

# 복숭아순나방(*Grapholita molesta*)의 월동세대 밀도 분석을 위한 무인 모니터링 페로몬 트랩 적용

서삼열 · 정성채<sup>1,2</sup> · 구태익<sup>1</sup> · 김 용<sup>1,3</sup> · 이영태<sup>1</sup> · 김용균\*

안동대학교 생명자원과학과, <sup>1</sup>안동대학교 바이오전자공학과, <sup>2</sup>(주) 그린아그로텍, <sup>3</sup>(주) 디지털솔루션

## Application of a Remote-sensing Pheromone Trap for Analysis of Overwintering Population of the Oriental Fruit Moth, *Grapholita molesta*

Samyeol Seo, Seongchae Jung<sup>1,2</sup>, Taic Gu<sup>1</sup>, Yong Kim<sup>1,3</sup>, Youngtae Lee<sup>1</sup> and Yonggyun Kim\*

Department of Bioresource Sciences, Andong National University, Andong 760-749, Korea

<sup>1</sup>Department of Bioelectronic Engineering, Andong National University, Andong 760-749, Korea

<sup>2</sup>Green Agro Tech, Inc., Gyeongsan 712-240, Korea

<sup>3</sup>Digital-Solution, Inc., Uiwang 437-010, Korea

**ABSTRACT:** A remote sensing pheromone trap called IT pheromone trap (Korean patent: 10-0982563) was applied to monitor overwintering population changes of the oriental fruit moth, *Grapholita molesta*, for three successive years in apple orchards. Males of the overwintering populations were attracted during April and May. However, the occurrence peak was delayed and extended to early June in 2010, at which the average spring temperature was significantly lower than the previous years. These overwintering populations could be monitored by the remote-sensing pheromone trap. When the remote-sensing pheromone traps were deployed to apple orchards of different provinces in Korea in 2010, the maximal overwintering populations of *G. molesta* were monitored at May in all areas. However, the population sizes monitored were significantly different among different localities. This study suggests a practical application of IT pheromone trap to monitor *G. molesta* in field conditions.

**Key words:** *Grapholita molesta*, Remote sensing technology, Overwintering population, Monitoring, Sex pheromone

**초 록:** 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.

**검색어:** 복숭아순나방, 원격감지기술, 월동세대 밀도, 모니터링, 성페로몬

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 해충

\*Corresponding author: hosanna@andong.ac.kr

Received January 19 2011; Revised March 10 2011;

Accepted March 12 2011

으로 인식되지 않았으나 2000년대 초반부터 사과와 주요 해충으로 부각되었으며, 방제가 소홀할 경우 심각한 피해를 입히는 것으로 보고되었다(Yang *et al.*, 2001).

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). 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; Brochert *et al.*, 2004). 따라서 이 해충에 대한 지속적 밀도 변동 모니터링을 통해 방제 적기를 결정하는 것이 필요하다.

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 과수원에서 유사하게 나타나는 것으로 확인되었다(Cho *et al.*, 2010). 이와 같이 시기별 발생소장은 지역적으로 모두 유사하게 나타나나, 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 집단 발생량의 차이를 고려할 때 보다 연속적 집단 크기 모니터링이 요구되고 있다(Jung and Kim, 2008; Kim *et al.*, 2009).

성페로몬을 이용한 해충의 무인 모니터링시스템은 여러 연구자들에 의해 나방류(Schouest and Miller, 1994; Tobin *et al.*, 2009)와 저곡해충(Shuman *et al.*, 1996)을 대상으로 고안되고 적용되어 왔다. 그러나 이들 자동 모니터링 장치는 다시 주기적 방문을 통해 포획자료를 얻어오는 단점을 보였다. 본 연구에서

는 통신 기술을 이용하여 이러한 현장 방문 없이 원거리에서 실시간으로 해충의 포획정보를 파악하도록 개발된 IT페로몬트랩(대한민국 특허: 10-0982563)을 이용하여 복숭아순나방 야외 월동세대를 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(Gyeongsan, 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, Gyeonggi, Korea)으로 웹 사이트(www.it-trap.com)에 전송시켰다.

