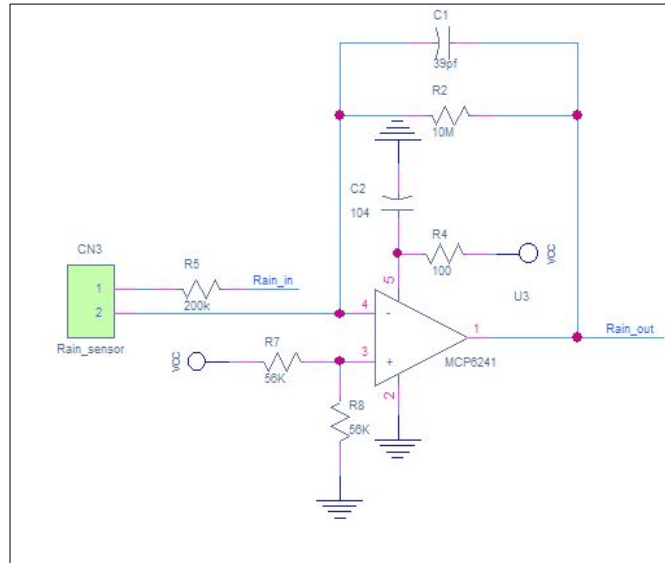


그림 22. 강우센서의 신호처리 회로도

강우센서는 강우 유무를 판단하여, IT-페로몬 트랩 시스템을 보호하는 목적 이외에 농업 활동용 자료로 사용된다. 그림 22에 강우센서의 신호처리회로를 나타냈다. 강우센서의 신호처리를 위해 Op-amp는 Band Width가 넓고, 출력 전압이 높은 Rail to Rail Op-amp인 Max9915 소자를 선택하였으며, 이를 사용하여 전하증폭기를 구성하였다. 전하증폭기는 미분기와 적분기를 조합한 회로로써, $(\text{Sensor capacitance} \times d/dt) \times (1/C_s(\text{reference capacitance}) \times dt)$ 로 이득 값은 $\text{Sensor capacitance}/C_s(\text{reference capacitance})$ 가 된다. C_s 를 강우센서 표면에 물이 100%일 때의 캐패시터 용량값을 C_s 값으로 고정시키고 센서 입력신호를 5kHz 구형파 신호를 주면, 물이 가득할 때는 Op-amp 출력신호가 5kHz 구형파 신호 그대로 출력되며, 물이 없을 때는 $\text{Sensor capacitance}/C_s$ 의 이득 비에 의하여 Op-amp 출력신호가 감소되어 나타난다. Op-amp + 단자에 구동전원 5V의 1/2인 2.5V를 걸어 Offset 전압을 뛰어서 Op-amp 출력신호를 2.5V에서 스윙하도록 하였다. 마이크로프로세서에서는 Op-amp의 출력신호인 구형파의 폭을 A/D 컨버전하고, 연산 후 강우 유무를 판단하게 된다.

(나) 환경 모니터링 시스템 케이스

신뢰도가 높은 환경 모니터링을 위하여 제작된 환경 모니터링 보드를 보호할 수 있는 케이스가 필요하다. IT 페로몬 트랩이 설치되는 과수원과 같은 장소의 경우 낮에는 온도가 매우 높거나(여름) 낮고(겨울), 습도는 매우 높다. 따라서 이런 환경에 센서를 직접 노출시키면 정확한 환경 모니터링 힘들 것으로 생각된다. 본 연구에서는 환경 모니터링 용 케이스를 제작하여 외부의 극한 환경으로부터 센서를 보호할 수 있도록 한다. 그림 23에 환경 모니터링 용 보드용 케이스의 사진을 나타냈다.

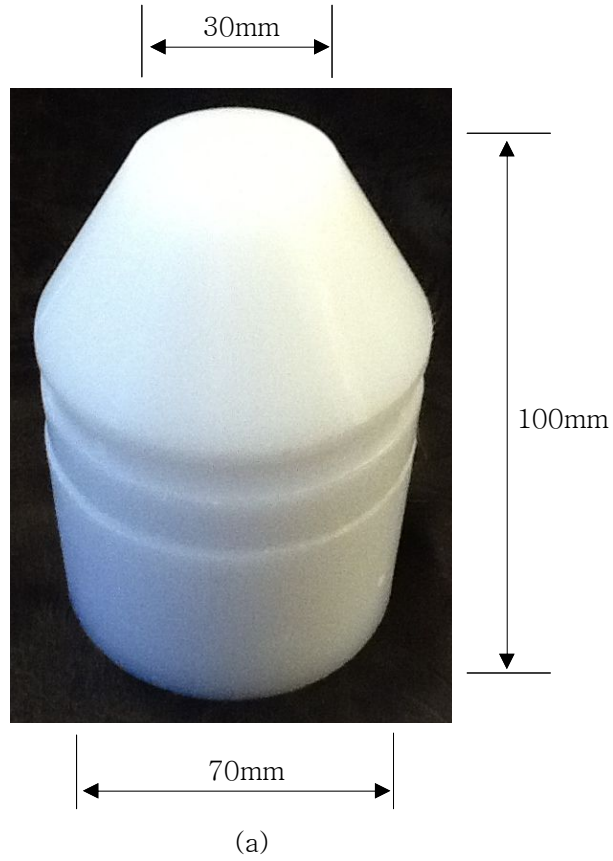


그림 23. 환경 모니터링 시스템 케이스

그림 23 (a)에 환경 모니터링 시스템 케이스 전체를 나타냈다. 케이스의 사이즈는 높이 100mm, 외경 70mm이며, 상부 캡(cap)(그림 23 (b))과 하부에 구멍이 형성되어 있는 원통(그림 23 (c)), 두 개의 부분으로 구성되어 있다. 하부 원통 내부에 그림 23 (d)와 같이 환경 모니터링 용 보드를 장착하고, 상부 캡을 덮어서 완성한다. 환경 모니터링 시스템 용 케이스는 PE(poly ethylene)를 사용하여 제작하였다.

4. 성과

3차년도 연구 기간 동안 얻어진 성과물을 다음에 나열한다. 강우센서의 경우 상품화가 가능한 상태의 성과이며, 센서 모듈, 환경 모니터링 시스템 등은 상품화하기 위해서는 다소의 추가 개발이 필요한 상태이다. 환경 모니터링 시스템과 IT 트랩과의 통신 방식을 PICONET(무선) 방식에서 유선 방식으로 변경하여 개발하였다. 환경 모니터링 시스템의 측정 신뢰도 및 소비전력 문제 향상을 위하여 변경되었다.

(1) IT 트랩 전체 시스템 최적화 개발:

- a. (주)디지털솔루션이 주도한 IT 트랩 시스템 개발을 지원하여 상품화 모델을 개발했다.

(2) IT 실용화 및 상품화를 위한 센서 모듈 개발:

- a. 아날로그 형 해충 감지센서 모듈 개발
- b. 창살 형 해충 감지센서 모듈 개발
- c. 디지털 형 해충 감지센서 모듈을 적용한 수평 형 트랩 개발
- d. 환경 모니터링 시스템 개발을 위하여 온도, 습도센서 모듈, 강우센서 모듈, 조도 측정을 위한 광센서 모듈 개발

(3) 현 시스템에 이미지 센서를 이용한 해충 감지 시스템 추가 검토:

- a. 그레이스케일 영상 이진화 방법을 이용한 해충 카운트 알고리즘 개발

(4) 강우센서 상품화 모델 개발:

- a. 강우 유무 감지의 신뢰도를 높이기 위하여 길이가 긴 폴리이미드 필름 강우센서 개발.
- b. 3차년도 간 개발된 강우센서의, 대량 생산을 고려한 강우센서 제작 공정, 재료 수급 방법, 단가 등 검토, 현재 상품화 가능 상태.

(5) 온도, 습도, 강우 및 조도 측정을 위한 광센서를 포함하는 환경 모니터링 시스템 개발:

- a. 온도, 습도, 강우 및 조도 모니터링이 가능한 PCB 보드 개발

(6) 환경 모니터링 시스템 케이스 최적화 설계 및 제작:

- a. 본 과제에서 개발된 환경 모니터링 시스템에 적합한 전용 케이스 개발(mock-up)

(7) IT 트랩 본체와의 연동을 위한 PICONET 통신 시스템 구축:

- a. 환경 모니터링 시스템의 측정 신뢰도, 소비전력 등을 고려하여 유선 통신 방법으로 변경하여 개발

제 6 절 IT 페로몬 트랩 통신 기술 개발

IT 페로몬 트랩은, 농업 현장에서 해충 발생 정도를 모니터링하기 위하여 현장에 설치된 페로몬 해충 트랩에 포획된 해충을 파악하기 위하여, 기존에는 모니터링 요원이 직접 현장을 방문하는 불편함과 경제적인 효과를 고려하여 트랩에 IT 기능을 포함시켜서 현장을 직접 방문하지 않고 온라인상에서 원격모니터링이 가능한 시스템이다. 해충에 대한 실시간 원격 모니터링이 가능하게 되어, 해충의 개체 수 뿐 아니라 해충의 주 활동 시간대 등을 확인할 수 있다. 또한 트랩이 설치된 장소의 온도, 날씨 등 환경적 요인을 함께 모니터링 할 수 있기 때문에 해충 개체 수와 환경 요인들과의 상관관계 연구에 효과적이고, 개발한 IT 페로몬 트랩을 이용하여 현장 테스트를 한 결과 정확하고, 효과적으로 해충의 개체 수를 모니터링 할 수 있다.

본 과제에서는 IT 페로몬 트랩의 상용화를 목적으로 정확한 해충, 나방들의 데이터를 수집하기 위해, 기존의 통합 보드에서 센서 모듈을 분리하여 메인보드의 내구성과 센서의 정확성을 향상하였다. 또한 메인보드의 형상을 원형에서 사각형으로 변경하고 장착 위치도 함체로 통합함으로써 환경 요소의 영향을 줄이고 제작 및 유지 보수도 편리하게 하였다.

IT 페로몬 트랩이 설치된 사이트의 확대, 누적 및 신규 데이터의 증가, 그리고 데이터의 활용 확대에 대응하기 위하여 웹의 인터페이스를 개선하여 사용의 편리성과 데이터 접근성을 향상시키고 사용자의 필요에 맞게 다양한 정보를 표출하도록 하였다. 향후 많은 데이터의 저장 및 처리가 필요하므로 데이터베이스도 확장하였다.

1. IT 페로몬 트랩 상품화를 위한 웹페이지 UI 개선

(1) 웹페이지 UI 개선

기존의 IT 페로몬 트랩 웹페이지는 관리자 또는 전문가 수준의 사용자를 대상으로 제작하였다. 또한 웹페이지를 통해 볼 수 있는 정보가 한정되어 있어서 개선의 필요성이 제기되었다. 따라서 본 과제 수행 기간 동안 IT 페로몬 트랩의 상용화 및 그에 따른 일반 사용자(주로 농민)의 이용 편의를 고려하여 알기 쉽고 사용하기 쉬운 사용자 인터페이스를 제작하여 적용하였다.

<그림 1>은 기존 웹페이지의 모습이다. 기본적으로 Data(곤충 포획 수)의 날짜(기간), 지역, 종류별 검색이 가능하도록 하였고, Data(곤충 포획 수)의 위치 확인(지도 제공)을 할 수 있도록 하였다. 또한, 공지사항 기능 제공 및 유저가 사용하기 쉽도록 기능 툴을 제공하였다. 하지만 사이트의 증가와 함께 많은 데이터가 수집, 저장됨에 따라 데이터의 확인 시 시간, 표시 등의 문제점이 있었고, 온도 게시판에서의 데이터를 표출하는데 있어서 부정확한 값이 나오는 경우와, 구글 맵에서 트랩 지점을 표시할 때 구글 API 이용에 문제가 있어 디스플레이에 오랜 시간이 걸리거나 웹브라우저가 가끔씩 중단되는 현상이 있었다.

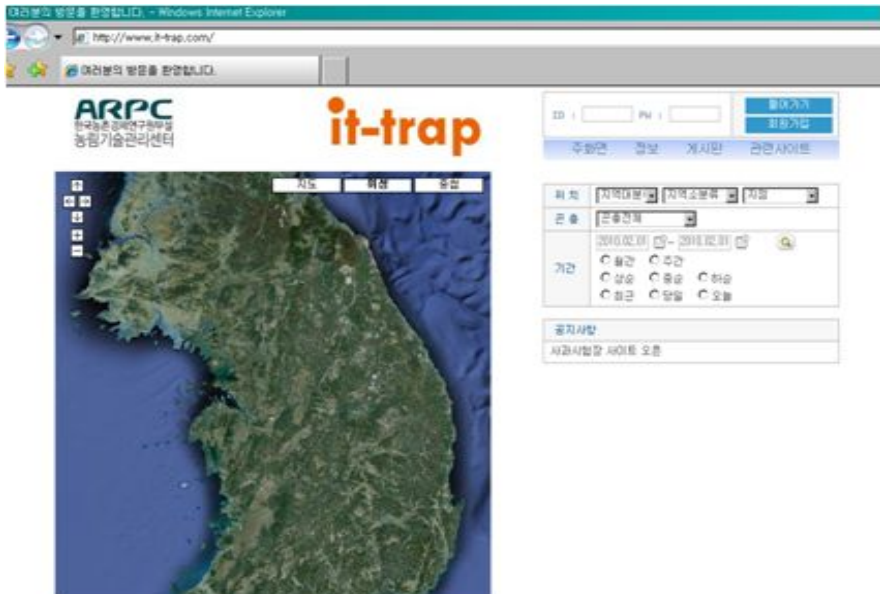


그림 1. 기존 웹페이지



그림 1-1. 웹페이지의 개선 후 모습

그림 1-1은 UI를 완전히 변경한 모습이다. 개선 후 웹페이지의 특징은 대대적인 디자인 변경과 세부적인 많은 탭 메뉴들이 추가된 것이다. 위쪽 탭 메뉴(사용자, 커뮤니티, 안내, 서비스, 시스템)이라는 대분류의 메뉴들을 만들어 놓았고 왼쪽 탭 메뉴는 “USER MENU”란을 만들어 사용 유저들이 One Click으로 방제정보, 트랩지점, 곤충 수집 이력정보, 전국 수집정보, ITPT 온도정보들을 한눈에 파악 할 수 있다. 그 아래 커뮤니티 탭에는 마스터 계정이 일반 유저들에게 공지를 내릴 수 있는 공지사항 탭과 긴급히 공지되어야 할 내용을 적을 수 있는 지역긴급 공지사항을 만들었고 농촌관련 전문뉴스 및 정보를 업데이트 하여 사용자들이 이슈를 공유 할

수 있도록 하였다. 관리자에게와 자유게시판은 사용자들이 이용 시 불편한 점이나 각 지역의 농작물 상태를 공유 및 웹페이지에서 활용 할 수 있도록 구현하였다.

(2) 사용자들의 편의성 및 실용성 향상

일반 사용자들의 편의 및 정확한 데이터 수집을 위해 웹페이지 개선 및 마스터 급의 Admin이라는 계정으로 각 지역의 계정들을 생성하여 데이터가 유실되지 않는 범위 내에서 권한을 부여하고 웹페이지의 데이터들을 자체적으로 수정 할 수 있도록 구현하였다. 또한, 각 세부적인 사항(곤충 포획 수, 트랩 지점 관리 등)을 수정 할 수 있다. 그리고 데이터를 웹페이지에서만 볼 수 있도록 하는 게 아니라 다운로드 가능하도록 하여 Excel과 같은 스프레드시트 자료 형식으로 만들어 장기간 수집된 자료를 활용하여 곤충, 나방들의 습성 및 시간대를 파악 할 수 있도록 구현하였다. 메인 화면 우측 하단 부분에는 실시간 수집현황표를 제공하여 웹페이지 접속 시 바로 요약 정보를 볼 수 있도록 만들었다. 이를 지원하기 위하여 데이터베이스에 자료 필드를 추가하고 쿼리 프로그램을 보강하였다.

<그림 2>는 메인 화면 우측 하단의 실시간 수집현황 테이블이다. 웹브라우저의 화면을 갱신하면 새로운 정보를 확인하여 디스플레이한다.

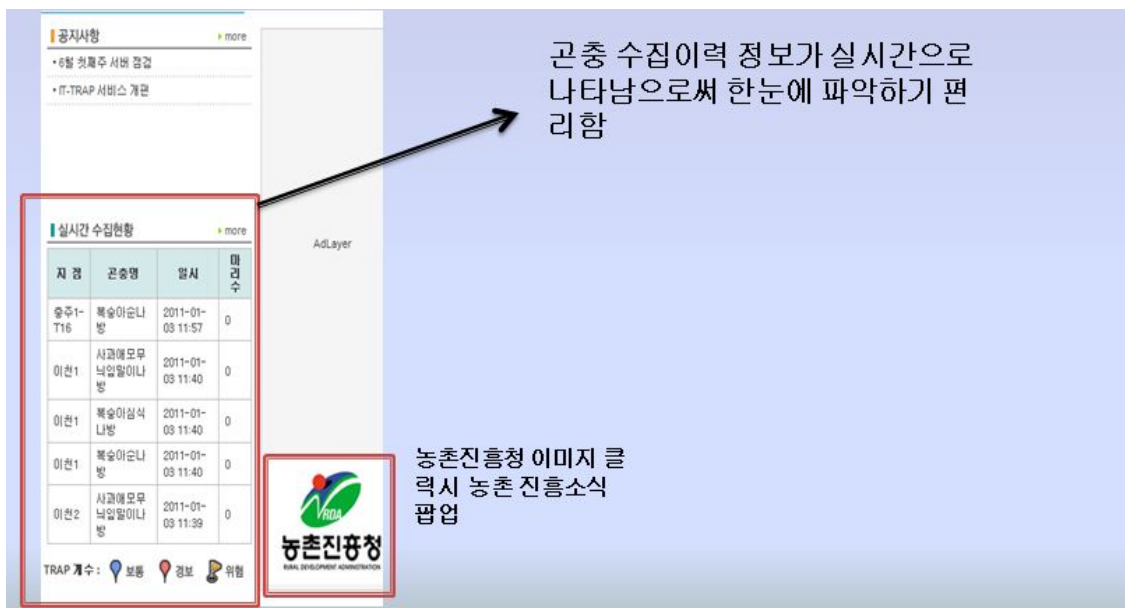


그림 2. 실시간 수집현황표

그림 3은 관리자 권한으로 실행하는 데이터 수정 기능을 보여준다. 환경의 영향에 따라 센서의 민감도에 조금씩 변동이 있으며, 이러한 경우 실제 포획된 수와 검출한 수가 다를 수 있다. 올바른 값이 확인된 경우 그 값을 데이터베이스에 반영하여 필드를 수정해야 한다. 데이터베이스 프로그램에 직접 접속하여 변경이 가능하나 이는 데이터베이스 전문가 수준에서 가능한 일이다. 본 기능을 이용하면 데이터베이스를 잘 모르는 관리자도 쉽게 자료를 수정할 수 있다.

