

복숭아순나방(*Grapholita molesta*) 교미교란용 왁스형 페로몬방출기와 그 적용 기술 개발

정성채¹ · 박만웅¹ · 이순원² · 최경희² · 홍용표³ · 배성우 · 김용균*

안동대학교 생명자원과학과, ¹(주)그린아그로텍, ²원예연구소 사과시험장, ³안동대학교 화학과

Development of Wax-typed Pheromone Dispenser for Mating Disruption of the Oriental Fruit Moth, *Grapholita molesta*, and Its Application Technique

Sungchae Jung¹, Manwoong Park¹, Soonwon Lee², Kyunghee Choi², Yongpyo Hong³, Sungwoo Bae and Yonggyun Kim*

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

¹Green Agro Tech, Inc., Kyungsan 712-240, Korea

²Apple Experiment Station, National Horticultural Research Institute, RDA, Kunwi 716-810, Korea

³Department of Chemistry, Andong National University, Andong 760-749, Korea

ABSTRACT : A wax-typed pheromone dispenser has been developed and applied to control outbreak of the oriental fruit moth, *Grapholita molesta*, in apple orchard. To optimize its application technique, this study analyzed effect of different amounts of the pheromone dispenser on mating disruption ('MD') of *G. molesta*. Different pheromone dispenser amounts significantly influenced the MD effect assessed by cumulative male adult catches monitored respectively by sticky delta trap and food trap, and resulted in differential damage on host plants. In a field test during entire growing season, a standard amount (120 g per 0.117 ha) of wax-typed pheromone dispenser was proved to be effective to suppress outbreak of *G. molesta* adults and to prevent host plant damage as much as a current commercial MD product (Isomate[®]). This study also demonstrated an effectiveness of deployment of food trap barriers around MD-treated area to prevent immigration of mated females from outside untreated areas. These results indicate that the wax-typed pheromone dispenser can be applied to control field *G. molesta* populations and its co-application with food trap barriers would be optimal to maximize MD efficacy.

KEY WORDS : Apple, Dispenser, Food trap, *Grapholita molesta*, Mating disruption, Sex pheromone

초 록 : 왁스형 페로몬 방출기를 제작하여 사과원에 발생하는 복숭아순나방(*Grapholita molesta*) 밀도를 억제하기 위한 교미교란제로 응용하였다. 아울러 이 왁스형 교미교란제의 방제효과를 극대화하기 위해 본 연구는 처리량에 따른 복숭아순나방의 교미교란 효과를 비교 분석하였다. 이때 교미교란 효과를 모니터링 페로몬 트랩 및 먹이트랩에 유인되는 누적 성충 밀도의 감소 및 기주 식물의 피해로 분석한 결과, 왁스형 교미교란제 처리량에 따라 상이하게 나타났다. 개발된 왁스형 교미교란제를 기준량(350평당 120 g)으로 처리한 결과, 현재 상용화되고 있는 교미교란제(Isomate[®])와 뚜렷한 차이 없이 복숭아순나방 밀도 억제와 과실피해 감소효과를 나타냈다. 본 연구는 또한 교미교란 처리지역 가장 자리에 먹이트랩을 배치할 경우 비처리지역에서 유입되어 오는 교미한 암컷의 이동을 막는 효과가 있는 것으로 확인하였다. 이러한 결과들로 미뤄 왁스형 페로몬 방출기는 복숭아순나방 교미교란제로 응용될 수 있으며, 과수원 주변에 배치하는 먹이트랩과 혼용하는 경우 교미교란 효과를 증진시킬 수 있을 것으로 본다.

검색어 : 사과, 방출기, 먹이트랩, 복숭아순나방, 교미교란, 성페로몬

*Corresponding author. E-mail: youngnam@cnu.ac.kr

복숭아순나방(*Grapholita molesta*)은 연중 4-5회 성충 발생 피크를 보이며, 유충은 사과, 배 등 핵과류의 과실을 직접 가해하는 일차해충이다(Ahn *et al.*, 1985). 사과의 경우 과실에 직접 피해를 주는 나방류로 복숭아순나방과 더불어 복숭아심식나방(*Carposina sasakii*)을 포함시키지만, 복숭아순나방의 발생 밀도가 커서 사과 과실에 직접 경제적 손실을 끼치는 최대 주요 해충으로 여겨지고 있다(Song *et al.*, 2007). 그러나 피해를 주는 발육단계인 유충이 과실 내부에서 가해하고 있기 때문에 살충제의 직접 접촉이 어렵고, 이에 따른 다량의 화학농약 살포는 약제 저항성까지 발달시킬 수 있다는 보고가 있어 방제의 어려움을 가중시키고 있다(Pree *et al.*, 1998; Kanga *et al.*, 2001; Usmani and Shearer, 2001). 또한 이 해충에 의한 과실 피해는 화학농약의 살포가 어려운 사과 수확직전기간까지 미쳐 다른 방제 기술이 절실히 요구되고 있다. 이에 따라 복숭아순나방의 가해 습성 및 재배 환경에 따른 문제점을 해결하기 위한 대안 방제 기술로서 교미교란용 성페로몬제를 이용하는 수단이 제기되었고, 일부 농가에 적용되고 있다(Kim *et al.*, 2007b).

교미교란 기술은 대상 해충의 성페로몬을 유기 합성하여 서식지에 대량으로 살포하여 줌으로 발생지역 내의 대상해충의 교미를 방해하여 차세대 밀도를 줄이는 방법으로 개발된 해충방제 기술이다(Baker and Heath, 2005). 성페로몬은 종 특이적이며 극미량으로도 암수의 통신에 효과적으로 이용된다는 점에서 이를 응용한 방제 기술 개발이 기대된다고 볼 수 있다(Boo *et al.*, 2005). 특히, 나방류의 경우 교미통신은 해가 진 저녁 무렵부터 다음날 해가 뜨기 전 새벽까지, 시각보다는 주로 후각에 의존하기 때문에 성페로몬을 이용한 교미교란은 더욱 효과적일 수 있다(Cardé and Mink, 1995). 더욱이 많은 나방류 해충이 단일교배를 하며, 또한 암수 교미최성기가 있어 교미교란제에 의해 이러한 교미시기를 놓치면 아예 교미능력을 잃어버리거나 또는 무정난을 생산할 가능성이 높아진다. 비록 성페로몬이 화학물질이지만 극미량으로 살포되고 또한 휘발성이 높아 잔류성이 없기 때문에 방제효과만 보장된다면 환경친화형 방제 기술로서 현장 적용이 확대될 전망이다.