### 지역별 IT 페로몬트랩 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), 군위 사

과연구소(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.

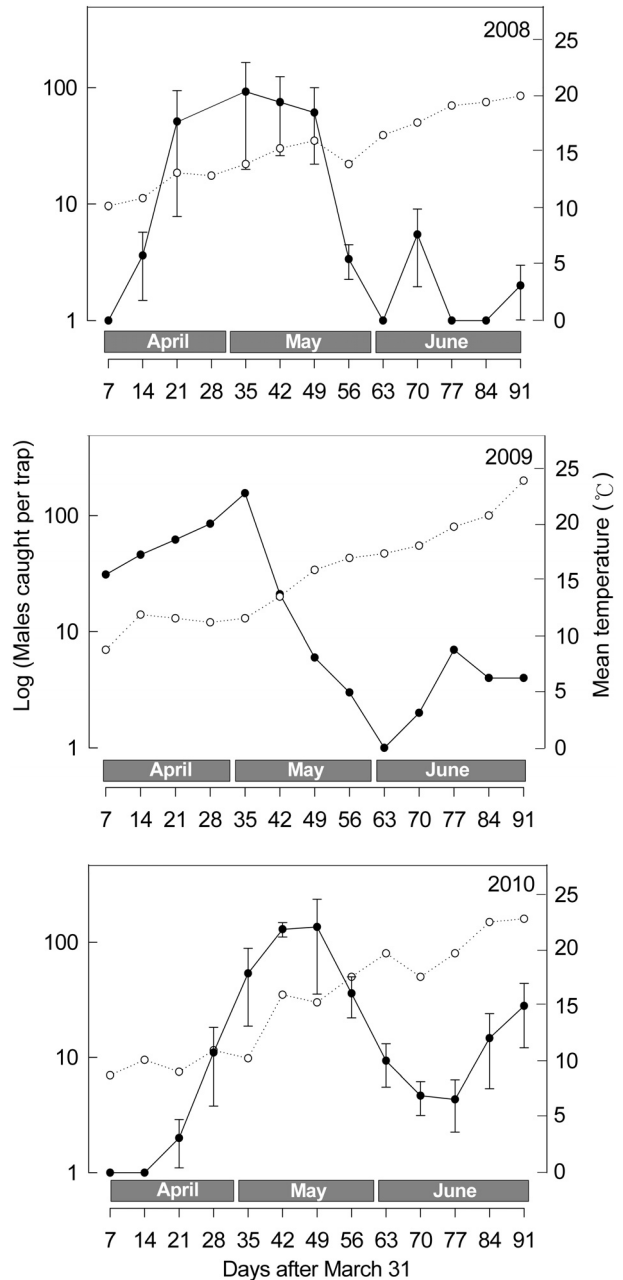
조사 자료가 백분율인 경우는 *arsine*으로 전환 후 ANOVA 분석하였다. SAS 프로그램(SAS Institute, 1989)의 PROC GLM, PROC CORR 그리고 PROC UNIVARIATE 이용하여 분산분석 및 중앙치 분석을 실시하였으며, 최소 유의차 검정법으로 평균간 차이를 제1형 오류가 0.05인 한계치에서 비교하였다.

## 결 과

### 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.

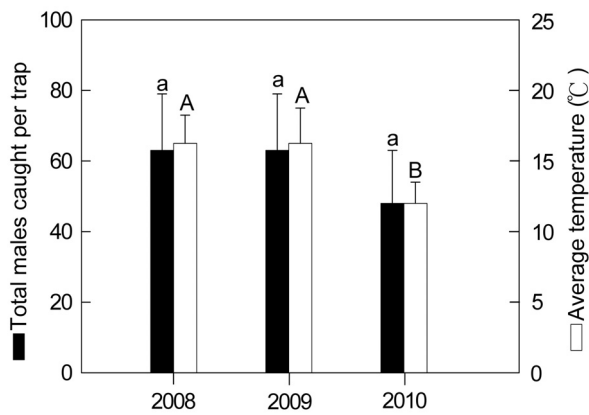
이러한 연도별 월동세대 성충 발생 차이를 이 기간의 평균 기온과 비교하여 보았다(Fig. 2). 2008년도와 2009년도는 발생량과 평균기온이 차이가 없음을 알 수 있었지만 2010년의 경우 발생량도 적고 평균 기온도 낮은 것으로 나타났다.