Ex)

- 무주1-T8의 사과애모무늬잎말이나방이
- 3마리로 표시됐지만 실제로 확인했을 때
- 마리 수가 다를 경우 자체적으로 수정 가능

그림 3. 데이터 수정 기능

그림 4는 관리자 수준에서 실행할 수 있는 각종 권한을 사용자에게 부여할 수 있음을 보여 준다. 설치 사이트와 사용자의 증가에 따라 수집 데이터의 수정이나 관리자에게 게시판의 글에 대한 답변 작성 등등 관리자 고유의 업무가 증가할 때, 필요한 범위 내에서 지역관리자 또는 부담당자 형태로 일부의 사용자에게 적절한 권한을 위임하여 업무를 분산시킬 수 있다.

Admin이 사용자 권한을 각각 부여함

Ex) 수집정보관리 수정을 원할 경우
기본권한 + 수집이력정보 권한만 부여

수집이력정보 권한을 부여 받은 후
수집정보 관리에서 자체적으로 정보를
수정 할 수 있음

그림 4. Admin의 개별 사용자 권한 관리

그림 5는 엑셀 파일로 출력하는 기능을 제공하는 웹페이지와 다운로드 된 데이터 파일을 엑셀 스프레드시트 프로그램으로 연 상태를 보여준다. 웹페이지 상의 뷰는 미리 정해진 형식으로만 지원되므로 사용자가 다른 관점의 뷰 또는 상세한 분석 등을 하고자 할 때에는 전문적인 프로그램을 사용해야 한다. 사용자는 웹에서 원하는 범위와 수준의 데이터를 검색한 다음 'Excel File' 버튼을 눌러 다운로드 받을 수 있다. 다운로드 된 데이터를 이용하여 분류, 차트 작성 등의 고급 작업이 가능하다.

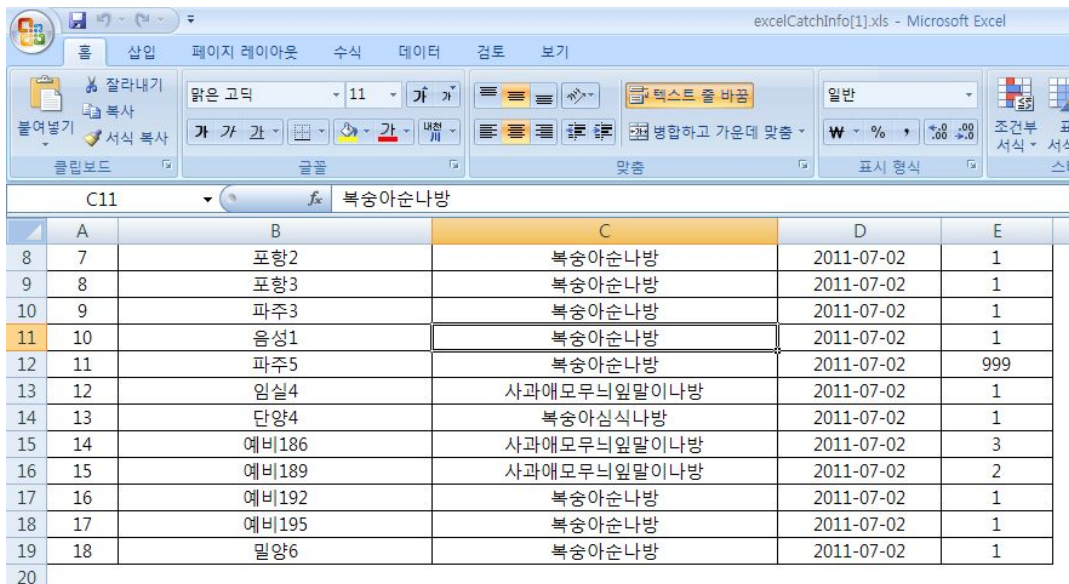


그림 5. Data Excel화 작업: 페이지 및 정렬 기능 추가

그림 6은 IT 페로몬 트랩을 손쉽게 추가하는 기능을 보여준다. 지점 정보, 위치 정보는 데이터 분류와 검색 등에 사용되며, 위치 정보는 지도 표시에 이용된다. 데이터 전송 및 관리를 위해서는 CDMA 정보(휴대전화 번호와 같다.)를 입력한다. 정상적으로 통신이 되면 수집 데이터 및 상태 정보의 전달과 관리가 이루어진다.

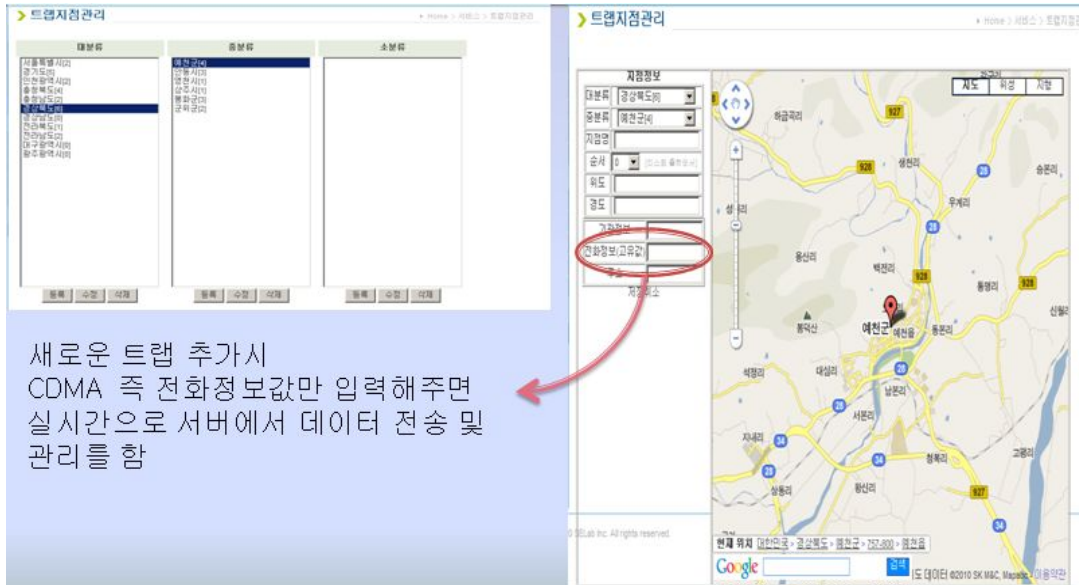


그림 6. 사이트 추가 기능

2. 통합보드 개발(상용화에 따른 보드 안정화)

이전 버전의 IT 페로몬 트랩을 운영한 결과로 많은 개선점이 발견되었다. 메인보드와 센서 모듈이 일체로 통합되어 있어서 발생하는 문제, 초기 개발에서 기능 구현에 치중하여 설치와 운영 단계에서 발생 가능한 상황에 대한 대비가 부족한 점 등이 있었다. 본 과제에서는 상용화를 목표로 기능의 향상, 설치 및 유지 보수 편의성 강화를 목표로 메인보드를 새롭게 개발하였다.

(1) 메인보드와 센서 모듈의 분리

기존 PCB는 메인보드와 센서보드의 일체형으로 트랩 부분에 장착하도록 설계되었다. 그 결과 기후적인 영향을 과도하게 받아 PCB가 비에 부식 되는 현상이 발생 하였다. 부식 현상이 발생 된 보드에서는 부정확한 데이터가 송신되었다. 그 외에도 데이터를 반복 송신하는 폭주 현상도 발생하였다. 근본적으로 문제를 해결하기 위하여 IT 부분의 전체 구조를 새롭게 설계하여 메인보드와 센서 모듈을 분리하고, 메인보드는 함체 안에 장착하여 외부적 요인의 영향을 받지 않도록 하고 센서 모듈은 트랩 내부에 안정적으로 장착하여 보다 정확한 데이터를 얻을 수 있다. 트랩 부분에 장착하던 것에서 함체 내부로 장착 위치를 옮김에 따라 메인보드의 형상도 단순화되고, 조립 및 유지 보수 작업의 편의성도 향상된다. 새롭게 설계 제작된 제품으로 테스트 해 본 결과 훨씬 더 좋은 결과를 얻을 수 있었다.

그림 7은 기존 제품의 PCB와 조립된 메인보드 및 센서의 형상이다. 트랩 부분에 설치하기 위해 메인보드의 형상이 8각 형태로 되어 있다. 트랩에 위치한 결과로 태양광 노출로 인한 열 손상, 빗물 침투로 인한 부식 현상 등으로 오작동 및 보드 교체가 잦았다.

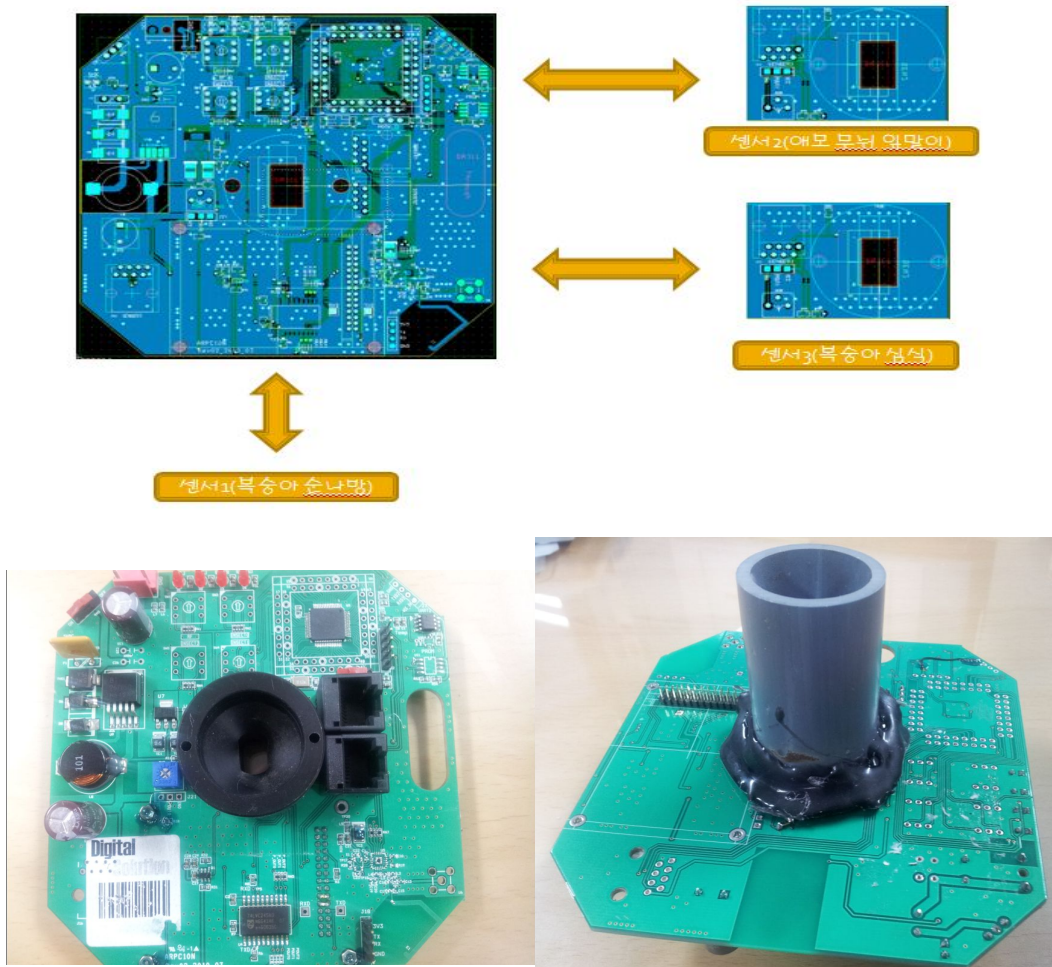
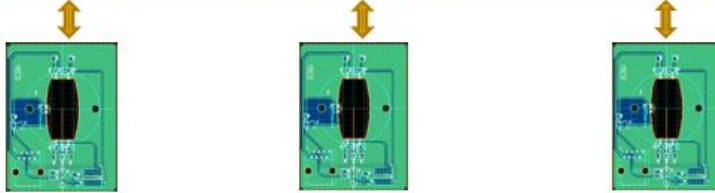
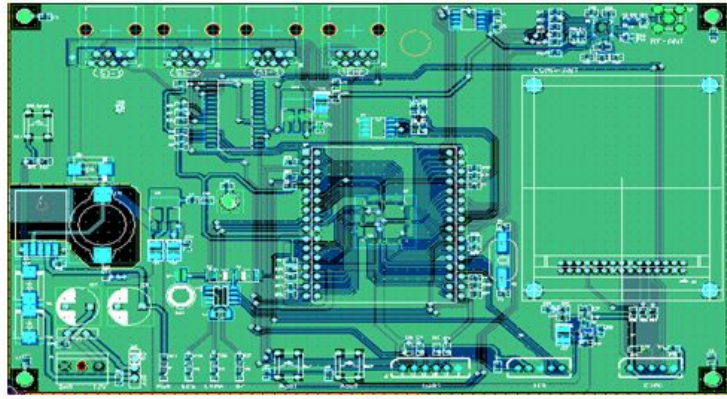


그림.7 과거 일체형의 PCB의 모습 - 폭주현상이 많이 발생함.

그림 8은 함체 내부 장착을 위해 새로 개발된 보드와 분리된 센서 모듈을 보여준다. 각 센서와 메인 보드는 UTP 케이블로 연결되어 침수를 방지한다.



외부 센서1(복송아순나방)

외부 센서2(복송아순식나방)

외부 센서3(사과애벌레의알이나방)

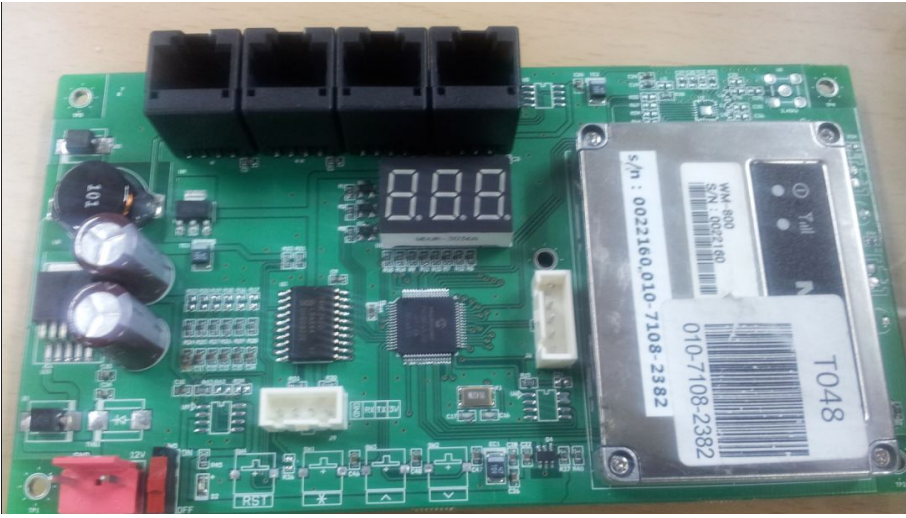
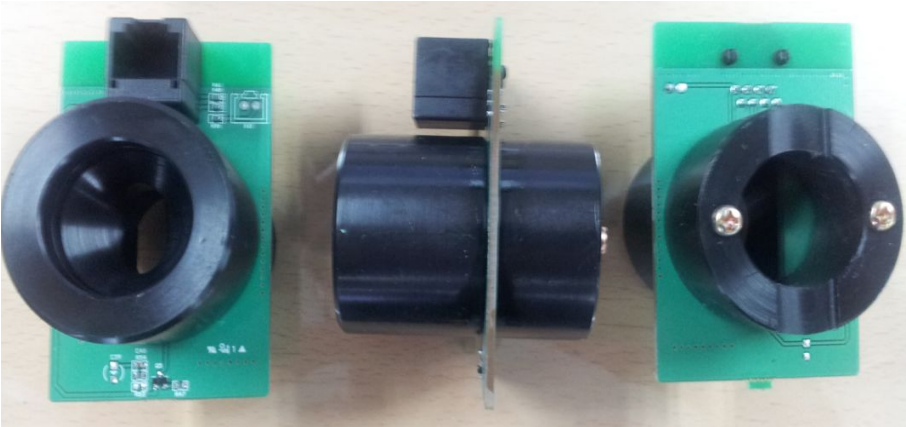


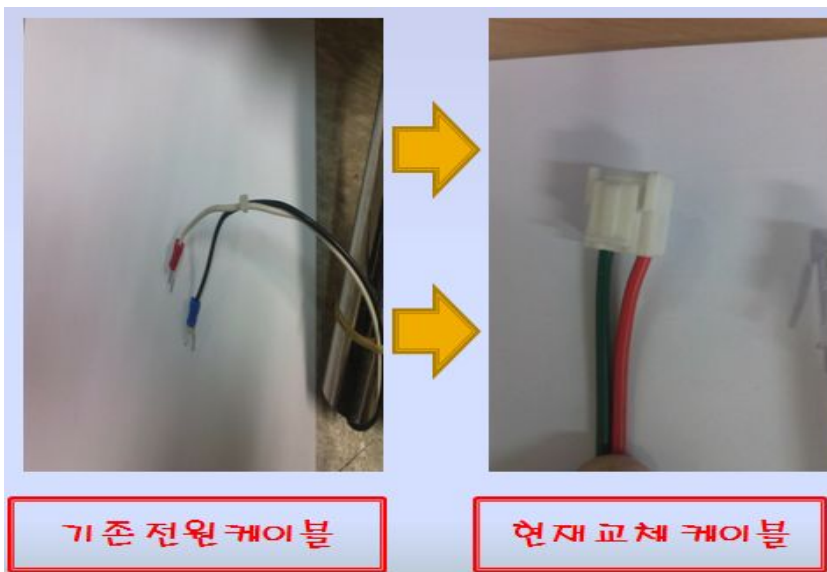
그림.8 센서와 메인보드가 분리된 새로운 PCB

3. 상품의 내구성 향상

(1) H/W 전원 케이블 교체

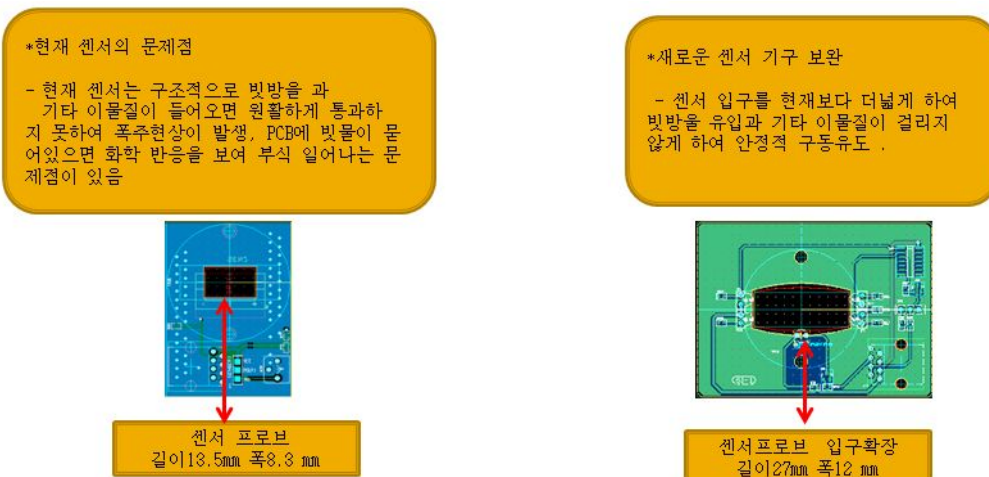
기존의 방식 전원 케이블을 하우징 방식의 케이블로 교체함으로써 제품 설치 시 극성에 따른 모듈 고장을 방지하였다. 기존의 전원 케이블은 하우징이 없어 쇼트(short) 현상이 발생 할 가능성이 있고 극성이 바뀌는 경우가 있어 하우징 시켜 안정성을 확보함으로써 상품의 내구성을 향상시켰다. 또한, 외부적으로 케이블 단자를 보호 할 수 있어 한층 더 내구성이 향상 되었다.