교미교란제를 이용한 복숭아순나방 방제 기술이 현장에 적용될 수 있도록 여러 제반 기술이 개발되어 왔다. 복숭아순나방의 성페로몬 조성이 밝혀졌고(George, 1965; Cardé *et al.*, 1979), 다량의 합성페로몬을 처리하는 경우 수컷으로 하여금 암컷의 탐색 능력을 저하시켜, 이에 따른 방제 효과가 화학 농약과 견줄 수 있다고 보고하였다

(Rothschild, 1975, 1979). 국내에서 복숭아순나방 집단에 효과적인 성페로몬 조성이 밝혀졌고(Boo, 1998), 이를 이용한 야외 집단의 모니터링(Yang *et al.*, 2001; Kim *et al.*, 2004) 및 교미교란기술(Yang *et al.*, 2003)이 시도되었다. 또한 복숭아순나방 성페로몬의 유기합성 기술이 개발되었고(Kim *et al.*, 2006), 상품화된 교미교란제를 이용하여 월동세대를 효과적으로 교란시킬 수 있는 가능성을 보여 주었다(Jung *et al.*, 2006).

그러나 교미교란제를 이용하여 복숭아순나방을 방제하는 기술을 국내에 이상적으로 적용하기 위해서는 크게 두 가지에서 현장 적용 핵심 기술이 요구된다. 첫째는 복숭아순나방 성페로몬을 효과적으로 방출하기 위한 방출기 제작이다. 이상적 방출기는 효과의 지속성이 뛰어나며, 처리 기술에서 노동력을 절감시킬 수 있는 형태로 개발되어야 한다. 다양한 방출기가 전세계적으로 개발되고 있으나, 가장 선호하는 Isomate[®]과 Splat[®]의 두 가지 방출기 효과가 비교 분석되었다(Jung *et al.*, 2007). 두 방출기 형태는 모두 국내 복숭아순나방에 대해서 교미교란을 지속적으로 유도하였으나, Splat[®]의 방출기가 효과와 처리기술의 간편함에 있어서 선호되었다. 그러나 Splat[®]의 단가를 낮추는 새로운 왁스형 방출기 개발이 필요로 하였다. 둘째로 국내 사과 농가 재배환경을 고려한 교미교란제의 처리 기술이 개발되어야 한다. 즉, 대체로 소규모인 국내 개별 사과원을 고려할 때, 대단위로 처리하여 교미교란 효과를 나타내는 외국의 성공 사례(II'ichev *et al.*, 2002; Kovanci *et al.*, 2005)를 국내 농가에서 기대하기에는 어려움이 따를 수 있다. 이는 복숭아순나방의 교미반경이 개별 국내 농가의 사과원 규모보다 충분히 클 수 있고, 인근의 무처리 농가의 교미된 암컷이 처리 농가로 유입될 가능할 수 있기 때문이다. 실제로 인근 사과원 배치가 상이한 두 사과원을 대상으로 동일한 교미교란제를 처리한 경우, 뚜렷한 교미교란 효과 차이를 나타내어, 무처리 지역에서 교미된 암컷이 교미교란제 처리 지역으로 유입이 교미교란제 처리 효과를 낮추는 주요 요인으로서 제시되었다(Jung and Kim, 2008). 이러한 문제점들을 해결하기 위해서는 교미교란제를 광범위하게 처리하든지 아니면 인접한 비처리 지역으로부터 유입되어 오는 교미된 암컷을 특이적으로 차단할 수 있는 장치가 요구된다.

본 연구에서는 국내 사과 농가 현실에 맞춰 복숭아순나방 교미교란제 처리 기술을 개발하고 자 효과가 우수하고, 처리 방법이 간편하여 노동력을 절감시킬 수 있는 저렴한 재질의 왁스형 페로몬 방출기를 개발하였다. 또한 이 기술을 국내 농가에 적용하기 위해 교미교란제 처리량에 따른

효과를 분석하였으며 과수원 주위로 먹이트랩을 배치하여 교미암컷의 유입을 차단하게 함으로 왁스형 교미교란제 처리 효과를 극대화하는 기술을 개발하여 보고하게 되었다.

재료 및 방법

왁스형 방출기 제작

복숭아순나방 성페로몬이 함유된 페로몬방출기는 왁스 재질로 점착형으로 제작되었다(Table 1). 제작과정은 먼저 파라핀왁스를 약 70°C에서 용해시키고, 용해된 왁스는 균등 재질을 확보하기 위해 믹서기로 200 rpm에서 내용물을 혼합시켰다. 이때 유화제를 첨가하면서 회전 속도를 300 rpm으로 증가시켰다. 유화제가 고르게 혼합되면 향산화용 물질인 토크페롤, 자외선 차단 오일 및 복숭아순나방 성페로몬을 순서대로 첨가시켰다. 모든 성분들이 용해되게 되면 탈이온증류수(약 70°C)를 천천히 채워 소정의 전체 혼합 무게가 되게 했다. 이 혼합물을 상온에서 3분간 500 rpm로 교반하였다. 이후 5분간 방치하면서 온도를 낮춘 후 1,000 rpm으로 10분간 다시 교반하였다. 이를 상온에서 24시간 가량 서서히 식힌 후 사용할 때까지 냉장(4°C) 보관하였다. 사용 시에는 Premium carpet adhesive (QEP, Florida, USA) 전착제를 5% 혼합하여 사용했다. 제작된 왁스형 방출기 처리는 사과나무 가지 사이의 그늘진 곳에 크림형태로 부착시켰다(Fig. 1A).