**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.

### IT페로몬트랩을 이용한 안동지역 복숭아순나방 월동세대 발생 상황 모니터링

이상에서 분석된 연간 복숭아순나방 월동세대 성충 발생 상



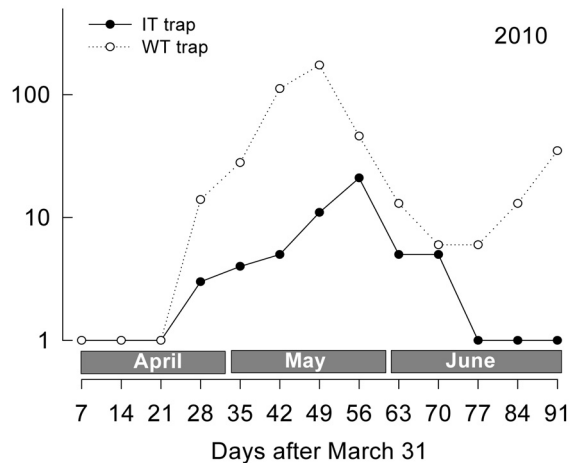
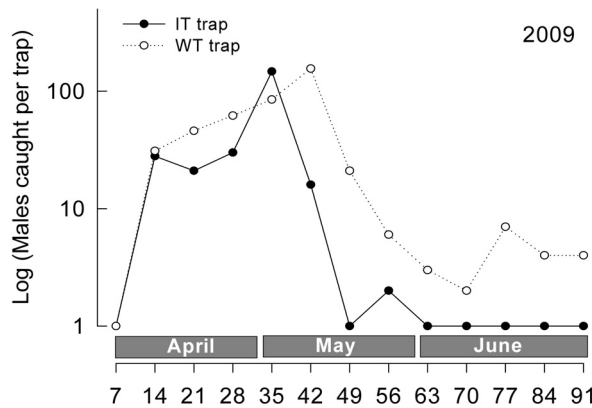
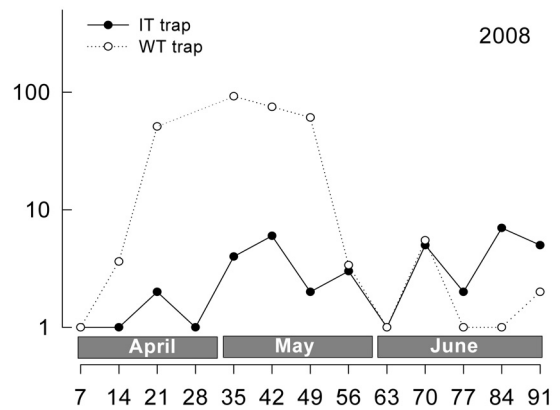
**Fig. 2.** Comparison of total male captures of overwintering populations of *Grapholita molesta* using remote-sensing IT pheromone traps from April to June in three different years. During this period, average temperatures were estimated in the monitoring places described in Fig. 1. Different letters 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).

황이 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.