그림.9



(2) 외부 센서 인터페이스 향상

메인보드와 센서보드가 분리 되어 기후적인 천재지변과 기타 이물질에 의한 오작동을 줄 일 수 있고 Data의 폭주 현상을 막을 수 있다. 이전 센서의 프로브에서 해충, 나방 등이 쉽게 들어 갈 수 있도록 길이와 폭을 늘려 이물질이 걸리지 않게 인터페이스를 향상 시켜 안정적인 Data를 확보 할 수 있다.



(3) 현장 검증을 통한 안정성 확보 - 배터리의 점검

웹페이지에 정상적으로 데이터가 디스플레이 되지 않는 경우 현장으로 직접 출장을 나가 문제점을 찾아본 결과 배터리가 방전이 되어 트랩이 작동하지 않는 경우를 발견되어 이에 배터리의 완전 방전을 방지하기 위하여 전압을 측정하여 8V 이하로 떨어질 경우 충전에 주력하여 트랩이 완전히 정지하는 경우를 제거하였다.

그림.10



4. 무선 통신 품질 향상 및 F/W 프로그램 테스트 구현

(1) 무선 통신 품질 향상

IT-Pheromone Trap의 큰 장점은 해충, 나방들을 Pheromone향으로 유인하여 해충의 개체 정보를 현장이 아닌 집이나 사무실에서 CDMA통신 모듈을 이용하여 해충의 원격 모니터링이 가능하다는 것이다. 하지만 각 지역 트랩마다 CDMA의 통신 감도 값이 달라 Data의 손실이 발생 할 수 있으므로 트랩 지역에 대한 CDMA 통신 감도를 체크 할 수 있는 프로그램을 만들어 최적의 감도에서 통신을 하여 정확한 시간의 데이터를 수집 하도록 구현하였다.

5. 그 외 IT-Pheromone Trap 관리

트랩으로 유인된 곤충을 센서를 이용해서 감지하고 이를 신호처리해서 CDMA 방식으로 전송, 웹페이지에서 실시간으로 곤충 포획 지역 및 포획된 개체 수를 확인하여 모니터링 하면서 매일매일 웹페이지에 올라온 데이터를 excel화 하여 업데이트 하고 트랩 지점 상태를 확인하여 안정화 하였다. 이를 다른 사용 유저들이나 연구기관에 공유할 수 있다.

그림.15 (주)디지털솔루션의 IT-Phreomone Trap 상황보고서

	1일	2일	3일	4일	5일	6일	7일	8일	9일	10일	11일	12일	13일	14일	15일	16일	17일	18일	19일	20일	21일	22일	23일	24일	25일	26일	27일	28일	29일	30일
감곡1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
과산1																														
과산2																														
과산3																														
과산4																														
구례1										0	0	1																		
구례2	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
무주1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
무주2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
무주3	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
무주4	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
보은1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
보은2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
보은3	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
보은4																														
봉화1																														
봉화2	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	
봉화3	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
사과연1																														
사과연2																														
삼주1																														
서울대1	0	복수	복수	0	1	1	0	0		1	1	1	1	1	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
서울대2																														
안동대1	1	1	0	0	0	0	0	1		0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
여주1	0	1	0	1	1	1	1	1		0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
여주2	0	복수	0	0	0	0	0	0		0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
여주3	0	0	0	0	0	0	복수	0		0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
여주4	0	0	0	0	0	0	0	0		0	0	복수	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
여주5	0	0	0	0	0	0	복수	0		0	복수	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
연기1(쌍전리)	0	0	0	0	0	0	0	0		0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
연기2(봉산리)	0	0	0	0	0	0	0	0		0	0	복수	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
예전1																														
예전2																														
예전3																														
예전4	1	1	1	1	1	0	0	1		0	1	1	1	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	

09월 02일	여주2	사애	999
09월 02일	서울대1	담배거세미	999
09월 03일	서울대1	담배거세미	999
09월 06일	여주3	복순	172
09월 06일	여주3	사애	999
09월 06일	여주5	복순	380
09월 06일	충주5	복순	999
09월 11일	여주5	복순	999
09월 12일	여주4	복심	284
09월 12일	연기2	복심	999
09월 19일	봉화1	사애	999
09월 21일	구례2	복심	130
09월 22일	여주2	복순	643
09월 22일	여주3	복순	296
09월 22일	여주4	복순	439
09월 29일	봉화2	복심	999
09월 29일	봉화2	사애	555
09월 29일	안동대	복심	999
09월 30일	충주3	사애	999

-산업화, 상용화로 작년보다 IT Pheromone Trap 설치가 늘고 사용자가 늘어남에 대비하여, 단점을 보완하여 트랩의 오작동(폭주현상)의 횟수가 줄었다.

그림.16 작년과 현재의 전국 IT Pheromone Trap 지점 수

- 트랩의 지점 수가 늘어남에 따라 Web에서도 많은 양의 Data를 확보 할 수 있도록 개선 하였다.

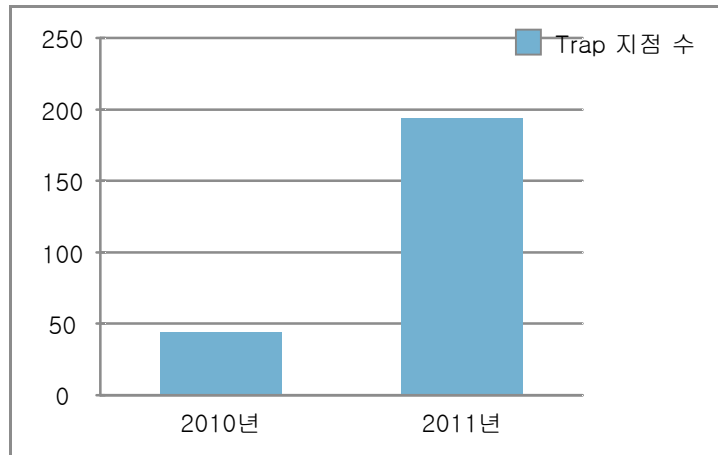


그림.17 2010년 정상과 폭주현상 비율

- 메인보드와 센서의 일체형으로 외부 기후적인 영향을 받아 폭주현상이 빈번하게 일어났다.

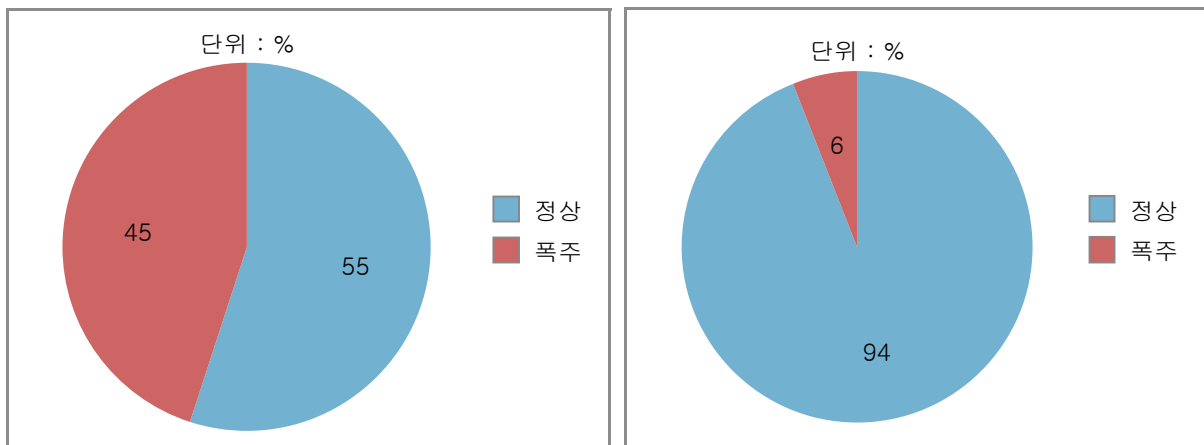


그림.18 2011년 정상과 폭주현상 비율

- 기존의 일체형 방식에서 센서를 분리시켜 환경적 요인에 영향 받지 않도록 한 결과 폭주현상이 일어나지 않는 결과를 보았다(우편 그림).

제 7 절 IT 페로몬 트랩 성능 현장 검정

1. 무인 모니터링 페로몬 트랩을 이용한 복숭아순나방(*Grapholita molesta*)의 월동세대 분석

[연구 요약]

사과원에 발생하는 복숭아순나방(*Grapholita molesta*)을 대상으로 이들의 월동세대 발생 상황을 IT페로몬트랩(대한민국 특허: 10-0982563)이라 불리는 원격 감지 페로몬 트랩을 이용하여 3년간 모니터링하였다. 월동세대 성충은 4-5월에 발생되지만, 비교적 봄철 평균기온이 낮았던 2010년도에는 6월 초순까지 발생최성기가 지연되는 것을 확인할 수 있었다. 이러한 연도별 차등 경향은 무인 모니터링 페로몬트랩으로도 정확히 모니터링이 가능했다. 이 무인 모니터링 페로몬트랩을 전국적으로 확대하여 서로 다른 도의 사과원에 배치하여 복숭아순나방 월동세대를 모니터링하였을 때 모두 최성 발생시기가 5월로 나타났다. 그러나 지역간의 포획 밀도에 있어서는 뚜렷한 차이를 보였다. 본 연구는 IT페로몬트랩을 이용하여 복숭아순나방 무인 모니터링의 실용 가능성을 보였다.

[연구배경]

사과의 주요 나방류 해충 가운데 직접적으로 과실을 가해하는 해충인 복숭아순나방(*Grapholita molesta*)과 복숭아심식나방(*Carposina sasakii*)이 주요 방제 대상이 되어 왔다(Ahn *et al.*, 1985). 최근 들어 사과에서 발생 밀도가 증가하는 복숭아순나방으로 인한 경제적 피해 문제가 심각해지고 있다(Choi *et al.*, 2008). 복숭아순나방은 아시아를 비롯하여 북미, 유럽 및 호주 등 전 세계 주요 과수 생산지에 널리 분포한다(Yokoyama and Miller, 1988). 우리나라에서는 1990년대 후반까지 주요 해충으로 인식되지 않았으나 2000년대 초반부터 사과의 주요 해충으로 부각되었으며, 방제가 소홀할 경우 심각한 피해를 입히는 것으로 보고되었다(Yang *et al.*, 2001). 특히 노숙 유충 상태로 나무의 조피 틈에서 월동하고, 성장한 유충은 복숭아, 사과, 배, 매실, 모과, 앵두, 살구 등 기주 생육초기에 신초를 가해하며 과실에 맺히면 과실을 직접 가해하는 일차해충으로 방제의 주요 대상이 되고 있다. 또한 외국의 사례에서 보듯 살충제에 대한 저항성 발달은 이 해충을 효과적으로 방제하는 데 어려움을 가중시키고 있다(Pree *et al.*, 1998; Borchert *et al.*, 2004).

복숭아순나방은 과실 표면에 산란된 알이 부화하여 과실 속으로 들어가게 되면 약제와 접촉이 어려워져, 야외 살포시기에 따라 복숭아순나방의 방제 효율을 좌우하게 된다(Rice *et al.*, 1984). 따라서 복숭아순나방을 효과적으로 방제하기 위해서는 성충 발생 최성기를 예측하고 산란된 알이 부화하는 시점을 정확히 예측하는 것이 방제의 효율을 높이는 전략이 된다(Kim *et al.*, 2004).

특정 곤충의 발생을 모니터링하는 데 성페로몬 트랩이 이용됨에 따라, 국내 복숭아순나방에 대한 성페로몬 조성이 밝혀졌다(Han *et al.*, 2001). 성페로몬 조성 가운데 주성분인 Z8-dodecenyl acetate의 순도가 96% 이상인 경우 유인력이 높았고, 이에 따라 이 성페로몬 조성물들의 초순도 화학합성 기술이 개발되어 상용화를 촉진시켰다(Kim *et al.*, 2006, 2007). 이러한 이상적 성페로몬 조성을 이용하여 사과원에 발생하는 복숭아순나방을 연중 모니터링한

결과 4회 성충 발생피크가 4-9월 사이에 관찰되었다(Kim *et al.*, 2009). 이러한 성충 발생 소장은 배 과수원에서조차 유사하게 나타나는 것으로 확인되었다(Cho *et al.*, 2010). 이와 같이 시기별 발생소장은 지역적으로 모두 유사하게 나타나, 동일한 시기에 지역간 발생량의 차이는 현격하게 나타나는 것으로 관찰되어 소규모 지역별 이 해충에 대한 모니터링이 요구된다(Park *et al.*, 2008).

현재 성페로몬 트랩을 이용한 모니터링은 일정한 시간적 간격(일반적으로 일주일)을 두고 트랩이 설치된 사과원을 직접 방문하여 발생 밀도를 조사 및 관리하고 있다. 그러나 복숭아순나방의 지속적 이동 능력 및 소규모 집단간 발생량의 차이를 고려할 때 보다 연속적 집단 크기 모니터링이 요구되고 있다(Jung and Kim, 2008; Kim *et al.*, 2009). 지속적 모니터링에 따른 노동력을 줄이기 위해 본 연구에서는 바이오센서와 통신기술의 정보기술과 성페로몬이라는 바이오기술을 접목하여 무인 모니터링 시스템을 개발된 IT페로몬트랩(대한민국 특허: 10-0982563)을 복숭아순나방 야외 월동세대 성충을 모니터링하는 데 적용하였다. 이를 위해 안동 사과원 지역을 중심으로 3년간 모니터링한 예비 시험 결과를 바탕으로 전국적으로 총 43대의 IT페로몬트랩을 적용하였다. 본 연구 결과는 사용된 무인모니터링 시스템이 복숭아순나방의 야외 발생 모니터링에 적용할 수 있음을 제시하고 있다.

[재료 및 방법]

복숭아순나방 성페로몬 및 페로몬트랩. 복숭아순나방의 성페로몬 성분으로 알려진 Z8-dodecenyl acetate, E8-dodecenyl acetate, Z8-dodecenol (95:5:1, g/g)은 (주) 그린아그로텍(Gyoengsan, Korea) 제품을 이용하였으며, 이 화합물의 순도는 99.5% 이상이었다. wing trap형 페로몬 트랩은 (주)그린아그로텍 제품(Model No. 50106)을 이용하였다.

IT페로몬트랩 동작 구성. IT페로몬트랩은 크게 세 부위로 나뉘며 복숭아순나방의 성페로몬을 포함하는 유인부, 포획 개체에 대한 전기적 신호를 발생시키는 감지부, 그리고 포획 신호를 전송하는 통신부로 구성되었다. 유인부는 일반 wing trap에서 사용한 동일한 성페로몬을 적재하였다. 감지부는 해충에 영향을 주지 않는 적외선을 이용하여 발생하는 광원과 적외선 광량을 측정할 수 있는 포토다이오드를 근접 배치하였다. 측정 방법은 해충이 트랩에 도입될 때, 적외선을 순간적으로 차단하여 포토다이오드의 출력전압을 변화시키게 되어 포획 전기신호를 발생하게 되었다. 통신부는 감지부에서 발생시킨 전기신호들을 증폭기를 통하여 신호를 증폭하여 마이크로프로세스에 전달하여, 해충의 빈도와 시간을 코드분할다중접속('CDMA') 통신방식(WM800, 800MHz, M2MNET, Anyang, Gyunggi, Korea)으로 웹 사이트(www.it-trap.com)에 전송시켰다.

지역별 IT 페로몬 설치. 전국 과원에 총 43대의 IT페로몬트랩을 설치하였다(Fig. 4A 참조). 경기도 지역에는 총 9대를 여주(5대), 이천(2대), 화성(1대), 수원(1대)에 각각 설치하였다. 경상도 지역에는 총 12대를 봉화(3대), 상주(1대), 안동(2대), 영천(1대), 예천(4대), 군위사과연구소(1대)에 각각 설치하였다. 전라도 지역에는 총 9대를 구례(3대), 나주(2대), 무주(4대)를 각각 설치하였다. 충청도 지역에는 총 13대를 괴산(4대), 감곡(1대), 보은(4대), 음성(1대), 충주(1대), 연기(2대)를 각각 설치하였다. 전라도 나주 지역에는 배 과수원에 설치하였으며 이를 제외한 나머지 지역은 모두 사과 과수원에 설치하였다.

자료 분석. IT 자료 모니터링은 경기도, 경상도, 전라도, 충청도 4개 지역의 각각 트랩 장소에서 4월 초순에서 6월 중순까지 일별 포획량을 조사하였다. 도 단위를 비교할 때 단위 트랩별 평균과 표준편차로 표기하였다. 지역별 온도 자료는 해당 지역 기상대 자료를 이용하였다. 조사 자료가 백분율인 경우는 arcsine으로 전환 후 ANOVA 분석하였다. SAS 프로그램 (SAS Institute, 1989)의 PROC GLM, PROC CORR 그리고 PROC UNIVARIATE 이용하여 분산분석 및 중앙치 분석을 실시하였으며, 최소 유의차 검정법으로 평균간 차이를 제1형 오류가 0.05인 한계치에서 비교하였다.

[연구결과]

안동지역 복숭아순나방의 월동세대 연간 발생 상황. 안동지역(남선면 기느리, 길안면 사곡리, 임하면 신덕리) 사과원에 발생하는 복숭아순나방 월동세대의 발생 상황을 조사하기 위해 2008-2010년 자료를 비교하였다(Fig. 1). 성충 발생 밀도는 기존의 wing trap을 이용하여 주별로 포획된 밀도로 분석하였다. 연도별 발생을 종합하여 보면 월동세대의 발생은 4월에서 6월초까지 이어지는 것을 확인할 수 있었다. 그러나 연도별 차이가 나타나서 2008-2009년도에는 월동세대 성충이 4월 초순에 발생하기 시작하여 5월 말까지 이어지는 것에 반해서 2010년의 경우는 월동세대 성충 발생이 약 2주정도 늦게 나타나기 시작하여 6월 중순까지 지연되는 현상을 나타냈다. 월동세대 성충 발생 밀도의 중앙치는 2008년도에는 5월 13일, 2009년도에는 4월 26일, 그리고 2010년도에는 5월 21일로 산출되었다.