먹이트랩 조제 및 설치

암컷 유인물질인 테르피닐아세테이트 용액(48.5 ml terpinyl acetate, 1.5 ml Tween 20, 50 ml 물) 20 ml를 10% 황색 설탕 용액 500 ml와 혼합하였다. 이 용액 1 L를 각 트랩

(Efecto-fly trap, Avond Pty. Ltd., Western Australia)에 분주한 뒤, 눈높이 정도의 사과나무에 설치하였다. 매 주 1회씩 포획된 암컷을 70% 에탄올 용액에 수거한 후, 트랩에 약 500 µl의 테르피닐아세테이트 용액을 다시 첨가하여 유인력을 유지시키게 했다.

왁스형 방출기 교미교란제 처리량 및 먹이트랩 혼용 효과 분석

본 연구는 경북 신녕지역의 사과원에서 야외 월동세대를 대상으로 분석되었다. 교미교란제 처리는 복숭아순나방의 성충 발생이 시작되는 4월 7일에 설치되었다. 교미교란제 처리량은 기준량인 120 g/350평을 기준으로 네 처리를 설정하였다. 즉, 처리 1은 과량으로 250 g/350평, 처리 2는 기준량인 120 g/350평에 먹이트랩을 주변으로 4개 설치하였으며, 처리 3은 교미교란제 기준량 처리, 그리고 처리 4는 소량 처리로서 80 g/350평의 교미교란제 처리로 구성되었다(Fig. 1B). 무처리구로서 350평은 처리포장 지역과 100 m 떨어져 위치했으며 사이에 교미교란제가 처리되지 않은 사과나무들이 위치했다(Fig. 1C).

교미교란제와 먹이트랩의 혼용효과는 단독 포장(약 350 평)을 이용하여 분석하였다. 이상의 교미교란제 처리 분석지역과 동일한 신녕 지역으로서 이들 사이에는 500 m 이상 거리를 두었으며, 본 조사 사과원의 주변은 산과 하천이 위치하여 근접한 사과원이 없는 단독 과원으로 분류되었다. 여기에 기준량의 교미교란제(120 g/350평)를 처리하고, 과원 외곽에 10 m 간격으로 10개의 먹이트랩을 설치하였다.

복숭아순나방 교미교란용 왁스형 방출기와 상용 튜브형 교미교란제와의 복숭아순나방 방제효과 비교

본 비교시험은 경북 군위에 위치한 사과시험장 포장을

Table 1. Composition of wax-type sex pheromone dispenser to apply to mating disruption of *Grapholita molesta*

Components	Weight (g)	Supplier
Paraffin wax	320	Dongnam Petrochemical MFG, Seoul, Korea
Emulsifier (Almax 3600)	25	Ilshinwells, Seoul, Korea
α -Tocopherol	15	TCI, Tokyo, JAPAN
Jojoba oil	25	Sigma, St Louis, MO, USA
OFM pheromone ¹	55	Bedoukian, Danbury, CT, USA
Deionized water	560	-
Total	1,000	

¹Z8-12:Ac, E8-12:Ac, Z8-12:OH = 95:5:1 (w/w)

이용하였다. 왁스형 방출기 교미교란제, 현재 농가에서 사용하고 있는 상용 튜브형 교미교란제(Isomate[®]-M ROSSO) 및 무처리를 각각 1,000평 규모로 설정하였다. 상용 튜브형 교미교란제는 Pacific Biocontrol 회사(Vancouver, WA, USA)에서 생산하는 제품으로, 밀봉된 폴리에틸렌 튜브에 복숭아순나방 페로몬이 들어 있는 형태로 가지에 고리 형태로 꼬아서 처리하였다. 각 튜브에는 264.3 mg의 페로몬 성분이 들어있으며, 이는 Z8-12:Ac, E8-12:Ac, Z8-12:OH이 각각 88.5 : 5.7 : 1.0%로 차지하고, 기타 불활성 성분이 4.8%가 함유되었다. 각 사과나무에 1개씩 처리되었으며, 포장 1 ha에 약 600개(약 160 g 페로몬 성분)가 설치되었다. 반면에 왁스형 교미교란제는 기준량(120 g/350평)을 처리하였다. 교미교란제 처리효과는 4월부터 10월까지의 야외 모니터링 결과를 토대로 분석하였다.

교미교란제 처리효과 조사

교미교란제 처리 후 1주일 간격으로 처리지역의 수컷 집단을 모니터링하였다. 모니터링 트랩은 복숭아순나방의 성페로몬 성분인 Z8-12:Ac, E8-12:Ac, Z8-12:OH이 각각 95 : 5 : 1%의 비율로 포함된 델타트랩(그린아그로텍, Model No. 50106, 경산, 한국)을 이용하였다. 처리량 비교시험에서는 각 처리지역에서 바람의 방향을 고려하

여 임의의 2개 지점에 트랩을 설치하였다(Fig. 1B, 삼각형). 포장 방제 시험에서는 처리지역별 3개를 설치하였다. 모니터링 결과는 조사기간 동안 유인된 수컷의 누적 밀도로 표기하였으며, 서로 다른 처리 간 비교에 이용되었다. 먹이트랩은 처리 지역 중앙에 1개 설치하였으며 포획된 누적밀도를 산출하였다. 특별히 포획된 암컷의 교미여부는 Kim *et al.* (2007a)의 방법에 따라 암컷 교미낭 속 정자주머니의 유무로 판단하였다.

교미교란제 처리 효과를 과실 및 신초 피해로 분석하기 위해 처리 포장에서, 5개 지점(중앙: 1, 경계: 2, 사이: 2)에서 각 2-4그루씩 그리고 각 나무당 50-100개 신초 및 과실(상: 10-20, 중: 15-30, 하: 25-50)을 선발하여 신초는 500개, 과실은 1,000개를 조사하였다. 이 가지들에서 복숭아순나방 피해를 받은 어린 신초 및 과실을 확인하고 각각 신초 및 과실 피해율로 산출하였다.

통계분석

조사 자료가 100분율인 경우는 arcsine으로 전환한 후 ANOVA 분석하였다. SAS 프로그램(SAS Institute, 1988)의 PROC GLM을 이용하여 ANOVA를 실시하였으며, 평균간 비교는 LSD 검정을 이용하였다.