### 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, 충청도, 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.

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 27



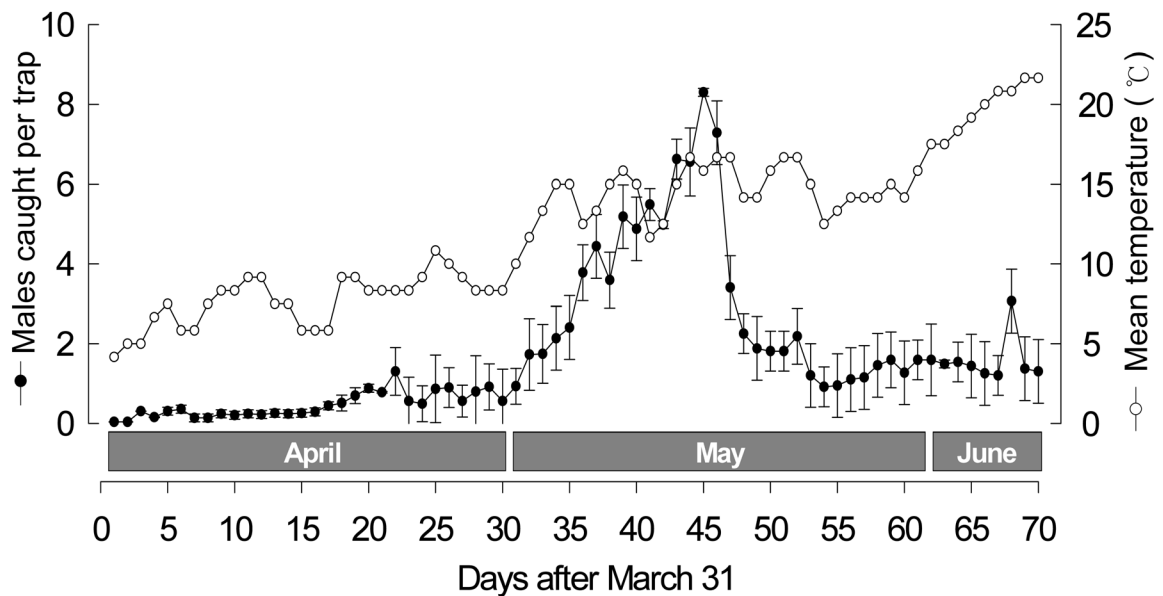
**Fig. 3.** Comparison of remote-sensing IT-pheromone trapping (IT) with a commercial wing type-sticky trapping (WT) on overwintering populations of *Grapholita molesta* from apple orchards, Andong, Korea in three different years.

일 그리고 충청도는 5월 13일로 나타났다. 그러나 이러한 월동세대 성충의 발생량에서는 도별로 현격한 차등을 보였으며( $F = 10.99$ ;  $df = 3, 77$ ;  $P < 0.0001$ ), 도내 지역간에도 뚜렷한 발생량 차이를 보였다( $F = 4.51$ ;  $df = 8, 77$ ;  $P = 0.0271$ ).