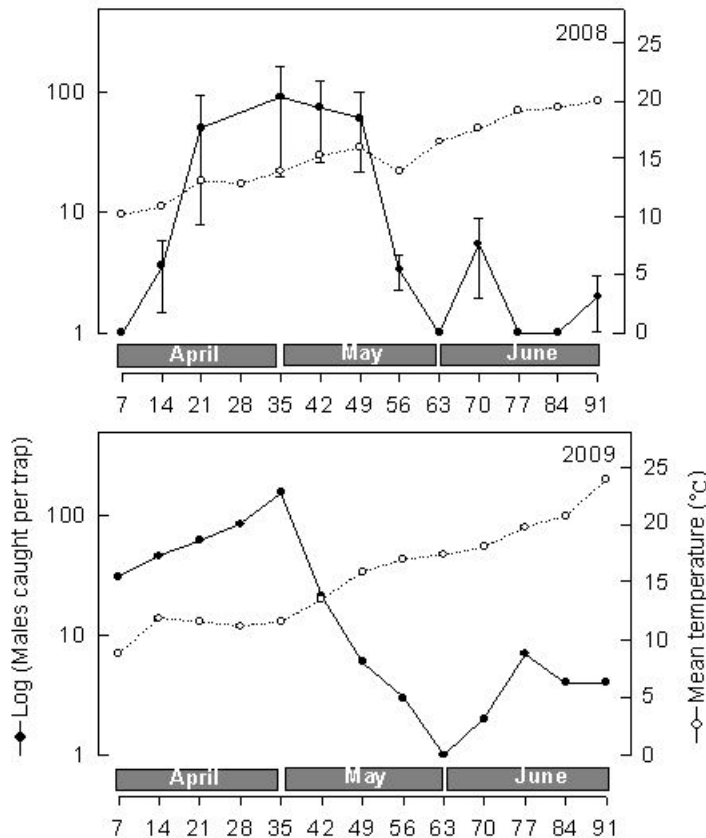
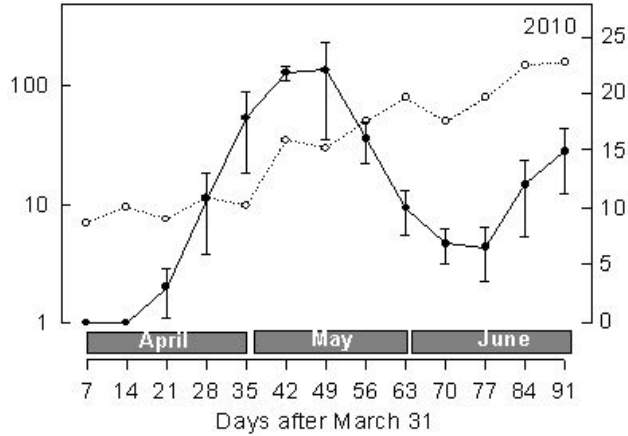


Fig. 1. Phenology of overwintering populations of *Grapholita molesta* in three years. Males were caught by a wing type-sticky trap (solid line) containing a sex pheromone. Except for 2009, monitorings were replicated three times in three apple orchards, Andong, Korea. Details of the orchard locations are described in the Result. Average temperatures (dotted line) were obtained from Andong meteorological site.



이러한 연도별 월동세대 성충 발생 차이를 이 기간의 평균 기온과 비교하여 보았다(Fig. 2). 2008년도와 2009년도는 발생량과 평균기온이 차이가 없음을 알 수 있었지만 2010년의 경우 발생량도 적고 평균 기온도 낮은 것으로 보아 봄철 평균기온이 낮아 밀도가 낮았다고 할 수 있다. 또한 2010년 월동세대가 늦게 나타난 이유는 이 해 봄철 평균기온이 낮게 나타난 것이 주요 원인이라 할 수 있었다.

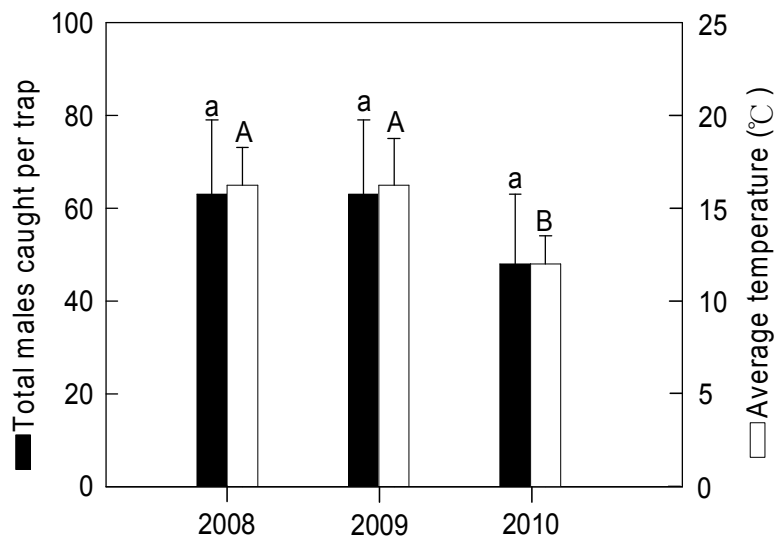


Fig. 2. Comparison of total male captures of overwintering populations of *Grapholita molesta* from April to June in three different years. During this period, average temperatures were estimated in the monitoring places described in Fig. 1. Different letters above standard deviation bars indicate significant difference among means in each of male captures or average temperature at Type I error = 0.05 (LSD test).

IT페로몬트랩을 이용한 안동지역 복숭아순나방 월동세대 발생 상황 모니터링. 이상에서 분석된 연간 복숭아순나방 월동세대 성충 발생 상황이 무인 모니터링 시스템인 IT페로몬트랩으로 추적이 가능한 지 평가하였다(Fig. 3). IT페로몬트랩은 사과원 현장에서 복숭아순나방

월동세대 발생을 모니터링했다. 연도별로 이 무인 모니터링 자료는 차이를 보였으며, 특별히 저온 현상이 있었던 2010년에는 이 월동세대 성충의 발생이 지연된다는 것을 IT페로몬트랩이 보여주었다. 그러나 전체적 포획 모니터링 빈도는 기존의 wing trap 자료에 비해 현격하게 낮은 것을(약 1/10 수준) 알 수 있었다.

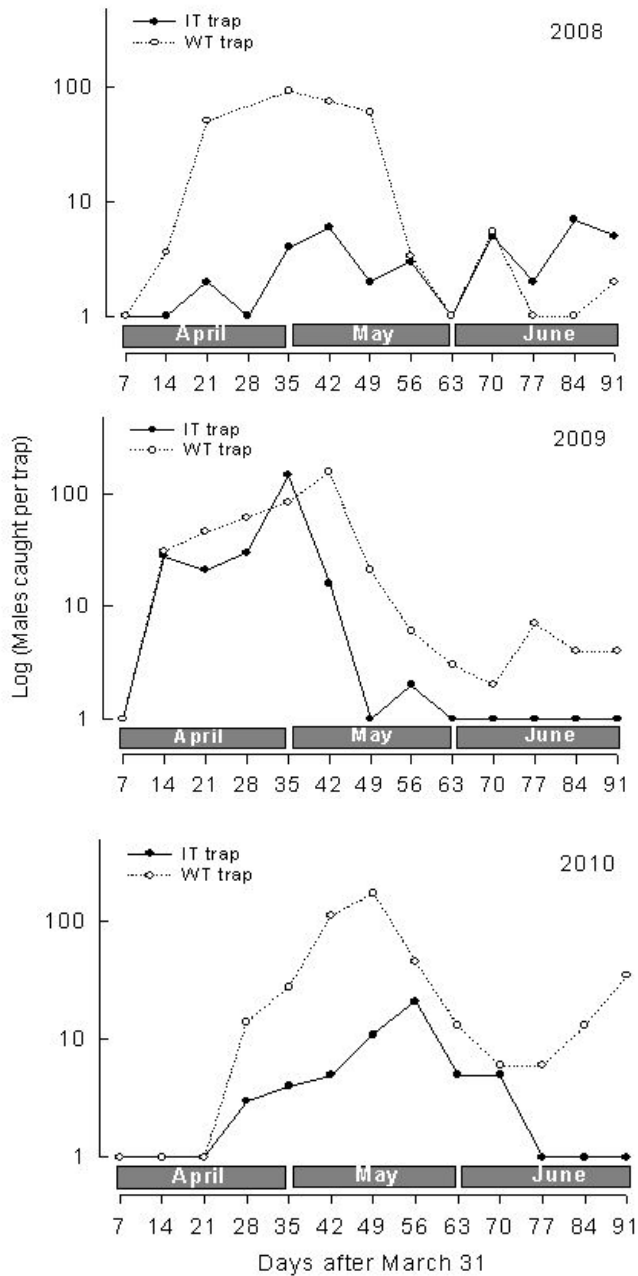


Fig. 3. Comparison of remote-sensing IT-pheromone trapping (IT) with a commercial wing type-sticky trapping (WT) on overwintering populations of *Grapholita molesta* from apple orchards, Andong, Korea in three different years.

IT페로몬트랩을 이용한 전국적 복숭아순나방 월동세대 발생 상황 모니터링. 이상에서 보여준 IT페로몬트랩의 무인 모니터링 기능은 전국적으로 확대하여 평가되었다(Fig. 4). 총 43대의 IT페로몬트랩을 복숭아순나방이 발생하는 사과와 배 과수원 지역을 중심으로 경기도, 충

청도, 전라도 및 경상도로 분할 배치하였다(Fig. 4A). 전국을 총괄하여 2010년의 복숭아순나방 월동세대 성충 발생 패턴은 Fig. 4B에 나타났다. 안동지역에서 발생한 상황과 유사하게 4월 중순경에 발생이 시작하여 5월 중순에 최고 발생 피크를 가지며 6월 중순까지 이어지는 성충 빈도를 보여주었다.

(A)



(B)

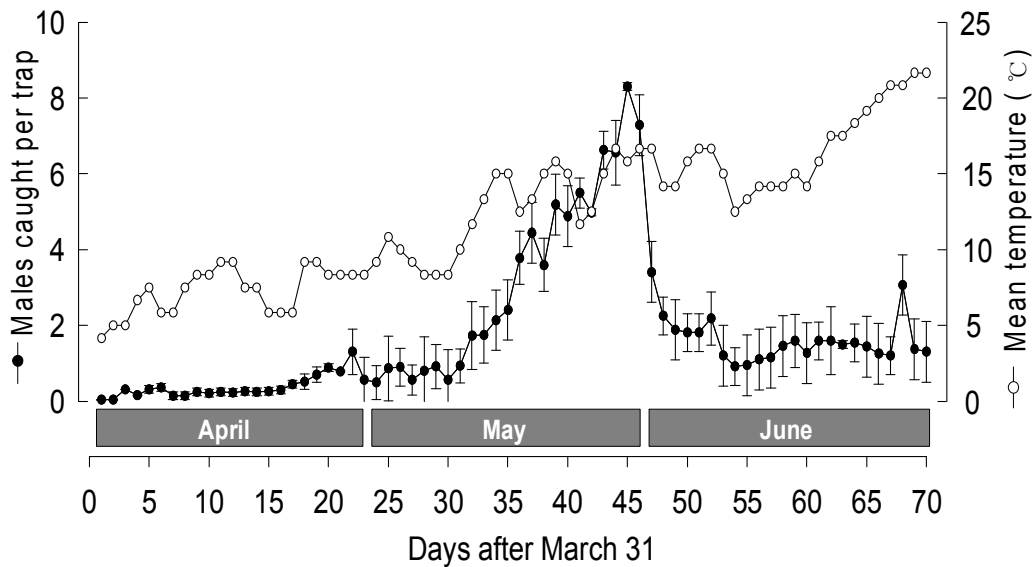
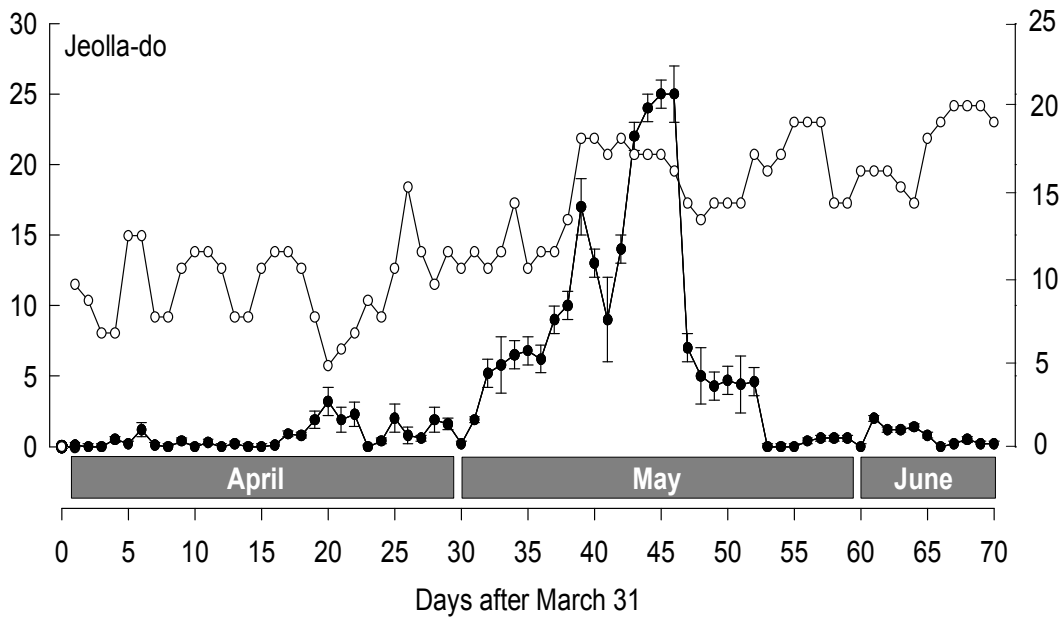
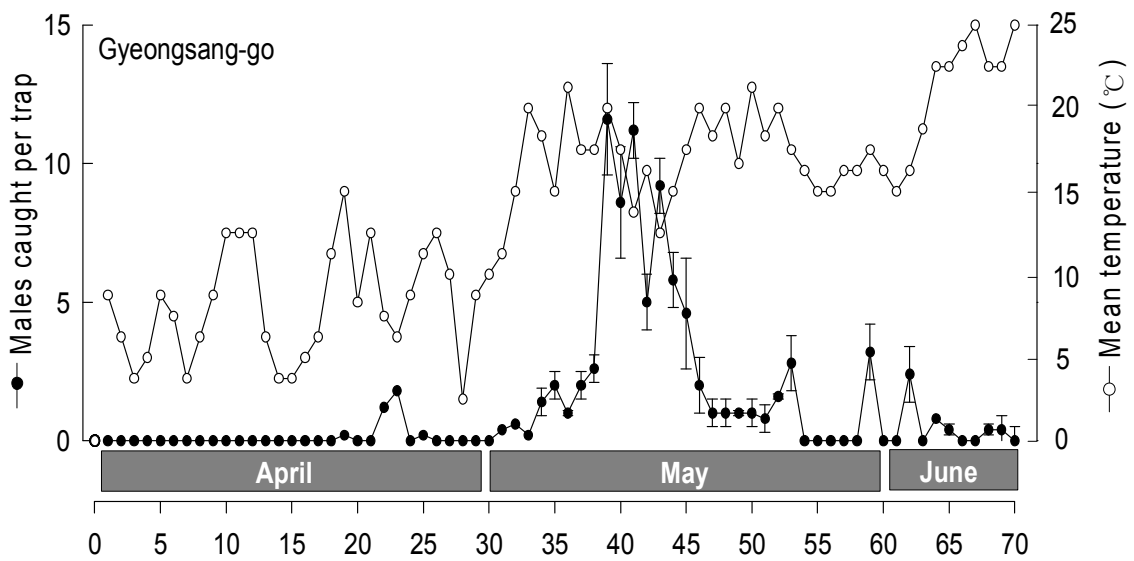
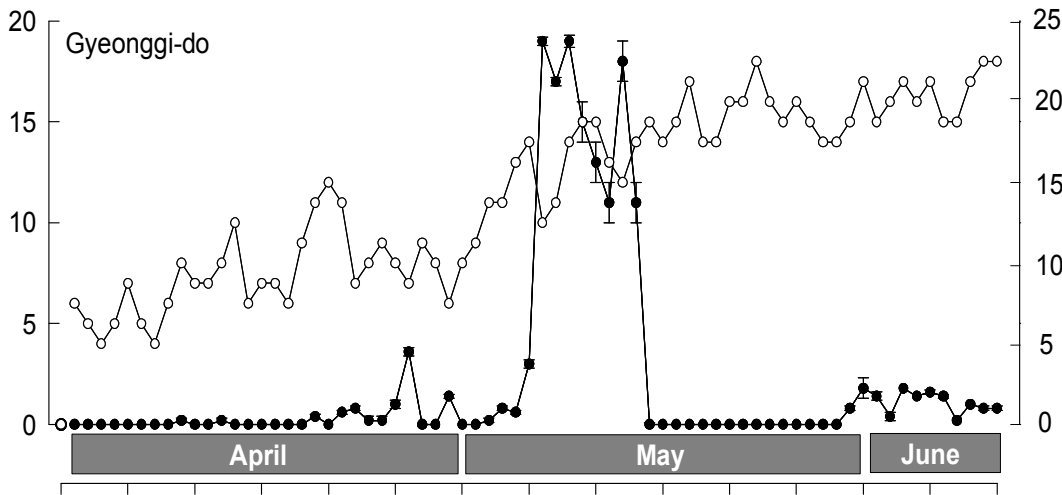
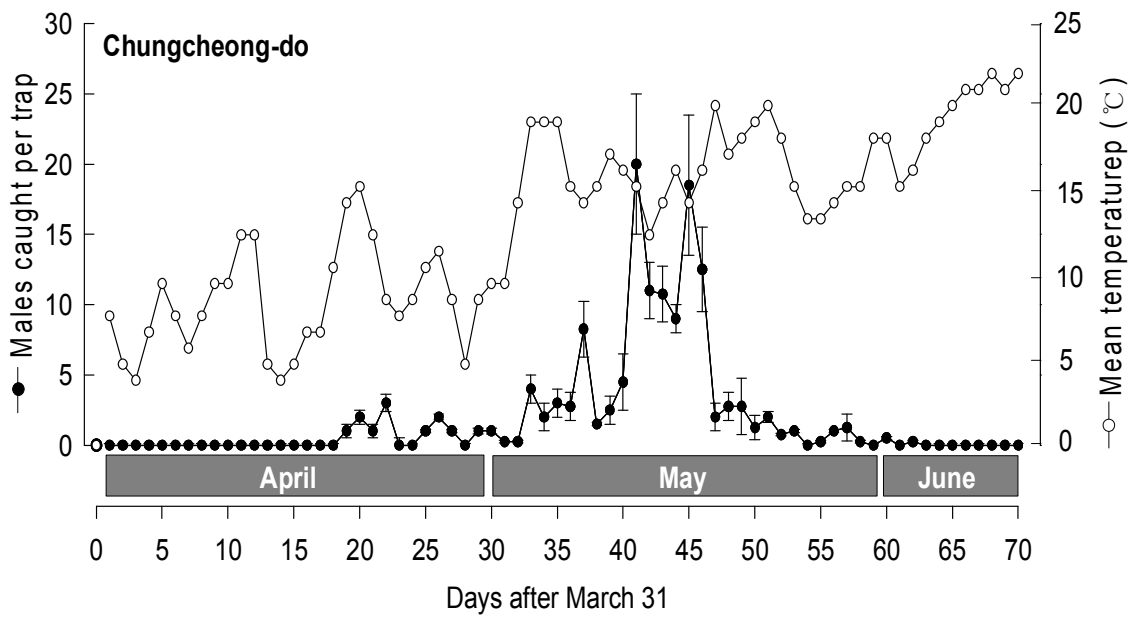


Fig. 4. Monitoring of overwintering populations of *Grapholita molesta* using remote-sensing IT pheromone traps in different regions of Korea in 2010. (A) Development of the 43 IT pheromone traps in four provinces. Details of trap places were described in Materials and Methods. (B) Overall pheromone of the overwintering populations with reference to average temperature.