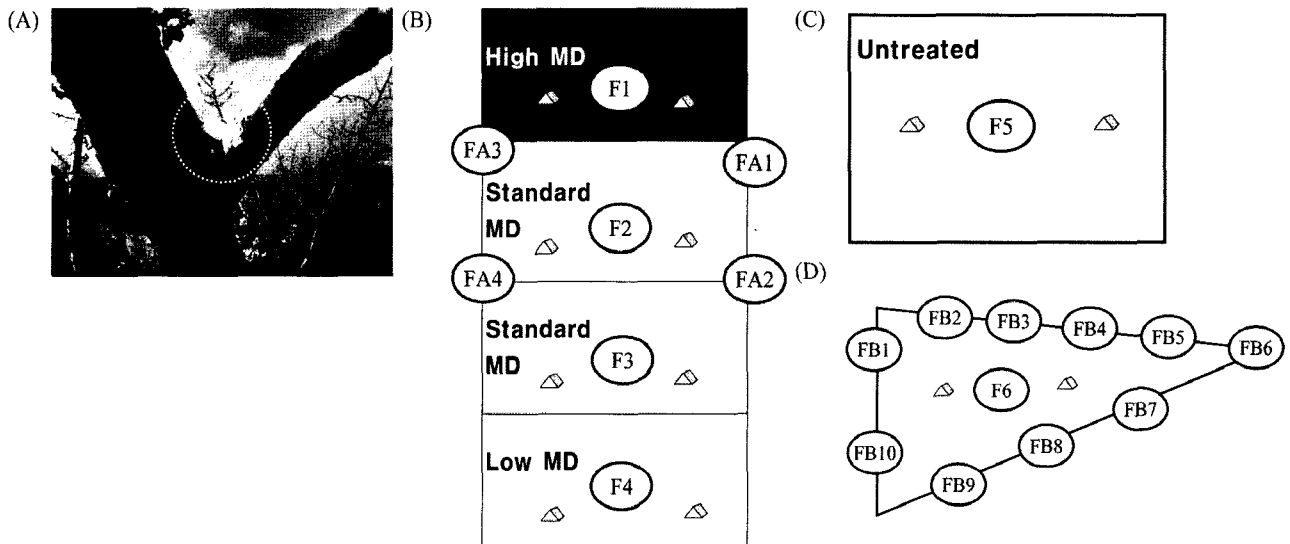


Fig. 1. Wax-typed pheromone dispenser and its application for mating disruption ('MD') of *Grapholita molesta* in apple orchards. (A) A photograph demonstrating a wax-typed pheromone dispenser (within dotted circle) treated between tree branches. (B) Treatments of different amounts of the pheromone dispenser. Each of four treatment block is 0.117 ha. High, standard, and low MDs represent 250 g, 120 g, and 80 g of the pheromone dispenser per 0.117 ha. (C) Untreated block. (D) An isolated apple orchard (\approx 0.117 ha) that was treated with standard amount of the pheromone dispenser and ten surrounding food traps. All treatments were installed at April 7. *G. molesta* density was monitored by two delta traps (triangles) and food trap (center, 'F1'-'F6') in each treatment block.

결 과

왁스형 방출기 교미교란제 처리량 및 먹이트랩 혼용 효과 분석

2007-2008년 사과원에 발생하는 복숭아순나방을 대상으로 제작된 왁스형 페로몬 방출기의 교미교란제 처리 효과를 분석하였다. 사과 주산지인 경북지역을 대상으로 복숭아순나방 발생이 시작되는 4월 초에 왁스형 교미교란제를 처리하였다. 이 교미교란제의 처리 효과는 포장에 배치된 모니터링 페로몬트랩 및 먹이트랩(Fig. 1)을 이용하여 분석하였다. 또한 4-5월에 신초 피해 및 5-6월의 과실 피해를 조사하여 교미교란 처리의 실효성을 분석하였다.

먼저 왁스형 교미교란제 처리 농도에 따른 교미교란 효과를 검증하였다(Fig. 2A). 모니터링 페로몬트랩에 유인된 수컷의 밀도를 살펴보면 처리량에 따라 뚜렷한 차이를 보였다($F = 24.85$; $df = 3, 3$; $P = 0.0123$). 교미교란제 처리량이 기준량에 비해 약 2배로 처리한 경우 모니터링 트랩에 유인되는 수컷의 밀도는 기준량의 약 1/2배의 낮은 처리량에 비해 뚜렷하게 감소하여 처리 농도별 교미교란 효과가 다르게 나타났다. 이러한 교미교란 효과는 암수 모두를 유인하는 모니터링 먹이트랩의 경우에도 유사하게 나타났다. 교미교란제 처리량 증가에 따라 발생하는 성충 밀도가 감소하는 것처럼 나타났다. 먹이트랩에 포획된 암컷의 교미여부를 판정한 결과 무처리는 포획된 전체 10마리 가운데 7마리가 교미된 암컷이고, 교미교란제가 처리된 지역에서 포획된 전체 9마리 가운데 8마리가 교미된 암컷으로 나타났다. 즉, 무처리 지역에서 발생했을 것으로 추정되는 교미된 암컷의 행동은 교미교란제 처리와 무관하다는 것을 알 수 있었다. 이러한 해충 발생 상황에서 조사기간 동안 나타난 신초와 과실의 피해를 살펴보면 이러한 교미교란 효과가 사과의 해충 피해를 감소시키는 결과로 나타났다 것을 알 수 있다. 기준량의 왁스형 교미교란제를 처리한 경우 일부 신초의 피해를 제외하고 과실에 피해를 전혀 주지 않았다.