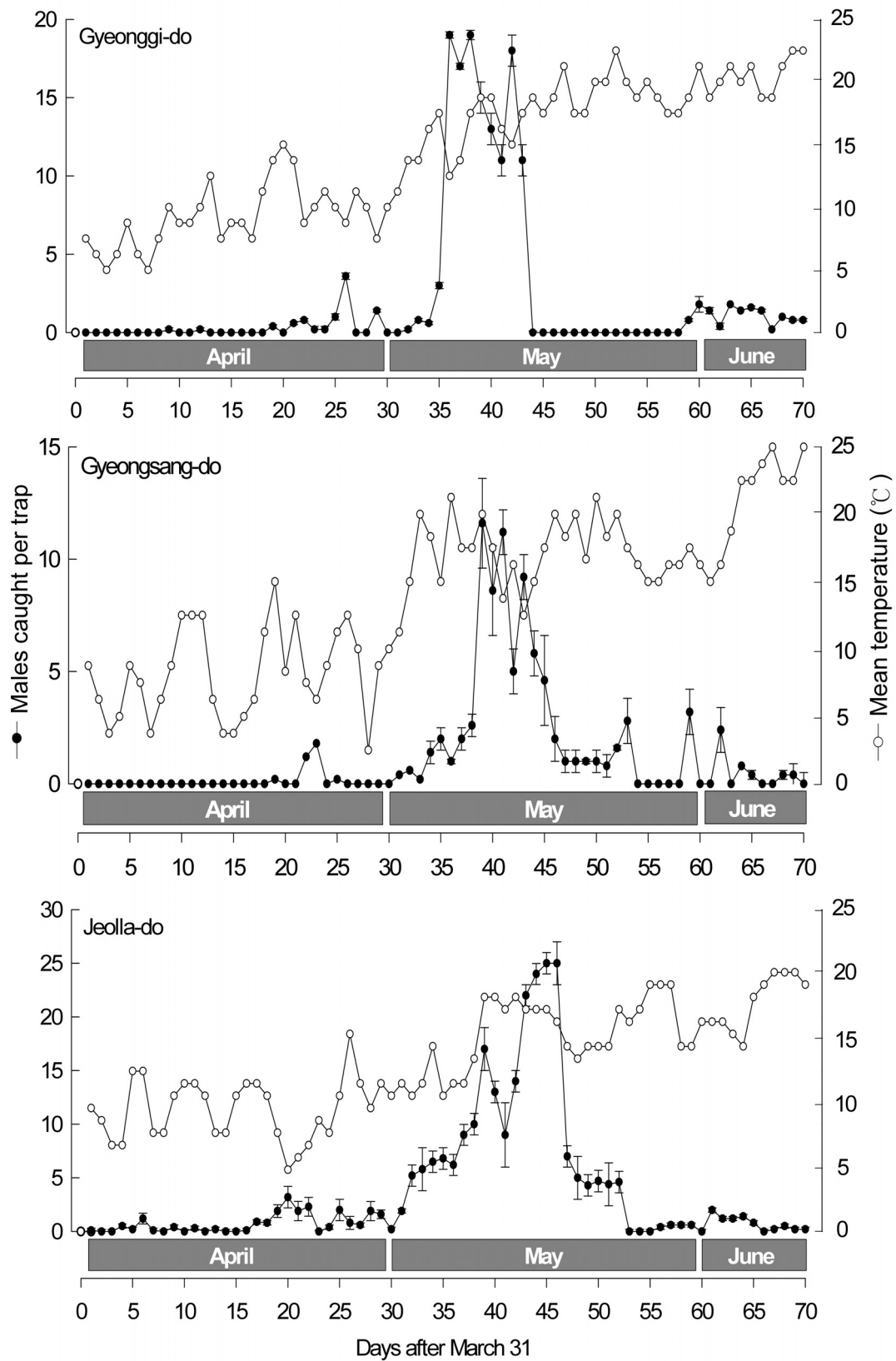
(A)



(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.



**Fig. 5.** Monitoring of overwintering populations of *Grapholita molesta* using remote-sensing IT pheromone traps in different provinces in 2010.

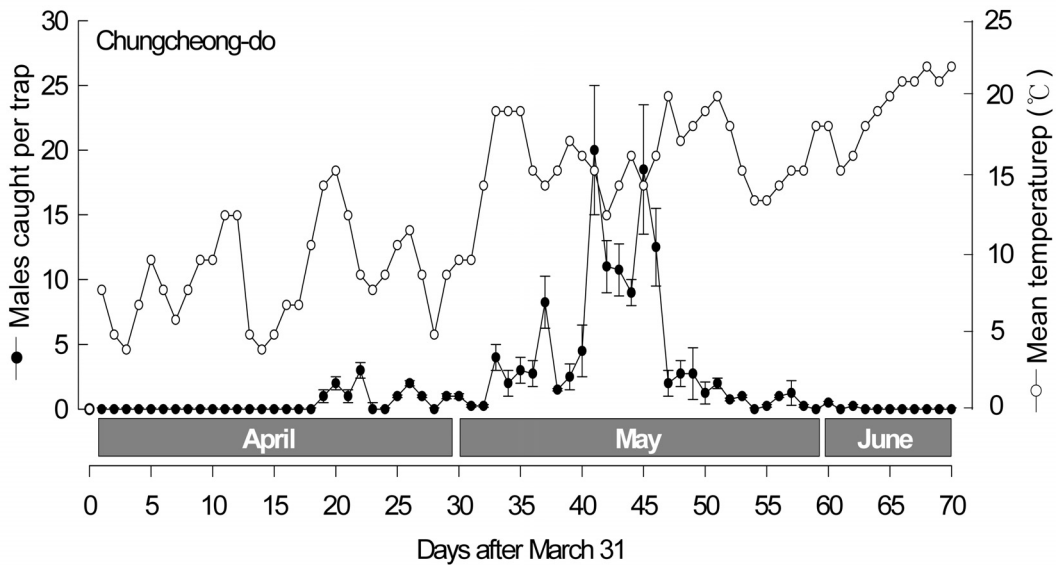


Fig. 5. Monitoring of overwintering populations of *Grapholita molesta* using remote-sensing IT pheromone traps in different provinces in 2010(Continued).