지역별로 비교하여 보면 이러한 전국적 평균 경향을 따르는 것을 확인하였다(Fig. 5). 월동세대 최성기를 중앙치로 산출해 보면 경기도는 5월 11일, 경상도는 5월 13일, 전라도는 5월 27일 그리고 충청도는 5월 13일로 나타났다. 그러나 이러한 월동세대 성충의 발생량에서는 도별로 현격한 차등을 보였으며($F = 10.99$; $df = 3, 77$; $P < 0.0001$), 도 내 지역역간에도 뚜렷한 발생량 차이를 보였다($F = 4.51$; $df = 8, 77$; $P = 0.0271$).

2. 개별 6종 트랩의 야외 모니터링 결과

6종 해충을 모니터링하기 위해서 두 가지 기술로 고안되었다. 첫째는 경비적 측면을 고려하여 하나의 트랩에 6종의 페로몬 트랩을 함께 설치하는 방식이다. 다른 하나는 사과원 내에서 상호간 근거리 통신이 가능하게 하는 피코넷(piconet) 기술이다.

아래는 6종의 트랩을 하나의 나무에 설치하여 이들의 상호 간섭 효과를 검증하였다. 두 가지로 배치하였다. 하나는 6종의 트랩을 한 나무에 서로 다른 가지에 설치하는 방식(6 lures/tree)이고 다른 하나는 6종 페로몬을 하나의 트랩에 설치(6 lures/trap)하는 방식이다. 결론적으로 한 나무에 6종 트랩을 설치하는 것은 각 해충 종의 유인에 무리가 없다는 것을 보였다. 그러나 한 트랩에 6종 페로몬을 넣는 것은 현격한 상호간섭을 일으켰다.

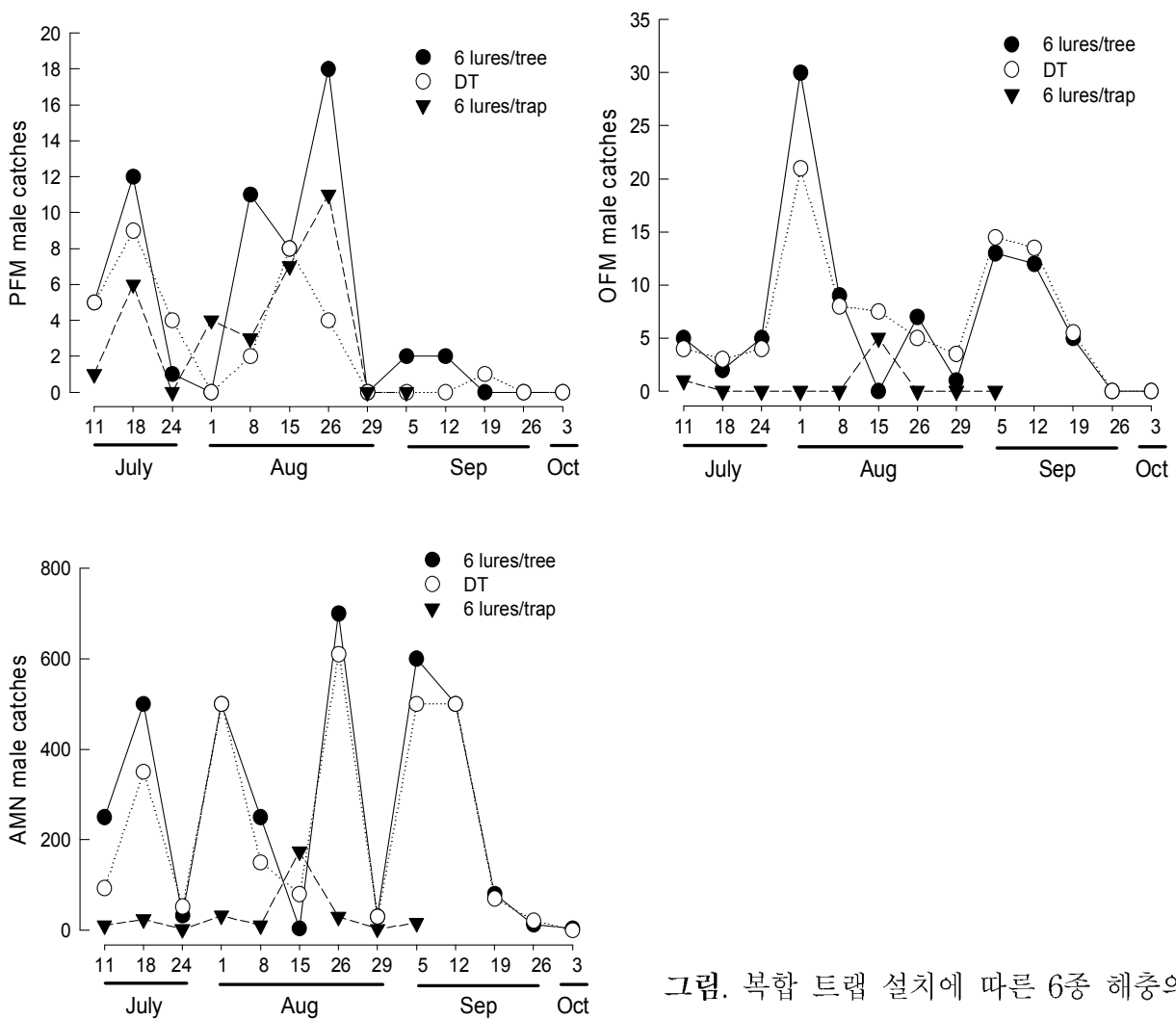


그림. 복합 트랩 설치에 따른 6종 해충의 유인력 상호 간섭 효과

(2) IT 트랩 성적

3-4월에 6종의 해충에 대한 트랩을 제작하여 모두 설치하였다.

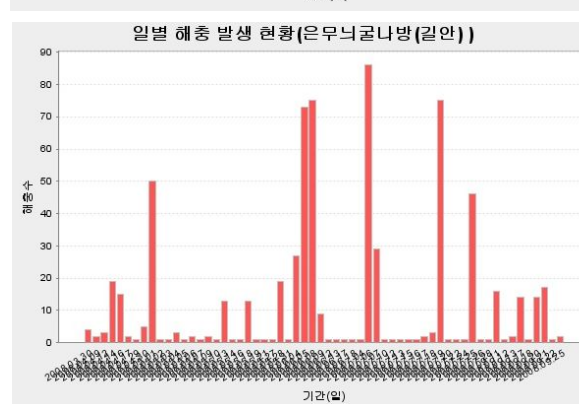
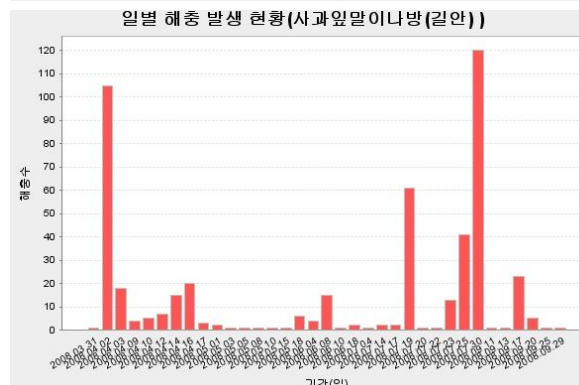
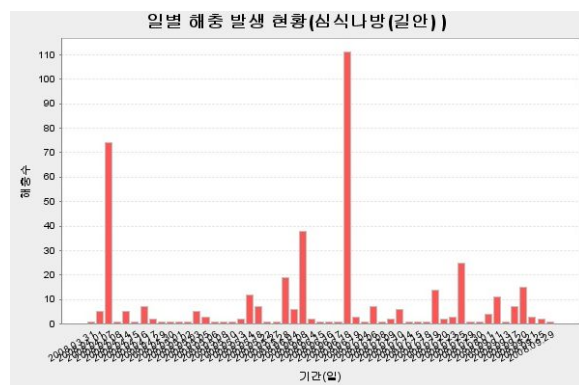
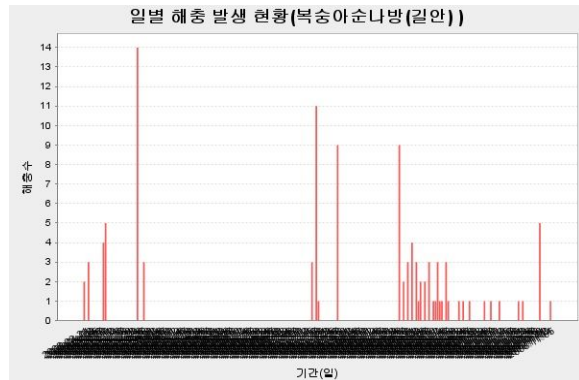


그림. 현장에 설치된 IT 페로몬 트랩과 홈페이지에 기록된 트랩 결과

이상의 현장 결과를 해충 별로 분석하였다. 복숭아순나방(*G. molesta*)은 트랩에 포획된 밀도와 IT에 기록된 수치는 약 70%의 상관성을 보였다. 일부 실측치와 IT 관측치 사이에 차이는 트랩의 전기적 문제(축전기 문제)와 빗물에 의한 과신호로 판정되었다. 또한 일부는 타 곤충(하루살이류, 풍뎅이류)이 트랩에 포획되어 나타난 오신호도 포함되었다.

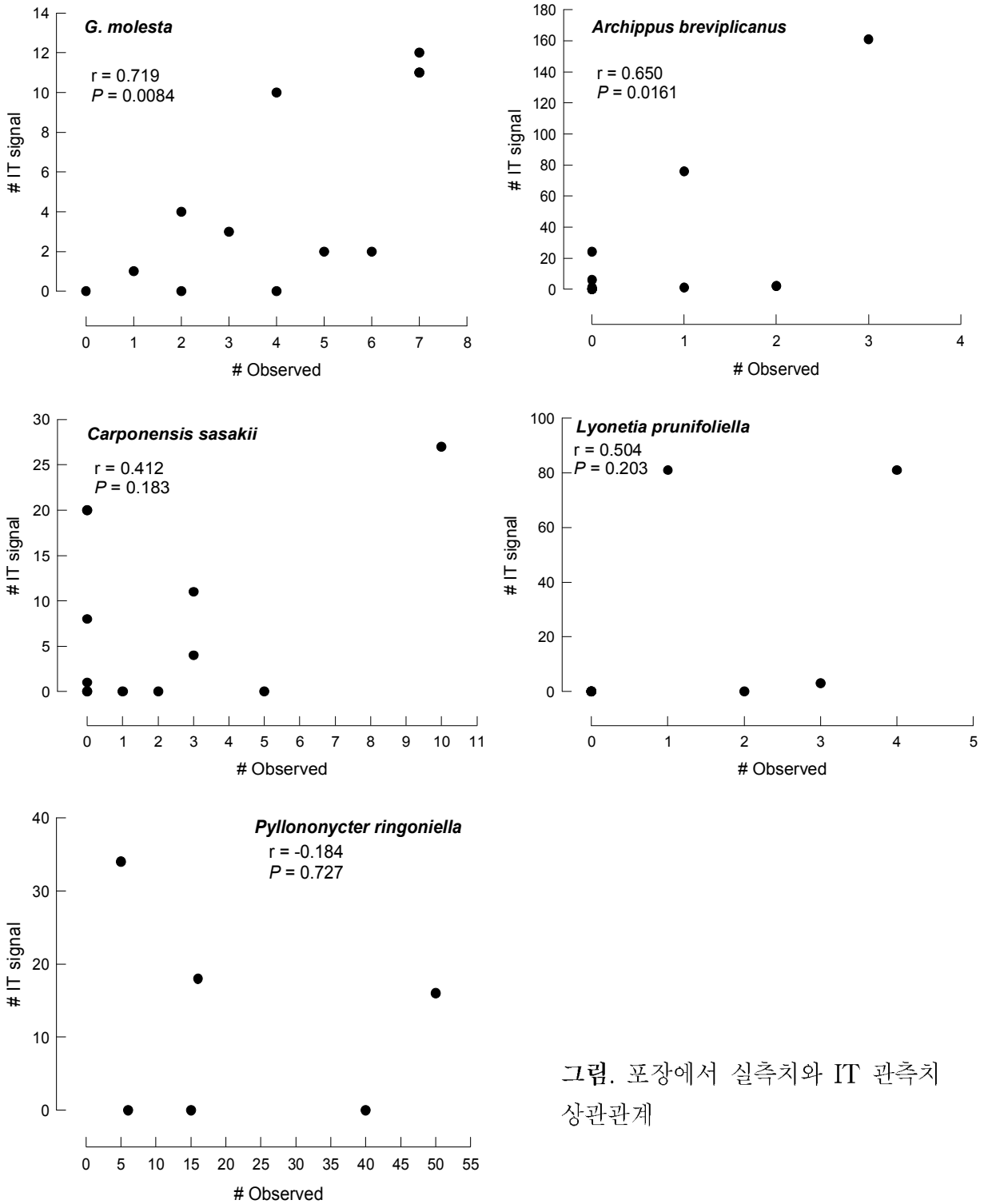
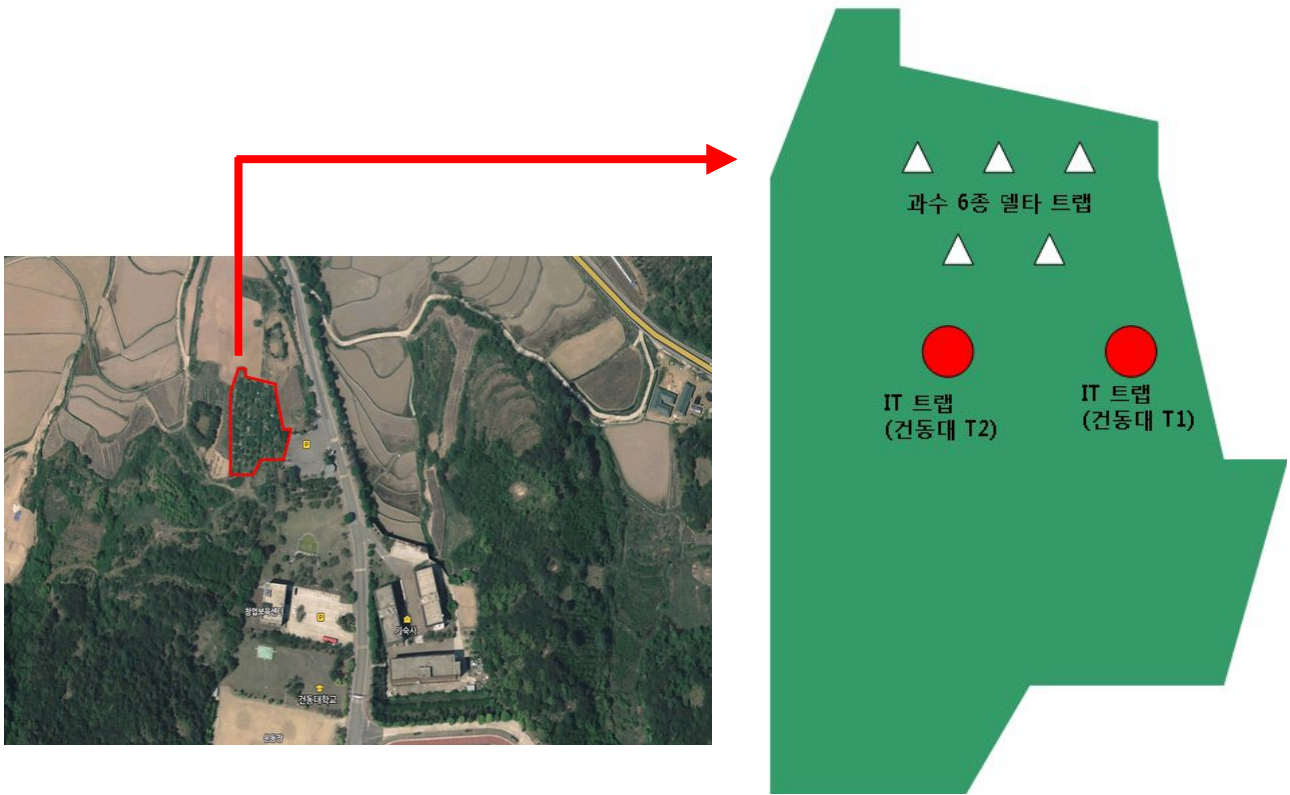


그림. 포장에서 실측치와 IT 관측치 상관관계

사과잎말이나방(*Archippus breviplicanus*)도 약 65%의 상관성을 보였지만, 실측치와 큰 차이를 보였다. 이에 대한 주 요인은 IT 신호가 이 해충의 포획에 따른 것 보다는 빗물이나 이슬에 따른 오작동 신호가 기록되어 나타났다. 먼저 이 해충이 발생하는 포장에서 보다 면밀한 분석이 이뤄져야 한다. 복숭아심식나방(*Carponensis sasakii*)의 경우는 전혀 상관성을 나타내지 못했다. 이는 사과잎말이나방에서 나타난 문제에 기인된다. 이 해충이 발생하는 시기에 면밀한 조사가 필요하다. 사과은무늬굴나방(*Lyonetia prunifoliella*)과 사과굴나방(*Pyllononycter ringoniella*)의 경우도 유사한 문제점이 발생했다.

3. 개량 트랩의 야외 모니터링 결과

경상북도 안동시 임하면 신덕리 사과원에서 야외실험을 하였다.