다음으로 이러한 왁스형 교미교란제의 처리 효과를 극대화시키기 위한 기술 개발로서 미처리 지역에서 발생한 교미 암컷의 이입을 막는 방법을 고안하였다. 이를 위해 왁스형 교미교란제가 처리된 지역 주변에 먹이트랩을 배치하여 처리지역으로 이입되는 외부 교미 암컷을 차단하려 했다. 이를 증명하기 위해 기준량의 왁스형 교미교란제를 동일하게 처리한 두 포장 가운데 한 포장은 먹이트랩을

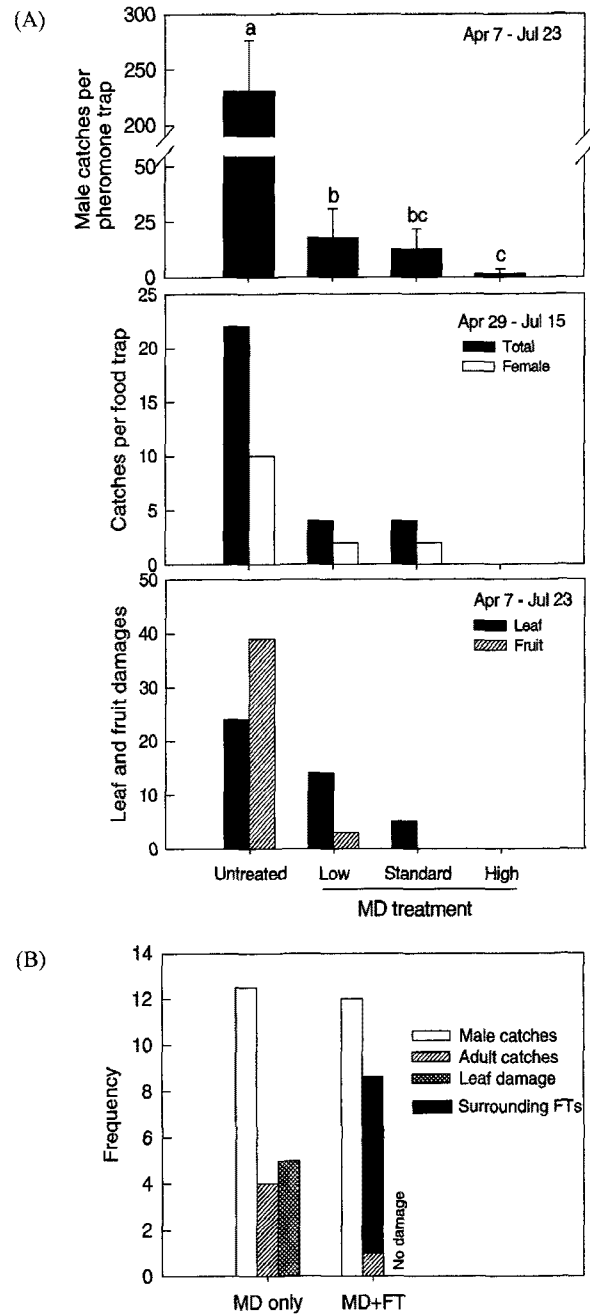


Fig. 2. Effect of different amounts of wax-typed pheromone trap on mating disruption ('MD') of *Grapholita molesta* from April to July. Deployment of experimental plots are depicted in Fig. 1. (A) High, standard, and low MDs represent 250 g, 120 g, and 80 g of the pheromone dispenser per 0.117 ha. (B) Effect of four surrounding food traps (FTs) at four edges of mating disruption ('MD') plot on preventing immigration of mated females (black bar of MD+FT treatment) of *G. molesta* out of outside untreated areas. A standard amount (120 g per 0.117 ha) of wax-typed pheromone dispenser was treated in both MD-treated plots (Fig. 1B). MD effects were assessed with cumulative male and adult catches monitored respectively by two delta traps and one food trap in each treatment block during experimental period. Different letters above standard error bars represent significant difference among means at Type I error = 0.05 (LSD test).

가장자리에 네 군데 설치하였다(Fig. 1B). 두 포장을 비교한 결과(Fig. 2B), 모니터링 페로몬트랩에 들어오는 수컷의 밀도는 유사하여 동일하게 교미교란이 이뤄진 것으로 판단되었다. 그러나 모니터링 먹이트랩에 기록된 성충 밀도가 주변에 먹이트랩이 설치된 포장에서 낮아진 것을 알 수 있었다. 이러한 차이는 가장자리에 위치한 먹이트랩에 포획된 성충밀도(Fig. 2B, 검정막대)에서 이해될 수 있었다. 가장자리 먹이트랩에 포획된 12마리 가운데 8마리가 암컷이었고, 모두 정자주머니가 교미낭에서 발견되어 교미된 것으로 분석되었다. 이러한 암컷의 이입 차단을 통해 동일한 농도의 교미교란제가 처리된 포장에 비해 기주 작물의 피해가 감소하였다.

이상에서 얻은 교미교란제 처리 기술과 가장자리 먹이트랩을 이용한 교미된 암컷의 차단 효과를 비교적 인근

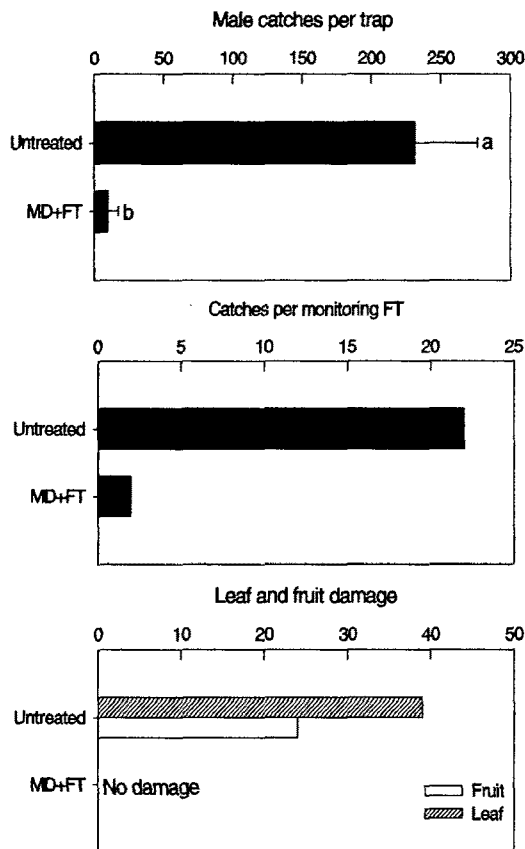


Fig. 3. Co-application of mating disruption ('MD') and surrounding food trap ('FT') to an isolated apple orchard (≈ 0.117 ha) to control outbreak of *Grapholita molesta*. A standard amount (120 g per 0.117 ha) of wax-typed pheromone dispenser was treated in MD+FT plot. MD effects were assessed with cumulative male and adult catches monitored respectively by two delta traps and one food trap in each treatment block during experimental period. Different letters next to standard error bars represent significant difference between means at Type I error = 0.05 (LSD test).