## 고찰

복숭아순나방은 사과 및 배 과수원 경작지를 중심으로 발생하며, 최근 들어 이들의 발생량이 지속적으로 늘고 있는 상황이다(Choi *et al.*, 2008). 안동지역 사과원의 경우 4월부터 10월까지 4회의 성충 발생 피크를 보였다(Kim *et al.*, 2007). 이들은 종령 유충으로 조피 틈에서 월동하여 이듬해 봄 4월부터 월동세대 성충 피크를 보이게 된다(Park *et al.*, 2008). 본 연구에서는 안동지역을 중심으로 3년 동안 발생된 복숭아순나방 월동세대를 기존의 wing trap으로 얻은 모니터링 자료로 비교 분석하였다. 기대한 바와 같이 4월부터 5월까지 월동세대 성충 피크를 보였다. 그러나 연도별로 차이가 있어 2010년의 경우는 봄철 이상 저온 현상으로 이들의 피크가 약 2주가량 지연되어 나타났다. 지난 2008년의 경우 이러한 월동세대 성충 발생은 또한 지역적으로 차이를 보여 남부지역인 경산의 경우가 안동지역보다 복숭아순나방 발생이 일찍 시작하는 것으로 보였다(Park *et al.*, 2008). 이러한 연도별 및 지역적 복숭아순나방 월동세대 성충 발생은 봄철의 온도에 따라 발생 시기와 밀도가 달라진다는 것으로 알 수 있다. 2010년의 월동세대 발생량이 적은 것과 밀접한 관련이 있는지는 좀 더 검토가 필요한 것으로 생각된다.

본 연구는 이러한 복숭아순나방의 발생 시기와 발생량의 차이를 파악하기 위해 무인 모니터링 시스템으로 분석하는 IT페로몬트랩을 사과원 복숭아순나방 집단에 적용하였다. 동일한 지역에서 기존의 페로몬트랩으로 얻은 모니터링 자료와 유사

하게 IT페로몬트랩으로 발생패턴을 재현시켰다. 그러나 포획 밀도에 있어서는 큰 차이를 보였다. 이러한 이유는 두 트랩에 있는 성페로몬의 유인력 차이보다 트랩에 유인된 곤충 포획 능력 차이로 설명된다. IT페로몬트랩의 경우는 funnel 형으로 성페로몬에 유인된 수컷이 성페로몬 아래 위치한 좁은 입구를 타고 떨어지는 것을 감지하는 장치로서, 유인은 되나 빠지지 않고 지나가는 성충의 경우에는 모니터링이 되지 않는다. 그러나 기존 트랩은 점착물질이 성페로몬 주변으로 처리하여 유인된 수컷 대부분이 포획되어 모니터링 밀도로 나타난다. 이러한 단점에도 불구하고 IT페로몬트랩이 기존 트랩과 유사한 성충 발생 패턴을 보일 수 있지만, 포획 능력을 제고시키는 개발 노력이 지속되어야 한다.

안동 지역에서 비교 검토된 IT페로몬트랩이 전국적으로 사과 및 배 과원에 배치되어 이에 대한 실효성을 검증받았다. 모든 지역에서 복숭아순나방의 월동세대 성충 발생이 IT페로몬트랩을 통해 모니터링 되었다. 안동지역과 유사한 시기에 전국적으로 복숭아순나방이 발생했다는 것을 파악할 수 있었다. 특별히 예년에 비해 특이한 2010년의 발생 자료가 거의 모든 지역에서 유사하게 지연 발생 패턴을 보여 IT페로몬트랩의 유용성을 보여주었다. 또한 이러한 무인 모니터링 장치는 지역별로 차이가 있는 복숭아순나방 발생량을 확인시켜 주었다. 즉, 이 모니터링 장치를 이용하여 복숭아순나방 발생시기와 발생량을 국부적으로 모니터링할 수 있다는 점을 나타냈다.