(가) 트랩 전체모습



<건동대 T1-창살형>



<건동대 T2-기존 및 개량형 트랩>

(나) 건동대 T1 구성



<상단부 모습>



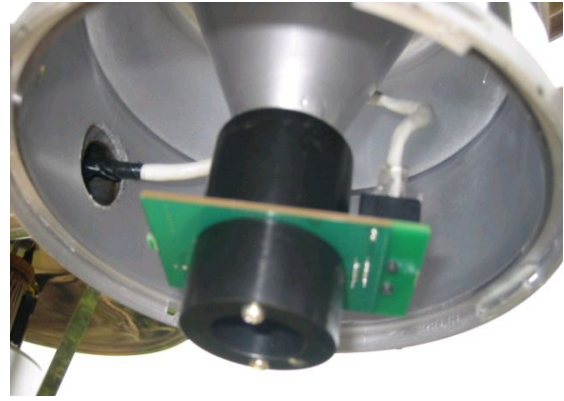
<트랩 내부>



<포획부 결합된 모습>



<기존 트랩 상단부 모습>



<개량형 트랩 상단부 결합>



<포획부가 결합된 모습>

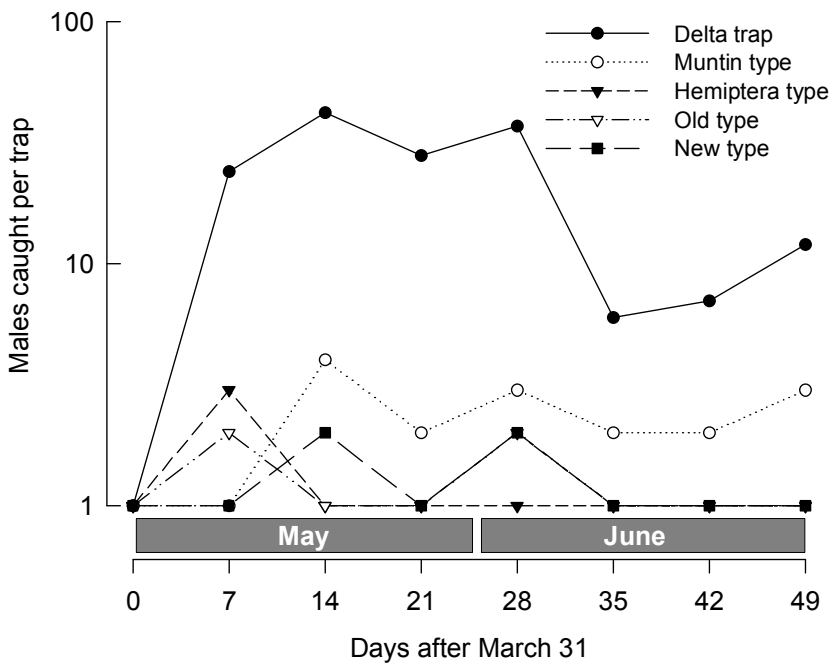


<포획부가 결합된 모습>

(3) 시험결과

(가) 트랩 종류별 포획 성적

5월 6일에 트랩을 설치하였으며 6월 중순경 까지 포획된 복숭아순나방을 분석하여보면 델타 트랩에 비해 모든 IT 트랩의 포획량이 낮게 나타나는 것을 알수 있었다. 하지만 포획량은 적어도 경향은 비슷하다는 것을 알 수있다. 또한 IT 트랩중에서 창살형 트랩이 포획률이 높게 나타났었다.



(나) 포획 시간대별 비교

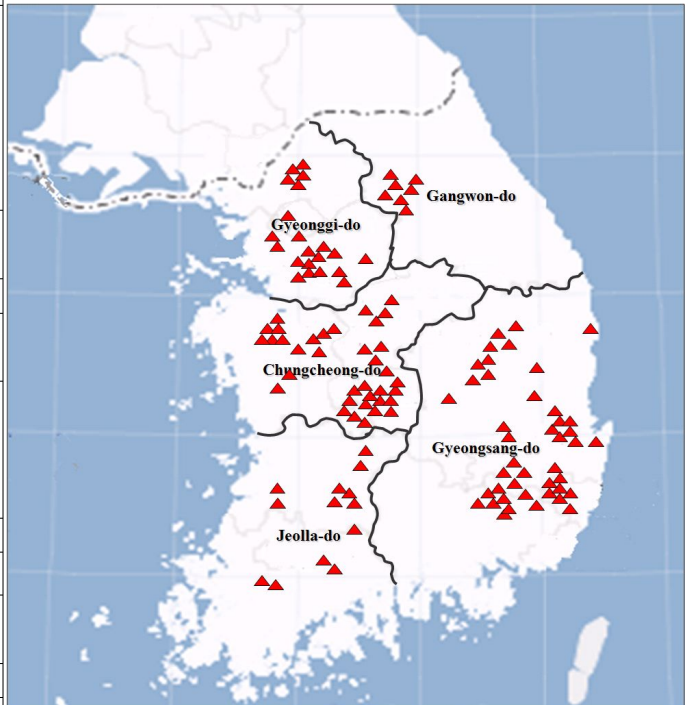
창살											
0-2	2-4	4-6	6-8	8-10	10-12	12-14	14-16	16-18	18-20	20-22	22-24
3	0	1	0	1	0	1	0	16	11	5	4
노린재											
0-2	2-4	4-6	6-8	8-10	10-12	12-14	14-16	16-18	18-20	20-22	22-24
0	0	0	0	0	0	0	0	1	2	3	0
기존											
0-2	2-4	4-6	6-8	8-10	10-12	12-14	14-16	16-18	18-20	20-22	22-24
3	0	2	0	0	2	0	1	1	2	1	1
개량											
0-2	2-4	4-6	6-8	8-10	10-12	12-14	14-16	16-18	18-20	20-22	22-24
2	5	0	0	0	5	0	0	5	5	4	1

복숭아순나방의 활동시간으로 보고 16부터 22시까지의 포획량을 비교해보면 창살형 트랩이 32 마리로 높았으며, 개량형 트랩이 14 마리 그리고 기존트랩에서 4 마리 순으로 포획되었으며 노린재형 트랩의 경우 트랩이 포획이 아닌 개방형으로 센서부분을 지나간 복숭아순나방 수는 6 마리였다.

4. 2011년 전국 IT 트랩 배치 및 관측

(1) 지도 배치도 및 대상해충

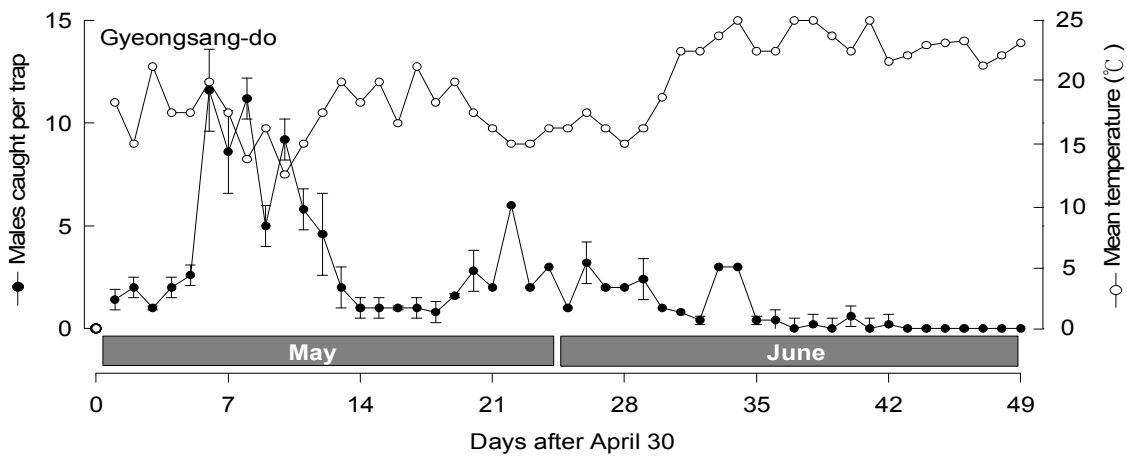
구분	장소	설치수 (대)	대상해충
경상 도	안동	2	복숭아순나방(복순), 복숭아심식나방(복심), 사과애모무늬잎말이나방(애 잎), 사과잎말이나방(사잎), 은무늬굴나방(은굴), 사과굴나방(사굴)
	경산	6	복순, 복심, 애잎, 사잎
	봉화	9	
	영양	6	
	포항	7	
	산청	6	
	예천	4	
	사과 연구 소	2	복순, 복심
	상주	1	복순
영천	1		
충청 도	단양	6	복순, 복심, 애잎, 사잎
	영동	6	
	아산	6	
	충주	5	
	괴산	4	
	보은	4	복순, 복심
	음성	2	
	연기	2	
	무주	4	
전라 도	나주	2	복순, 복심
	구례	2	복순
	남원	1	
	안주	1	
	장수	1	
	진안	1	
	강원 도	원주	6
삼척		1	복순
경기 도	과주	6	복순, 복심, 애잎, 사잎
	평택	6	복순, 복심, 애잎
	여주	5	
	이천	2	복순, 복심
	수원	1	복순
	화성	1	
총 설치 수	119	-	



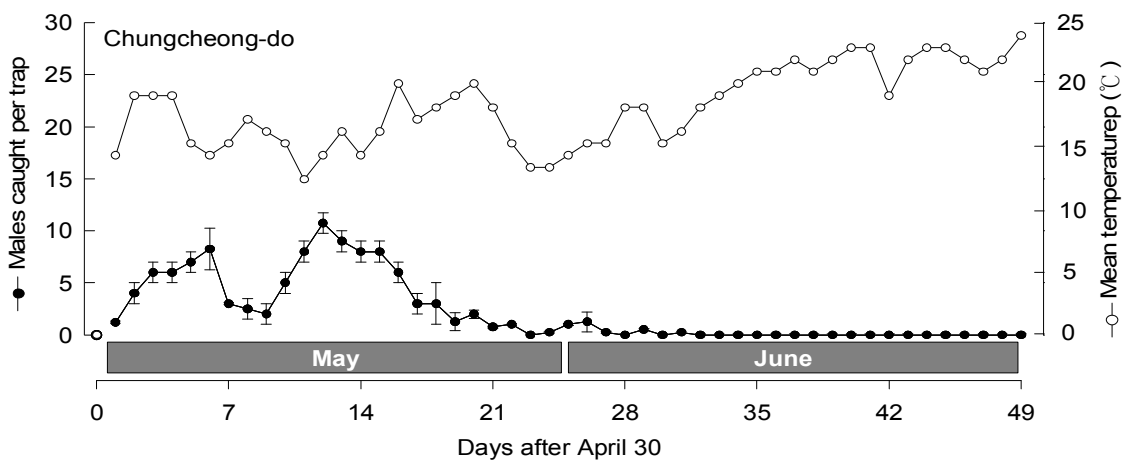
전국을 경상도, 충청도, 전라도, 강원도, 경기도 다섯 구역으로 나누었으며 붉은색 삼각형으로 IT 페로몬 트랩이 설치된 곳을 나타내었다. 설치된 페로몬트랩은 경상도 44 대, 충청도 35 대, 전라도 12 대, 강원도 7 대 그리고 경기도 21 대이며 총 119 대가 설치되어 운용되고 있다. 전국 대부분의 트랩은 과수 6 종 해충을 대상으로 하여 분포하며 그중 다수가 복숭아순나방 및 심식나방을 모니터링 하고 있다. 대상작물은 나주지역은 배이며 그 외 지역은 사과이다.