사과원이 100 m 이상 떨어져 있는 단독 사과 과수원에 적용하였다(Fig. 3). 교미교란제와 먹이트랩이 병행된 처리지역에서 모니터링 페로몬트랩에 포획된 수컷의 밀도는 뚜렷하게 감소하였으며, 아울러 모니터링 먹이트랩에 포획된 암컷도 현격하게 낮은 포획수를 보였다. 특별히 가장자리에 포획된 성충은 모두 9마리였으며, 이 가운데 2마리가 암컷이고 이들은 모두 교미된 암컷이었다. 이러한 교미교란 효과와 교미된 암컷의 이입을 차단하는 효과 속에서 처리된 사과원의 피해는 신초와 과실 피해 모두 나타나지 않았다.

왁스형 방출기 교미교란제와 상용 튜브형 교미교란제와의 복숭아순나방 방제효과 비교

본 연구에서 제조된 왁스형 교미교란제를 상용화되어 있는 Isomate[®] 교미교란제와 비교분석하였다(Fig. 4). 두

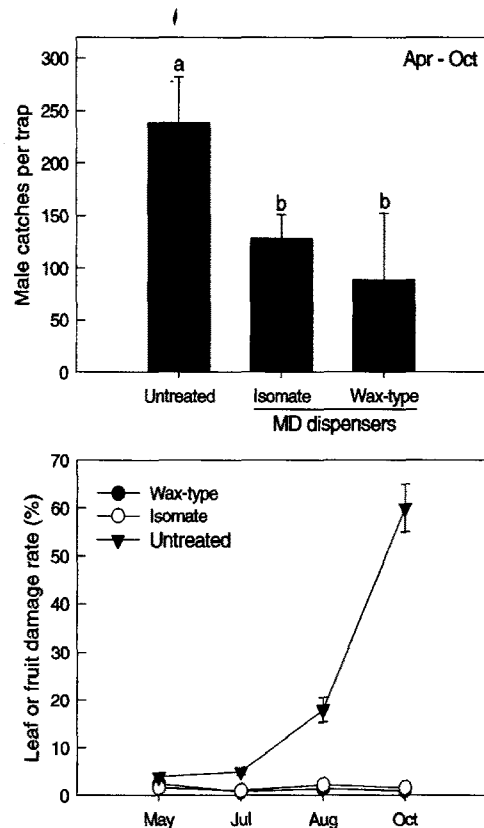


Fig. 4. Field assessment of wax-typed pheromone dispenser to control outbreak of *Grapholita molesta*. A standard amount (120 g per 0.117 ha) of wax-typed pheromone dispenser was treated and compared with a commercial mating disruption ('MD') lure ('Isomate') in terms of cumulative males catches monitored by three delta traps in each treatment plot (≈ 0.333 ha) and leaf (May)/fruit (Jun-Oct) damage due to *G. molesta*. Different letters above standard error bars represent significant difference among means at Type I error = 0.05 (LSD test).

Table 2. ANOVA of effects of different sex pheromone dispensers on preventing leaf and fruit damage of apples by mating disruption of *Grapholita molesta*. Data are set forth in Fig. 5B.

Source ¹	df	SS	MS	F	P
Treatment	2	319781.6	159890.8	579.7	< 0.0001
Untreated vs two MDs	(1)	319733.4	319733.4	1159.2	< 0.0001
Between two MDs	(1)	48.2	48.2	0.17	0.6798
Month	3	219262.8	73087.6	265.0	< 0.0001
Treatment * Month	6	425562.0	70927.0	257.1	< 0.0001
Error	24	6620.0	275.8		
Total	35	971226.3			

¹Treatment includes 'Untreated', 'Isomate', and 'Wax-type'. The latter two treatments represent mating disruption (MD) types to be compared. Month includes four assays performed in May, July, August, and October.

교미교란제는 기준량으로 각각 처리되었고, 연간 복숭아 순나방 발생 밀도 및 사과 기주 피해를 분석하였다. 모니터링 페로몬트랩에 포획된 수컷의 밀도 감소를 놓고 비교하여 보면 두 교미교란제는 모두 무처리에 비해 뚜렷한 교미교란 효과를 보였음을 나타냈다($F = 9.94$; $df = 2, 4$; $P = 0.0280$). 그러나 이들 두 교미교란제 사이에는 교미교란 효과면에서 차이를 보이지 않았다. 기주 사과에 대한 피해는 5월에는 신초 피해이고 이후는 모두 과실키포해를 반영하였다. 이를 살펴보면 교미교란제 처리 지역은 무처리에 비해 현격하게 낮은 기주 피해를 보였으나 두 교미교란제 처리 지역 사이에는 뚜렷한 효과 차이를 보이지 않았다(Table 2).

고 찰

본 연구 결과는 사과원에 발생하는 복숭아순나방에 대한 성페로몬을 이용한 교미교란 방제 기술이 실효성이 있음을 보였고, 기존에 상용화된 제품을 중심으로 평가된 방제효과를(Jung *et al.*, 2006) 재확인시켰다. 성페로몬을 이용한 교미교란의 원리는 크게 두 가지의 원리로 대상 해충의 교미를 방해하게 된다(Baker and Heath, 2005). 즉, 첫 번째로는 여러 미끼를 야외에 방사시키는 풀이 되어 야외 수컷이 정확히 암컷을 찾아가지 못하게 하는 오류추적("False trail") 효과에 기인될 수 있다. 두 번째로는 상시적으로 인공 성페로몬에 노출된 수컷에게 감각 둔화 또는 습관화에 이르게 되어 야외 암컷의 성페로몬에 반응하지 않게 하는 효과를 유발하게 한다. 본 연구의 대상인 복숭아순나방은 단일교미 습성(Charlton and Cardé, 1981)을 갖고 있는데, 이것이 교미교란제 이용 기술 적용의 가능성을 높여주는 생물적 특징으로 평가될 수 있다

(Cardé and Minks, 1995). 또한 기존의 연구에서 보여 주었듯이 성충 교미교란이 차세대 유충에 의한 기주 피해의 감소로 연계되어 교미교란 기술의 산업적 신뢰성을 확보하였다(Jung *et al.*, 2006; Jung and Kim, 2008).