1990년도 초반부터 우리나라에서 성페로몬을 해충방제에

이용하려는 본격적인 연구가 시작되었다(Boo, 1998). 농작물에 피해를 주는 주요 해충의 성페로몬을 분석 및 동정하고 연구기관에서는 예찰과 방제에 대한 검증이 이루어졌다(Yang, 2005). 현재는 사과와 배를 가해하는 주요 해충인 심식나방류와 순나방류의 성페로몬이 동정되어 방제에 응용되고 있다(Kim *et al.*, 2004). 복숭아순나방 발생 밀도 모니터링에 현재까지 사용된 방법은 삼각형의 점착식 트랩에 포획된 성충의 수를 세는 방법이었다. 하지만 수작업으로 넓은 면적의 과수원을 조사 및 관리하는 현재의 방식은 상당한 시간 및 노동력을 요구하게 된다. 이는 본 연구에서 시도한 무인 모니터링 기술로 대체가 가능할 수 있게 되었다.

IT 트랩에 사용되는 방식은 실시간으로 포획 신호를 서버로 전송하고, 받아들이는 자료는 내부 데이터베이스에서 사용자가 볼 수 있는 웹환경으로 변환시켜 정보 조회가 가능하게 했다. 또한 IT 트랩은 CDMA 기반의 무선 통신 구현으로 보내고자 하는 신호를 그 신호의 주파수 대역 보다 증가시켜 전송하여 전송 주파수 대역내의 모든 IT 트랩의 정보를 단문문자서비스(SMS)를 이용하여 수신할 수 있게 했다. 이는 일정 임계치 이상의 해충 밀도가 발생했을 때 사용자에게 경보 신호를 보낼 수 있어 정보 기술 기반의 해충 관리가 가능하게 한다.

본 연구는 센서와 통신기술 그리고 성페로몬을 접목한 무인 모니터링 시스템인 IT페로몬트랩의 유용성을 복숭아순나방의 월동세대 모니터링을 통해 입증하였다. 이를 통해 사과, 배 등 핵과류의 과실을 직접 가해하는 복숭아순나방의 발생양상과 피해의 변동에 대해 전국적인 규모의 지속적인 관찰을 통해 월동세대의 우화시기와 최성기를 예찰할 수 있어 방제 적기에 신속한 방제를 가능하게 하여 피해를 줄이고 생산성을 증대를 가능하게 한다. 추후 다양한 곤충의 발생상황을 본 무인 모니터링 시스템을 이용한 적용 확대가 예견된다.

## 사 사

본 연구는(대과재: 바이오센서와 IT-페로몬 기술을 이용한 사과원 나비목 해충 무인 모니터링시스템 개발) 농림수산식품기술기획평가원의 지원을 받아 진행되었다.

## Literature Cited

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. 1989. SAS/STAT user's guide, Release 6.03, Ed. Cary, N.C.  
 Shuman, D., J.A. Coffelt and D.K. Weaver. 1996. A computer-based electronic fall-through probe insect counter for mon-



- 
- itoring infestation in stored-products. Trans. Am. Soc. Agr. Biol. Eng. 39: 1773-1780.
- Schouest, L.P. and T.A. Miller. 1994. Automated pheromone traps show male pink bollworm (Lepidoptera: Gelechiidae) mating response is dependent on weather conditions. J. Econ. Entomol. 87: 956-974.
- Tobin, P.C., K.T. Klein and D.S. Leonard. 2009. Gypsy moth (Lepidoptera: Lymantriidae) flight behavior and phenology based on field-deployed automated pheromone-baited traps. Environ. Entomol. 38: 1555-1562.
- 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: 117-123.
- 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.