(2) 복숭아순나방 결과 분석

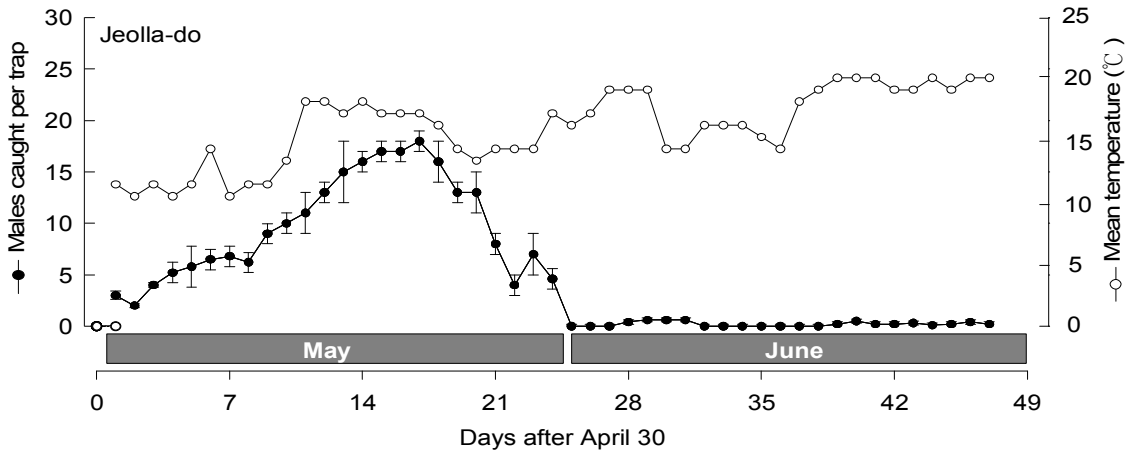
(가) 경상도



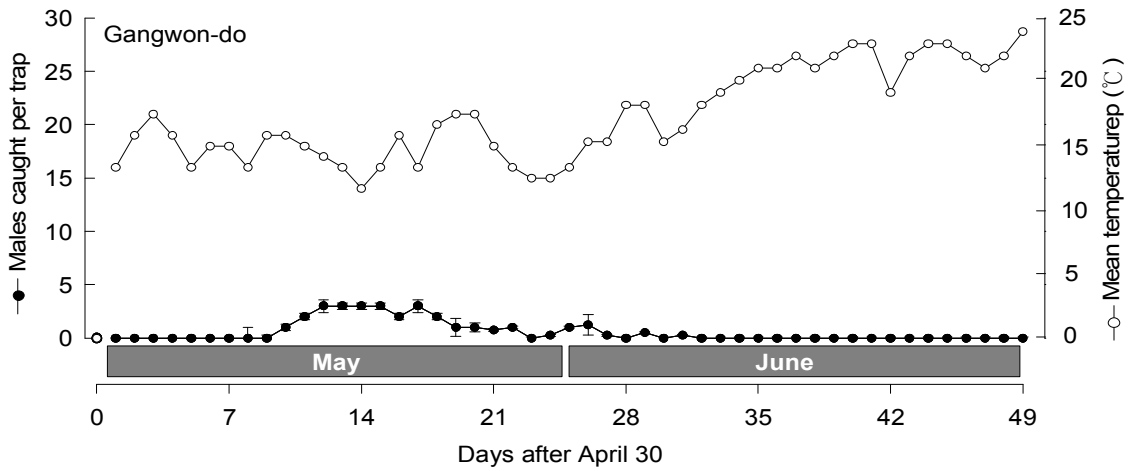
(나) 충청도



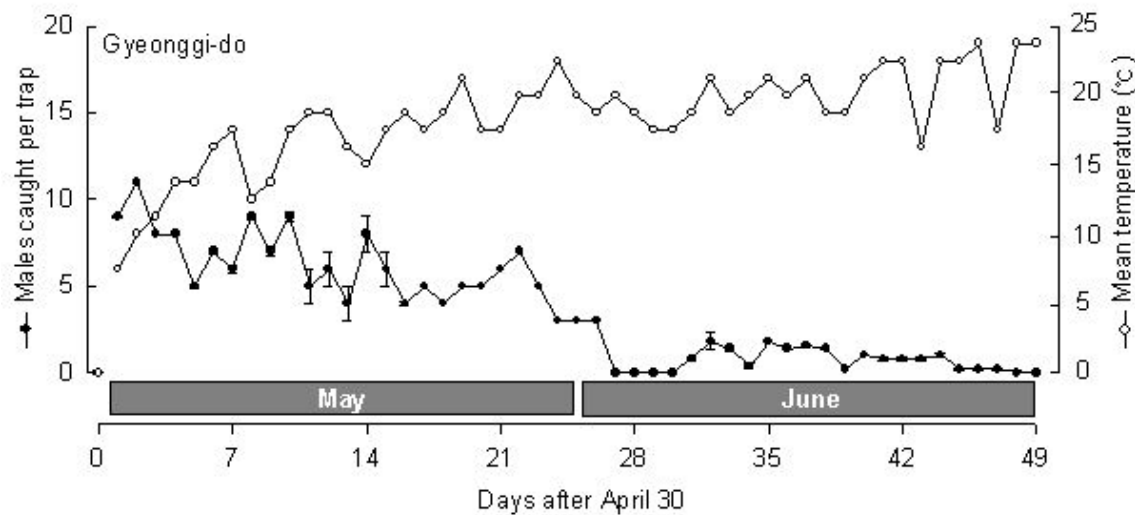
(다) 전라도



(라) 강원도

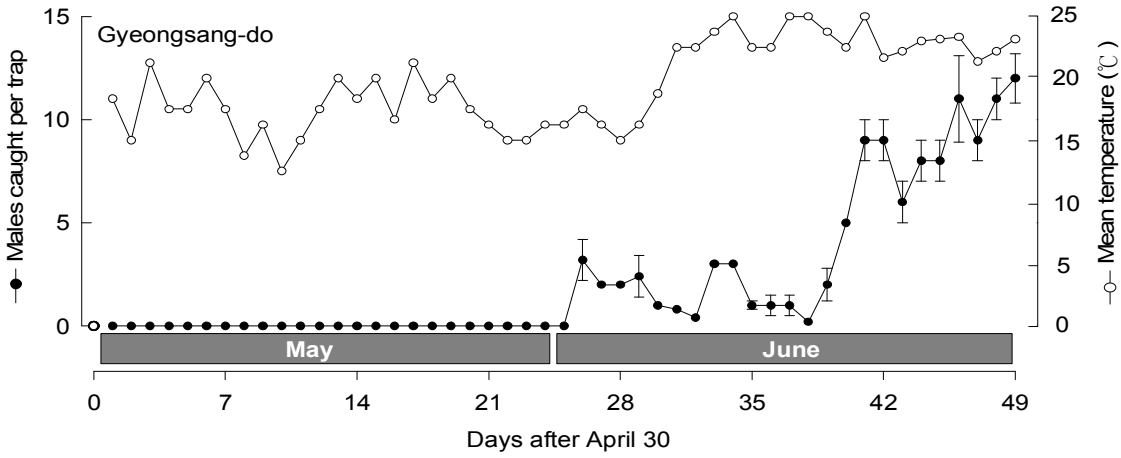


(마) 경기도

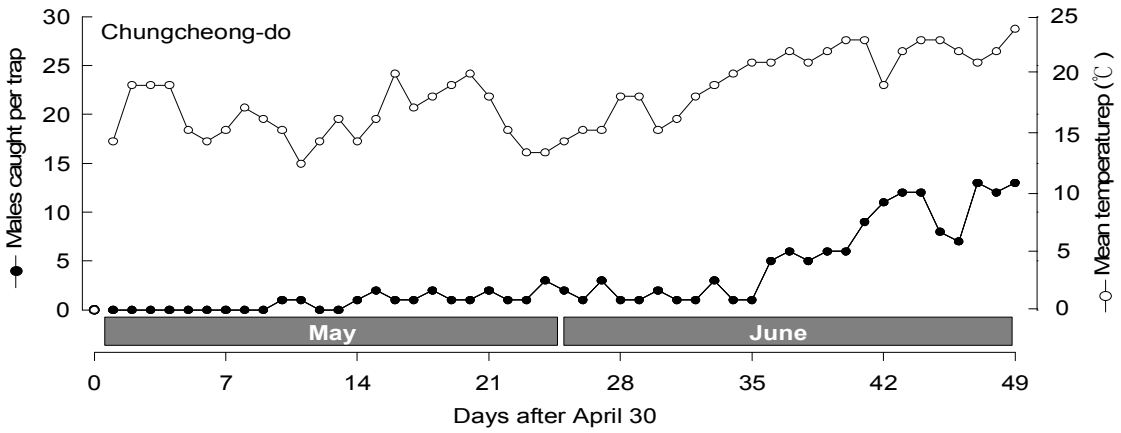


(3) 복숭아심식나방 결과 분석

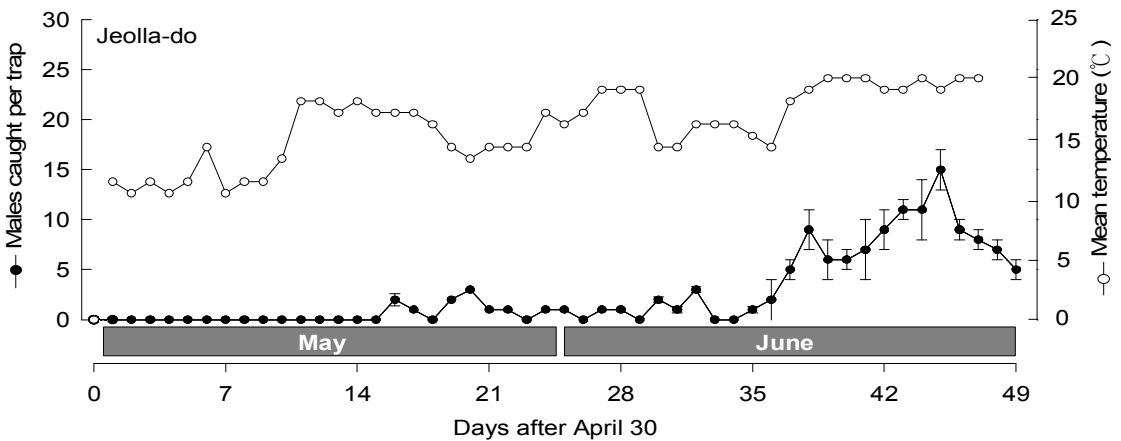
(가) 경상도



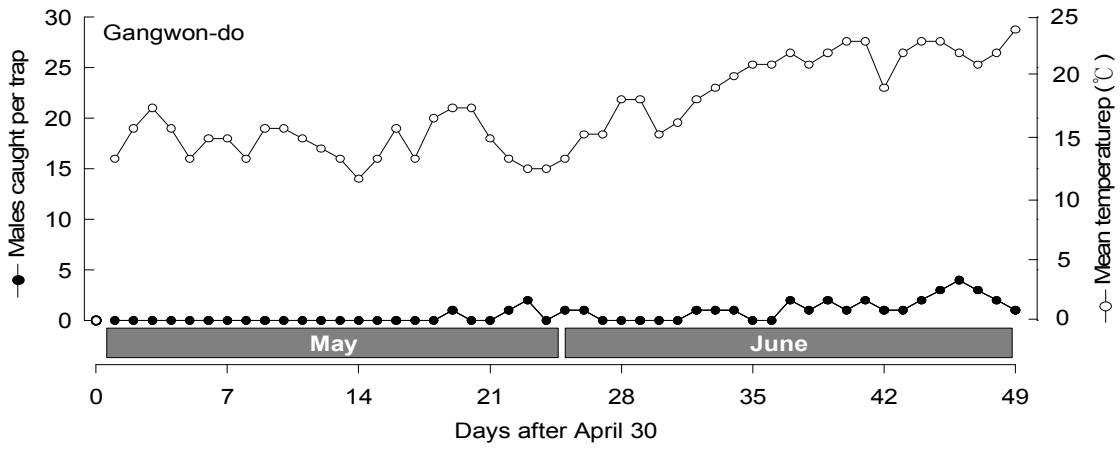
(나) 충청도



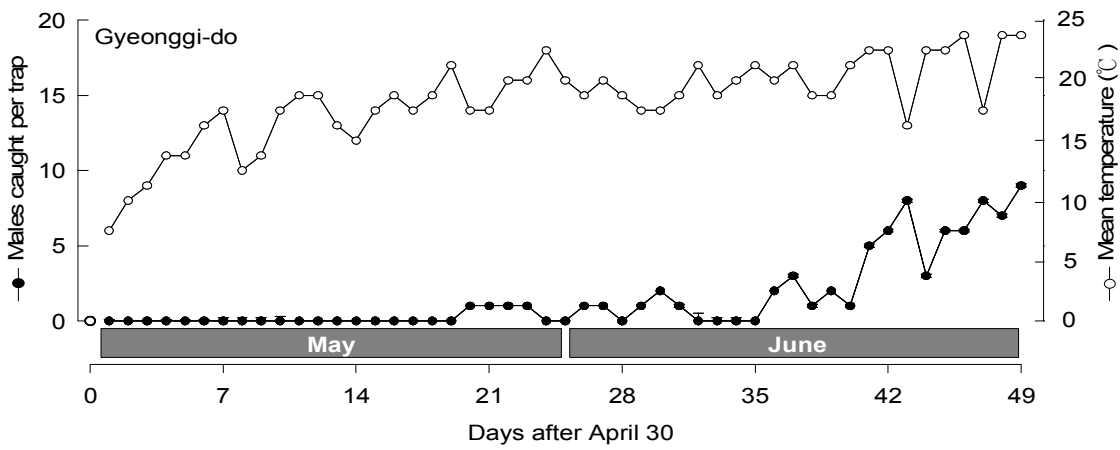
(다) 전라도



(라) 강원도

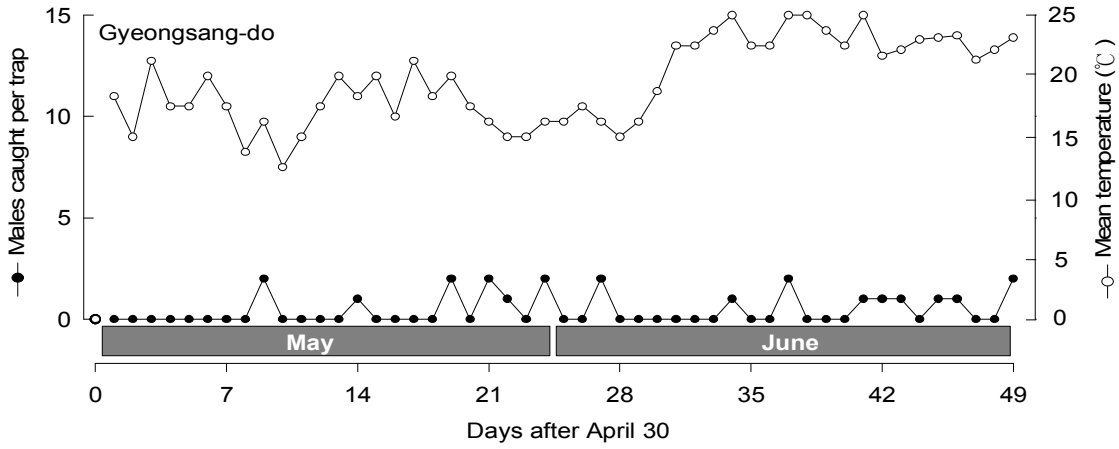


(마) 경기도

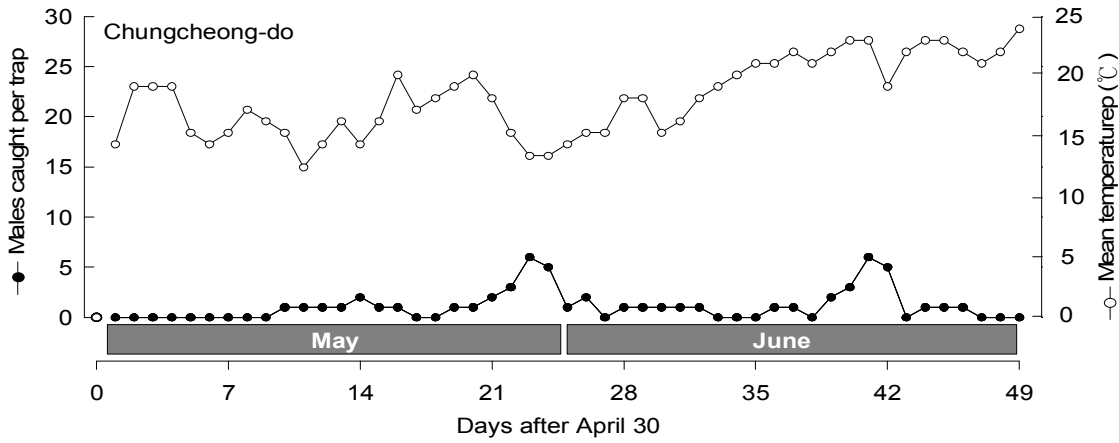


(4) 사과애모무늬잎말이나방 결과 분석

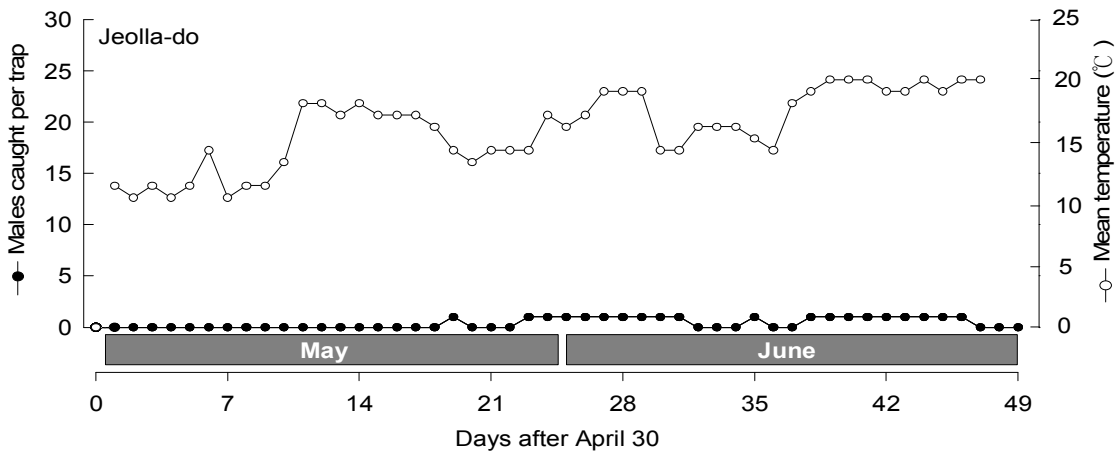
(가) 경상도



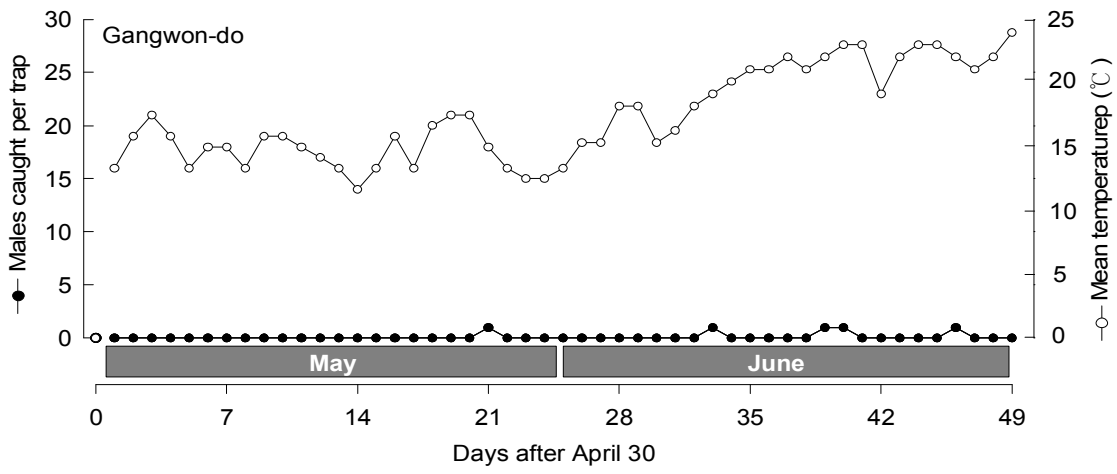
(나) 충청도



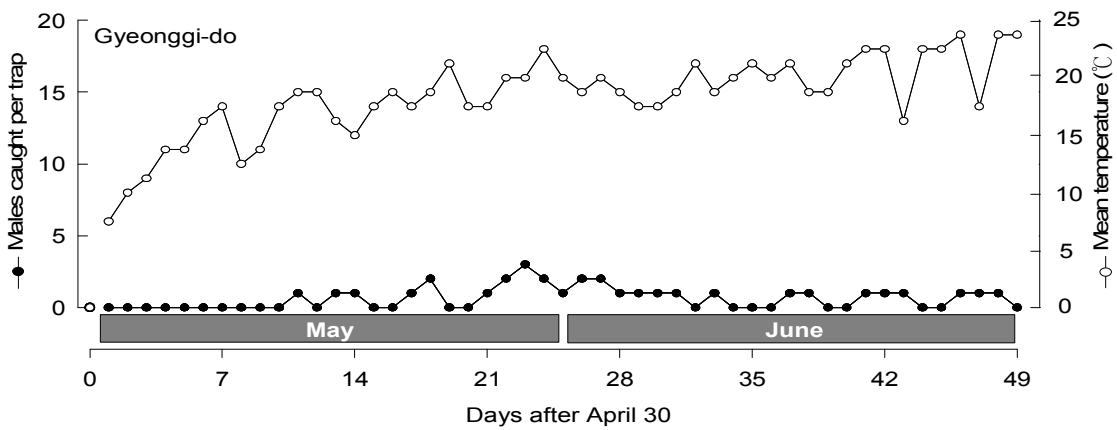
(다) 전라도



(라) 강원도



(마) 경기도



제 4 장 목표달성도 및 관련분야에의 기여도

1. 목표 달성도

○ 당초 목표

- (1) 사과원 발생 나비목 해충의 무인 자동 모니터링 시스템 구축
- (2) 무인 모니터링 시스템을 이용한 이용자 편의 환경 구축
- (3) 특허, 논문화

○ 달성도

- (1) 해충 무인 자동 모니터링 시스템 구축(100%)
 - 현장 적용형 IT 페로몬 트랩 구축
 - 해충 방제 정보 시스템 구축
- (2) 무인 모니터링 시스템을 이용한 이용자 편의 환경 구축(100%)
 - 웹환경 구축에 따라 사용자 편의형 구축
 - 조기 경고 장치 발동으로 편의성 증대
 - 농가 환경 정보(온도, 강우)에 대한 모니터링 시스템 구축
- (3) 특허, 논문화(100%)
 - 특허 등록, 국내 및 SCI 논문 발표, 기술이전, 상품화

2. 관련 분야 기여도

(1) 기술적 측면

㉞ IT-페로몬 트랩 개발

- 다양한 전국 지역별 해충발생 정보의 상시 수집
 - 페로몬을 이용한 전국 해충발생 정보 파악에 있어서 가장 큰 어려운 점인 전문 인적 자원 고용 및 출장에 따른 시간 소요를 해결하게 한다.
- 지역/시기별 해충의 발생상황의 인터넷 접속으로 전국 어디에서나 정보 접근 가능
 - IT 페로몬 트랩으로 오는 정보는 인터넷 웹환경으로 모아지고, 이를 다시 정보 가공을 통해 도식화된 자료로 제공하게 된다. 관련 모든 자료를 사용자 기준에 맞추어 제작되도록 프로그램 개발된다.

㉞ IT-페로몬 트랩을 이용한 해충 관리 경보체계 구축

- 페로몬 모니터링 밀도와 과실피해의 상관관계는 IT-페로몬 트랩의 밀도정보를 이용하여 방제경보체계를 구현할 수 있다.

㉔ IT-페로몬 트랩의 다양한 해충에 적용

- 본 연구에서는 사과 나비목 해충을 기준으로 IT-페로몬 트랩 개발된다.
- 동일한 원리로 페로몬 lure만 바꾸면 동일한 트랩을 타 작목 해충 발생지역에서 사용이 가능하여 진다.

(2) 경제적 · 산업적 측면

- 현장 모니터링 요원들에 의한 해충 모니터링에 소요되는 막대한 예찰 비용의 절감을 기대할 수 있다.

제 5 장 연구개발 성과 및 성과활용 계획

1. 연구개발 성과

(1) 논문 발표 실적

○ 국내 전문학술지 1건

서삼열, 정성채, 구태익, 김용, 이영태, 김용균. 2011. 복숭아순나방(*Grapholita molesta*)의 월동세대 밀도분석을 위한 무인 모니터링 페로몬 트랩 적용. 한국응용곤충학회지 50: 29-37.

○ SCI 논문 1건

Kim YG, Jung S, Kim Y, Lee Y. 2011. Real-time monitoring of oriental fruit moth, *Grapholita molesta*, populations using a remote sensing pheromone trap in apple orchards. Journal of Asia-Pacific Entomology 14: 259-262.

(2) 특허등록 1건

등록번호 10-0982563

특허명 : 페로몬트랩 기반의 복숭아순나방 발생변화 무인 모니터링 시스템

등록특허 10-0982563



(19) 대한민국특허청(KR)

(12) 등록특허공보(B1)

(45) 공고일자 2010년09월15일

(11) 등록번호 10-0982563

(24) 등록일자 2010년09월09일

(51) Int. Cl.