그러나 복숭아순나방 방제에 확대 적용하려면 국내 개별 농가 현실로 조명하여 볼 때 아직도 풀어야 할 문제점들이 있다. 첫째로 효과적이며 생력화된 성페로몬 방출기 개발이다. 현재 국내 사과원에 사용되고 있는 교미교란제 방출기는 Isomate 제품의 튜브형으로서 처리 사과나무마다 가지에 꼬아서 설치하는 방식이다. 광범위한 지역에 이러한 교미교란제를 처리할 경우 설치상 과도한 노동력이 문제가 되어 이를 해결하고자 살포용 소형캡슐형 성페로몬 제제가 개발되어 응용되었다(Ilichev *et al.*, 2006). 그러나 다른 연구 결과들에서는 살포용 소형캡슐형 성페로몬 제제의 효과가 상이해서(Knight and Larson, 2004; Knight *et al.*, 2004) 이러한 형태의 교미교란용 방출기의 적용은 아직도 현장에서 해결되어야 할 문제점들이 있는 것으로 사려된다. 한편 국내 복숭아순나방 집단에 대해서 기존의 튜브형태의 Isomate 제품과 비교하여 왁스형태의 Splat[®] 제품을 비교하였을 때 교미교란 효과에서 Splat[®] 제품이 Isomate[®] 보다 우수하다고 제시되었다(Jung *et al.*, 2006). 본 연구는 이를 기초하여 Splat 제품을 변형한 왁스형 방출기를 개발하였으며, 이를 포장 조건에서 실효성을 보여주었다. 첫째로 본 연구에서 개발한 왁스형 페로몬 방출기는 모든 처리량에서 무처리에 비해 월등한 교미교란 및 기주 사과 피해 감소 효과를 보였다. 또한 이 교미교란제의 처리량에 따라 교미교란 능력에서 차이를 보여 교미교란이 기능적으로 이뤄지고 있음을 반증하였다. 또한 연중 사과원에 처리한 결과, 상용화된 Isomate[®] 제품과 비교하여 비등한 방제 효과를 나타내 효과의 안정성이 인정되었다.

둘째로 교미교란제의 특성상 국내와 같이 비교적 좁은 재배지에서는 개별 농가 수준으로 처리 범위를 국한시킬 경우 효과를 거두기 어렵다는 것이다. 비행능력이 뛰어난 나비목 해충들이 비처리지역의 외부에서 이주해 들어올 수 있는 거리에 있다면, 교미교란의 효과는 매우 희석될 것이다. 일반적으로 대부분의 복숭아순나방의 성충 이동은 약 200 m 이상을 초과하지 않는 것으로 알려져 있으나 일부 개체들은 1 km 이상 비행한다고 알려졌다(Rothschild and Vickers, 1991). 즉, 이러한 근접한 과원들의 배치에서는 상호 사과원들 사이의 복숭아순나방 집단의 이동이 가능할 것으로 유추된다. 실제로 기존의 연구 결과는 인접한 무처리 사과원에서 교미교란제가 처리된 사과원으로 교미된 암컷의 유입이 가능하다고 제시하였다(Jung and Kim, 2008). 본 연구는 개발된 왁스형 방출기 교미교란제의 실효성을 극대화하기 위해 이러한 현장 문제를 해결하려 하였으며, 이를 위해 처리 사과원 주변으로 암수를 모두 포획할 수 있는 먹이트랩을 설치하였다. 최근 국내에서 복숭아순나방의 먹이트랩에 테르피닐아세테이트 성분을 포함하면 암컷을 유인할 수 있다(Kim *et al.*, 2007a)는 결과처럼 인근 무처리지역과 인접한 부위에 먹이 트랩을 설치하여 교미한 암컷이 유입되는 것을 막는 보호벽 역할을 함으로서 교미교란제 처리효과를 증진시킬 수 있을 것이다. 이러한 개연성을 토대로 실시된 본 연구는 사과원 주변 먹이트랩 설치가 실제로 교미교란제만 처리한 포장에 비해 신초 피해를 줄일 수 있었으며, 이는 이들 과원 주변에 설치된 먹이트랩에서 포획된 암컷이 대부분 교미된 것으로 분석되어 이러한 먹이트랩이 보호벽으로 작용하고 있었음을 반증하고 있다. 유사한 보호벽 개념의 트랩 설치가 고안되었으며(II'ichev *et al.*, 2004), 이는 사과원 주변에 페로몬 트랩을 설치할 것으로 제안하여, 그 실효성을 입증하였다. 그러나 본 연구에서 진행된 먹이트랩의 차단효과를 입증하기 위해서는 보다 광범위한 야외 실증 시험이 필요하다. 이를 위해 복숭아순나방 발생 전기간을 통한 먹이트랩의 차단 효과연구가 현재 진행되고 있다. 또한 왁스형 교미교란제 처리의 실효성을 보다 높이기 위해서는 복숭아순나방의 사과원 내 분포를 파악한 후 이들의 분포 위치에 따라 교미교란제 처리량을 달리하는 기술을 개발할 필요가 있다. 또한 가장자리에 집중적으로 교미교란제를 처리하는 기술을 검토해 볼 필요가 있다. 이는 바람의 방향에 따라 교미교란 효과가 낮아질 수 있는 사각지역을 줄여 줄 수 있으며, 인근의 암컷의 유입을 현격하게 줄일 수 있었다는 기존의 보고와 일치되는 개념일 수 있다.

사 사

본 연구는 농림기술관리센터에서 지원한 2008년도 농업기술개발사업으로 수행되었습니다. 본 연구의 인프라는 교육부의 2단계 BK21 사업에서 지원받았다.