A01M 1/02 (2006.01) A01M 1/20 (2006.01)

(21) 출원번호 10-2010-0001420

(22) 출원일자 2010년01월07일

심사청구일자 2010년01월07일

(56) 선행기술조사문헌

KR1020000043788 A*

KR200221503 Y1*

JP03796526 B2

KR1020000059090 A

*는 심사관에 의하여 인용된 문헌

(73) 특허권자

안동대학교 산학협력단

경북 안동시 송천동 안동대학교

주식회사 그린 아그로텍

경북 경산시 압량면 인안리 106-2

김용

경기 안양시 동안구

(72) 발명자

박만웅

대구 동구 효목동

정성채

경북 경산시 대평동

(뒷면에 계속)

(74) 대리인

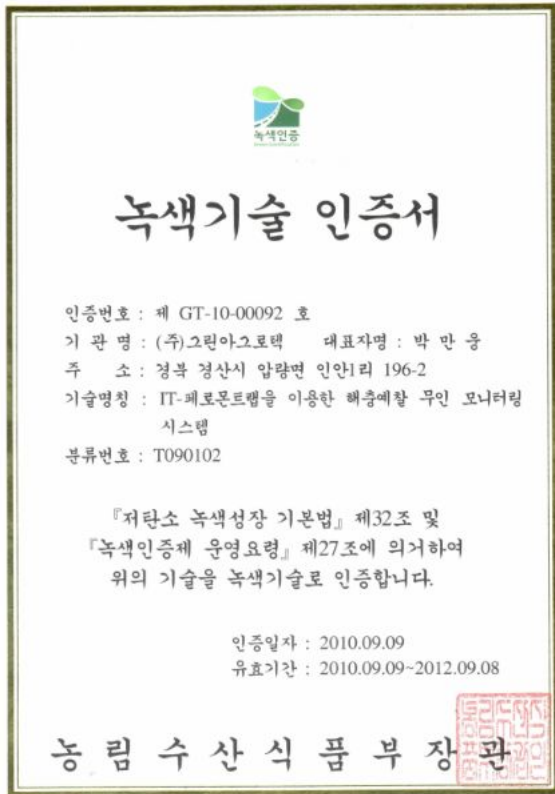
유병선

전체 청구항 수 : 총 8 항

심사관 : 권오민

(54) 페로몬트랩 기반의 복숭아순나방 발생변화 무인 모니터링 시스템

(3) 녹색기술인증서 획득



(4) 기술이전 및 기술료 취득

기술실시계약서 - 2011년 7월

기술료 징수액: 60,000천원(정부출연금의 20%)

기술 실시 계약서

- 연구개발과제명 :IT-페로몬 기술을 이용한 사과원 나비목 해충 무인 모니터링 시스템
개발 : IT-페로몬 트랩 정보화 기술 개발
- 총 연구개발비 : 405,000천원 (정부출연금액 : 300,000천원, 참여기업부담금액 : 105,000천원)
- 기술료 징수액 : 60,000천원 (정부출연금액의 20%)
- 기술사용기간 : 8년 (2011.07.06~2019.07.05)
- 계약당사자
(갑) 주관연구기관 : 안동대학교 산학협력단
(을) 실시기업(참여기업) : (주)그린아그로텍

실시기업대표자 (이하 "실시자"라 한다)와 주관연구기관장은 주관연구기관이 농림수산식품부 "농림기술개발사업"으로 개발한 KNOW-HOW(이하 "기술"이라 한다)를 실시자가 실시함에 있어 다음과 같이 계약을 체결한다.

제1조 (정의)



(5) 상품화 및 사업화 실적

본 연구에서 개발된 IPT의 2010년부터 사업화가 이루어 졌다. 대체적으로 사업화는 농촌진흥청 주도로 이루어 졌으며 2011년 현재에도 사업화 방향은 변하지 않았다.

표. 2010 IT 페로몬 트랩 사업화 지역 정보 및 목적

연도	지역	구입처	구입수	목적	
2010	강원	삼척농업기술센터	1	◦ 선도농가 무인 모니터링 시범 운행	
	경기	여주과수연구회	5	◦ 연구회 연구목적 및 정보공유 다변화 전략	
		이천농업기술센터	2	◦ 선도농가 및 정보화 영농인 육성 및 시범	
		화성과수연구회	1	◦ 연구회 연구목적 및 정보공유 다변화 전략	
	충북	괴산과수연구회	4	◦ 정보공유 전략 및 무인 모니터링 활용 적기 방제	
		음성농업기술센터	2	◦ 선도농가 무인 모니터링 시범 운행	
		충주농업기술센터	5	◦ 지역 특화사업 전략화 및 효율적 지역 모니터링	
		보은농업기술센터	4	◦ 효율적 지역 모니터링 및 정보공유 다변화 전략	
	충남	연기농업기술센터	2	◦ 선도농가 무인 모니터링 시범 운행	
	전북	무주농업기술센터	4	◦ 지역 특화사업 전략화 및 효율적 지역 모니터링	
	전남	구례농업기술센터	2	◦ 효율적 지역 모니터링 및 정보공유 다변화 전략	
	경북	경북도원	13	◦ 유비쿼터스 영농	
		예천과수연구회	예천과수연구회	4	◦ 지역 특화사업 강화 및 정보공유 다양화
			봉화농업기술센터	3	◦ 효율적 지역 모니터링 및 효율적 정보공유
군위사과시험장			2	◦ IPT 시범운영 및 효율성 제고	
안동대학교			1	◦ IPT를 이용한 모니터링 및 연구	
합	7	16	55		

2010년부터 2011년 현재까지 사업화로 시판된 기관의 면면을 보면 농촌진흥청 주도 하에 지역의 농업기술센터가 지역 사업으로 전체 판매에 약 90% 가량을 차지하고 있고, 나머지는 도 농업기술원 주도로 2건의사업화, 지역의 과수연구회에서 4건 사업화를 그리고 대학으로 1건의 판매가 있었다. 2010년도 IPT 사업화에는 9지역의 농업기술센터에 25대를 경북도원에 13대를 4지역 과수연구회에서 14대를 사과시험장에 2대를 마지막으로 안동대에 1대를 판매하였다. 판매된 총 판매액은 287,300,000원 이었다.

표. 2011 IPT 사업화 지역 정보 및 목적

연도	지역	구입처	구입수	목적	
2011	강원	원주농업기술센터	6	<ul style="list-style-type: none"> ◦ 모니터링 힘든 지역의 효율적 모니터링 및 해충 정보 누적 ◦ 효율적 모니터링 및 정보공유 다양화 ◦ 지역 특화사업 강화 및 전략적 운영 ◦ 선도농가 무인 모니터링 시범운영 ◦ 해충 모니터링 정보화 구축 및 활용 ◦ 정보화 영농인 육성 및 시범 	
		경기	과주농업기술센터		6
	경기	평택농업기술센터	6		
		충북	영동농업기술센터		6
	충북	단양농업기술센터	6		
		충남	아산농업기술센터		6
	충남	공주농업기술센터	6		
		전북	임실농업기술센터		6
	전북		장수농업기술센터		6
		전북	전북도원		15
	전남	나주농업기술센터	6		
	경북	경북	포항농업기술센터		7
			영주농업기술센터		6
			경산농업기술센터		6
			영양농업기술센터		6
			영덕농업기술센터		6
			봉화농업기술센터		6
			영천농업기술센터		1
경남	경남	밀양농업기술센터	6		
		거창농업기술센터	6		
		산청농업기술센터	6		
		합천농업기술센터	6		
합	9	22	137		

2011년도 IPT 사업화에는 전년 대비 그 규모가 더 커졌으며 판매액도 상승하였다. 그러나 구입처의 면면은 2개 기관으로 단순해 졌다. 21개 지역의 농업기술센터에 122대를 전북도원에 15대를 판매 하였다. 2011년 IPT 사업으로 예상되는 총 판매액은 891,000,000원이다

2. 성과활용 계획

(1) 사업화 계획 - (주) 그린아그로텍

국내 사업화 주로 정부기관 중심으로 진행되었고 시행되어 왔다. IPT의 시스템과 가격이 개개인의 사용자가 구매하기 힘들기 때문이다. 그러나 정부기관 중심의 주도로 사업은 형성되고 있으나, 그 사용자가 모두 농민들임을 생각하면 사업화 진행이 바람직하다고 보고 있다. 구매 부담 큰 기기이기 때문에 정부의 지원으로 개인이 구매하지 않아도 지역에 IPT가 설치되고 농민들에게 정보를 제공하고 있어, 지원을 하는 정부와 지원을 받는 농민, 판매를 하는 업체 모두에게 좋은 성과를 주고 있다. 그러나 이 방법은 국내에 국한되며 또한, 국내라 하더라도 지속적이지 못한 한계를 가지고 있다. 국내의 한계를 국제화시키기에 다음과 같이 진행될 5년간 사업화 시행 계획을 마련했다. 5년간 시행계획에 구체적인 판매수나 금액을 기입하기는 힘들다. 이유는 본 연구개발의 IPT는 국내는 물론 해외에도 유사시스템이 없으며 경쟁

업체도 파악되지 않은 상황으로 기재된 시장이 없는 상태이다. 구체적인 금액보다 구체적인 행동들을 계획함으로 성공적 사업화를 이루려 노력한다.

연도	시장형성	판매전략	
2012	정부주도	◦ 정부주도 사업에 적극 협조	-철저한 A/S -유용하고 다양한 콘텐츠개발
		◦ 다양한 마케팅 활용	-농업전문저널 광고 및 IPT관련 기고 -농업신문 광고 -농업제품 전시회 참여
2013	정부주도	◦ 정부주도 사업에 적극 협조 ◦ IPT 버전업	-철저한 A/S -유용하고 다양한 콘텐츠개발 -농민에 필요한 서비스 개발
	업체주도	◦ 다양한 마케팅 활용 ◦ 국제화 계획 구축	-농업전문저널 광고 및 IPT관련 기고 -농업신문 광고 -유력 해외 농업전시회 정보 구축 (유럽, 미국, 일본 등) -유명 해외 저널에 시스템 소개
2014	정부주도	◦ IPT portable 시스템 개발	-다양한 기능과 해충 선택이 가능한 시스템의 트랩개발 -조작, 설치, 이동이 편리하고 쉬운 트랩 개발
		◦ 정부주도 사업에 적극 협조	-철저한 A/S -유용하고 다양한 콘텐츠개발 -농민에 필요한 서비스 개발
	업체주도	◦ 국제 판매	-현지 실정 자료 구축 -버전업 IPT 판매 -해충 정보공유 정부와 공조시스템 개발 -IPT 전용 영문 홈페이지 개설
		◦ 다양한 마케팅 활용	-유력 해외 농업전시회 참전 -정부기관활용 해외무역투자사절단 참여
2015	업체주도	◦ IPT portable 국내판매	-기존 IPT 관리 철저 -철저한 A/S
		◦ IPT portable 해외판매	-코드링나방과 같은 경제성 있는 트랩개발 -해외특허 출원 -해외 전시 및 다양한 온라인 마케팅pool 활용
2016	업체주도	◦ IPT portable 국내판매	-기존 IPT 관리 철저 -철저한 A/S
		◦ IPT portable 해외판매	-현지 실정이 맞춘 경제성 있는 트랩개발 -해외특허 전략적 등록 -국가를 상대로한 현지업체와 공동 마케팅 -미국 USDA와 같은 현지 정부기관 활용

(2) 성과 확산

매뉴얼 책자 발간: “IT- 페로몬 트랩의 원리와 적용”

- IT-페로몬 트랩 원리
- IT-페로몬 기기 구성
- 현장적용 기술
- 응용 분야

(3) 차기 연구

- “전국 복숭아순나방 발생 무인모니터링 시스템 구축” - 농림부
- 전작물 해충(과밤나방, 배추줄나방, 노린재류)에 적용 - 농진청
- 삼림해충 - 산림청
- 특정 테마별: “지구온난화에 따른 곤충상 변화 무인 모니터링 기술개발” - 환경부
 - ▷ 제주도에서 강원도까지
 - ▷ 딱정벌레류, 나방류, 파리류

제 6 장 연구개발과정에서 수집한 해외과학기술정보

1. 본 연구관련 국내외 기술수준 비교

개발기술명	관련기술 최고보유국	현재 기술수준		기술개발 목표수준	비고
		우리나라	연구신청팀		
IT-페로몬 트랩 모니터링	한국	100%	100%	-	최초 시도 및 상품화

2. 특허분석

가. 특허분석 범위

대상국가	국내, 국외(미국, 일본, 유럽)
특허 DB	특허정보원 DB(www.kipris.or.kr)
검색기간	19880101 ~ 20071231 (최근 20년간)
검색범위	제목 및 초록

나. 특허분석에 따른 본 연구과제와의 관련성

개발기술명	IT-페로몬 트랩 모니터링	
Keyword	페로몬	
검색건수	52	
유효특허건수	7	
핵심특허 및 관련성	특허명	과수나방류 발생예찰용 성페로몬 트랩
	보유국	한국
	등록년도	2000
	관련성(%)	50%
	유사점	페로몬 모니터링
	차이점	바이오센서나 IT 기술의 부재
핵심특허 및 관련성	특허명	나방류 포충기
	보유국	한국
	등록년도	2001
	관련성(%)	50%
	유사점	페로몬 모니터링
	차이점	바이오센서나 IT 기술의 부재
핵심특허 및 관련성	특허명	해충 유인용 페로몬 방출분배기
	보유국	한국
	등록년도	2004
	관련성(%)	50%
	유사점	페로몬 모니터링
	차이점	바이오센서나 IT 기술의 부재

3. 논문분석

가. 논문분석 범위

대상국가	미국, 일본, 유럽, 한국
논문 DB	pubmed DB(www.ncbi.nlm.nih.gov), 한국응용곤충학회지
검색기간	19880101 ~ 20071231 (최근 20년간)
검색범위	제목, 초록 및 키워드

나. 논문분석에 따른 본 연구과제와의 관련성

개발기술명	IT-페로몬 트랩 모니터링	
Keyword	apple, monitoring, pheromone, 사과, 모니터링, 페로몬	
검색건수	국외 (20건), 국내 (10건)	
유효논문건수	국외 (20건), 국내 (10건)	
핵심논문 및 관련성	논문명	Factors influencing the effectiveness of an attractice formulation against the oriental fruit moth, <i>Grapholita molesta</i>
	학술지명	Entomologia Experimentalis et Applicata
	저 자	Evenden ML, McLaughlin JR
	게재년도	2004
	관련성(%)	50%
	유사점	페로몬 모니터링
	차이점	바이오센서나 IT 기술의 부재
핵심논문 및 관련성	논문명	New mimics of the acetate function in pheromone-based attraction
	학술지명	Bioorganic & Medicinal Chemistry
	저 자	Hoskovec M, Hovorka O, Kalinova B, Koutek B, Streinz L, Svatos A, Sebek P, Saman D, Vrkoc J
	게재년도	1996
	관련성(%)	50%
	유사점	페로몬 조성
	차이점	바이오센서나 IT 기술의 부재
핵심논문 및 관련성	논문명	사과원에서의 사과무늬잎말이나방의 성페로몬 조성과 활성
	학술지명	한국응용곤충학회지
	저 자	정충렬, 한경식, 정진교, 최경희, 이순원, 부경생
	게재년도	2001
	관련성(%)	50%
	유사점	페로몬 모니터링
	차이점	바이오센서나 IT 기술의 부재

제 7 장 참고문헌

- Ahn, S.B., H.W. Koh and Y.I. Lee. 1985. Study on apple pests and natural enemy. Res. Rept. RDA. Crop Prot. pp. 417-428.
- Boo, K.S. 1998. Variation in sex pheromone composition of a few selected lepidopteran species. J. Asia Pac. Entomol. 1: 17-23.
- Brochert, D.M., R.E. Stinner, J.F. Walgenbach and G.G. Kenedy. 2004. Oriental fruit moth (Lepidoptera: Tortricidae) phenology and management with methoxyfenozide in North Carolina apples. J. Econ. Entomol. 97: 1353-1364.
- Cho, Y.S., J.H. Song and H.S. Whang. 2010. Seasonal catch and control of *Grapholita molesta* (Lepidoptera: Tortricidae) and *Adoxophyes orana* (Lepidoptera: Tortricidae) by mating disruption in pear orchards. Kor. J. Appl. Entomol. 49: 139-144.
- Choi, K.H., S.W. Lee, D.H. Lee, D.A Kim and S.K. Kim. 2008. Recent occurrence status of two major fruit moths, oriental fruit moth and peach fruit moth in apple orchards. Kor. J. Appl. Entomol. 47: 17-22.
- Han, K.S., J.K. Jung, K.H. Choi, S.W. Lee and K.S. Boo. 2001. Sex pheromone composition and male trapping of the oriental fruit moth, *Grapholita molesta* (Lepidoptera: Tortricidae) in Korea. J. Asia Pac. Entomol. 4: 31-35.
- Jung, S. and Y. Kim. 2008. Comparative analysis to damage reduction of host plant by applying a mating disruptor of the oriental fruit moth, *Grapholita molesta* in two different cultivation environments of apple orchard. Kor. J. Appl. Entomol. 47: 51-57.
- Kim, D.S., K.S. Boo and H.Y. Jeon. 2004. Evaluation of pheromone lure of *Grapholita molesta* (Lepidoptera: Tortricidae) and forecasting its phenological events in Suwon. Kor. J. Appl. Entomol. 43: 281-289.
- Kim, Y., S. Bae, S. Bae, H. Yoon and Y.P. Hong. 2006. Chemical synthesis and orientation disruption bioassay of sex pheromone of the oriental fruit moth, *Grapholita molesta* (Busck). Kor. J. Appl. Entomol. 45: 309-316.
- Kim, Y., S. Bae, Y. Son and J. Park. 2009. Analysis of migration of the oriental fruit moth, *Grapholita molesta*, in apple-cultivating areas based on population monitoring using sex pheromone and RAPD molecular marker. Kor. J. Appl. Entomol. 48: 211-219.
- Kim, Y., S. Jung, S. Bae, B. Kwon, H. Yoon and Y.P. Hong. 2007. Factors influencing field monitoring of the oriental fruit moth, *Grapholita molesta*, with sex pheromone. Kor. J. Appl. Entomol. 46: 349-356.

- Park, J., Y. Son, S. Bae and Y. Kim. 2008. Genetic differentiation of overwintering populations of oriental fruit moth, *Grapholita molesta*, and their movement. Kor. J. Appl. Entomol. 47: 201-208.
- Pree, D. J., K. J. Whitty, G. M. Walker and L. Van Driel. 1998. Resistance to insecticides in oriental fruit moth populations (*Grapholita molesta*) from the Niagara peninsula of Ontario. Can. Entomol. 130: 245-256.
- Rice, R.C., C.V. Weakley and R.A. Jones. 1984. Using degree day to determine optimum spray timing for the oriental fruit moth (Lepidoptera: Tortricidae). J. Econ. Entomol. 77: 698-700.
- SAS Institute, Inc. 1989. SAS/STAT user's guide, Release 6.03, Ed. Cary, N.C.
- Yang, C.Y., K.S. Han and K.S. Boo. 2001. Occurrence of and damage by the oriental fruit moth, *Grapholita molesta* (Busck) (Lepidoptera: Tortricidae) in pear orchards. Kor. J. Appl. Entomol. 40: 114-123.
- Yang, C.Y. 2005. Insect sex pheromone and their use in pest management. Kor. Res. Soc. Prot. Hort. 14: 30-36.
- Yokoyama, V.T. and G.T. Miller. 1988. Laboratory evaluations of oriental fruit moth (Lepidoptera: Tortricidae) oviposition and larval survival on five species of stone fruits. J. Econ. Entomol. 81: 867-872.

주 의

1. 이 보고서는 농림수산식품부에서 시행한 생명산업기술개발사업의 연구보고서입니다.
2. 이 보고서 내용을 발표할 때에는 반드시 농림수산식품부에서 시행한 생명산업기술개발사업의 연구결과임을 밝혀야 합니다.
3. 국가과학기술 기밀유지에 필요한 내용은 대외적으로 발표 또는 공개하여서는 아니됩니다.