Literature Cited

- Ahn, S.B., H.W. Koh and Y.I. Lee. 1985. Study on apple pests and natural enemy. Res. Rept. RDA. Crop Protection: 417-428.
- Baker, T.C. and J.J. Heath. 2005. Pheromones: function and use in insect control. pp. 407-459. *In* Comprehensive molecular insect science, Vol 6., eds. by L.I. Gilbert, K. Iatrou and S.S. Gill. Elsevier, New York.
- Boo, K.S. 1998. Variation in sex pheromone composition of a few selected lepidopteran species. *J. Asia-Pac. Entomol.* 1: 17-23.
- Boo, K.S., Y. Kim, K.C. Park and M.Y. Choi. 2005. Insect hormone and physiology. 875 pp. Seoul National University Press, Seoul, Korea.
- Cardé, R.T. and A.K. Minks. 1995. Control of moth pests by mating disruption: successes and constraints. *Annu. Rev. Entomol.* 40: 559-585.
- Cardé, A.M., T.C. Baker and R.T. Cardé. 1979. Identification of a four-component sex pheromone of the female oriental fruit moth, *Grapholita molesta* Busck (Lepidoptera: Tortricidae). *J. Chem. Ecol.* 5: 423-427.
- Charlton, R.E. and R.T. Cardé. 1981. Comparing the effectiveness of sexual communication disruption in the Oriental fruit moth (*Grapholita molesta*) using different combinations and dosages of its pheromone blend. *J. Chem. Ecol.* 7: 501-508.
- George, J.A. 1965. Sex pheromone of the oriental fruit moth *Grapholita molesta* Busck (Lepidoptera: Tortricidae). *Can. Entomol.* 97: 1002-1007.
- II'ichev, A.L., D.G. Williams and A.D. Milner. 2004. Mating disruption barriers in pome fruit for improving control of oriental fruit moth *Grapholita molesta* Busck (Lep., Tortricidae) in stone fruit under mating disruption. *J. Appl. Entomol.* 128: 126-132.
- II'ichev, A.L., L.L. Stelinski, D.G. Williams and L.J. Gut. 2006. Sprayable microencapsulated sex pheromone formulation for mating disruption of oriental fruit moth (Lepidoptera: Tortricidae) in Australian peach and pear orchards. *J. Econ. Entomol.* 99: 2048-2054.
- II'ichev, A.L., L.J. Gut, D.G. Williams, M.S. Hossain and P.H. Jerie. 2002. Area-wide approach for improved control of oriental fruit moth *Grapholita molesta* (Busck) (Lepidoptera: Tortricidae) by mating disruption. *Gen. Appl. Entomol.* 31: 7-15.
- 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.
- Jung, S., C. Park, M. Park, S. Lee, K. Choi, Y. Hong and Y. Kim. 2006. Efficacy of commercial mating disruptors on field

- overwintering populations of Oriental fruit moth, *Grapholita molesta* (Busck). Kor. J. Appl. Entomol. 45: 235-240.
- Jung, S., C. Park, M. Park and Y. Kim. 2007. Field assessment of two commercial sex pheromone mating disruptors on male orientation of oriental fruit moth, *Grapholita molesta* (Busck). Kor. J. Pestic. Sci. 11: 46-51.
- Kanga, L.H.B., D.J. Pree, F.W. Plapp, Jr. and J.L. van Lier. 2001. Sex-linked altered acetylcholinesterase resistance to carbamate insecticides in adults of the oriental fruit moth, *Grapholita molesta* (Lepidoptera: Tortricidae). Pestic. Biochem. Physiol. 71: 29-39.
- 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.M. 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, K.H. Choi, D.H. Lee and S.W. Lee. 2007a. Efficacy test of mating disruptors using food trap of oriental fruit moth, *Grapholita molesta* (Busck). Kor. J. Appl. Entomol. 46: 269-274.
- Kim, Y., S. Jung, S. Bae, B. Kwon, H. Yoon and Y.P. Hong. 2007b. Factors influencing field monitoring of the oriental fruit moth, *Grapholita molesta*, with sex pheromone. Kor. J. Appl. Entomol. 46: 349-356.
- Knight, A.L. and T.E. Earsen. 2004. Improved deposition and performance of a microencapsulated sex pheromone formulation for codling moth (Lepidoptera: Tortricidae) with a low volume application. J. Entomol. Soc. Br. Columbia 101: 79-86.
- Knight, A.L., T.E. Larsen and K.C. Ketner. 2004. Rain-fastness of a microencapsulated sex pheromone formulation for codling moth (Lepidoptera: Tortricidae). J. Econ. Entomol. 97: 1987-1992.
- Kovanci, O.B., C. Schal, J.F. Walgenbach and G.G. Kennedy. 2005. Comparison of mating disruption with pesticides for management of oriental fruit moth (Lepidoptera: Tortricidae) in North Carolina apple orchards. J. Econ. Entomol. 98: 1248-1258.
- Pree, D.J., K.J. Whitty, L. van Driel, 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.
- Rothschild, G.H.L. 1975. Control of oriental fruit moth (*Cydia molesta* (Busck) (Lepidoptera, Tortricidae)) with synthetic female pheromone. Bull. Entomol. Res. 65: 473-490.
- Rothschild, G.H.L. 1979. A comparison of methods of dispensing synthetic sex pheromone for the control of oriental fruit moth, *Cydia molesta* (Busck) (Lepidoptera: Tortricidae), in Australia. Bull. Entomol. Res. 69: 115-127.
- Rothschild, G.H.L. and R.A. Vickers. 1991. Biology, ecology and control of the oriental fruit moth. pp. 389-412. In World crop pests, Tortricid pests: their biology, natural enemies and control, Vol. 5. eds. by L.P.S. Van der Geest and H.H. Evenhuis. Elsevier, Amsterdam.
- SAS Institute, 1988. SAS/STAT user's guide, Release 6.03, Ed. Cary, N.C.
- Song, S., K. Choi, S. Lee and Y. Kim. 2007. DNA markers applicable for identification of two internal apple feeders, *Grapholita molesta* and *Carposina saskii*. Kor. J. Appl. Entomol. 46: 175-182.
- Usmani, K.A. and P.W. Shearer. 2001. Topical pheromone trap assays for monitoring susceptibility of male oriental fruit moth (Lepidoptera: Tortricidae) populations to azinphosmethyl in New Jersey. J. Econ. Entomol. 94: 233-239.
- 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., K.S. Han, J.K. Jung, K.S. Boo and M.S. Yiem. 2003. Control of the oriental fruit moth, *Grapholita molesta* (Busck) (Lepidoptera: Tortricidae) by mating disruption with sex pheromone in pear orchards. J. Asia-Pac. Entomol. 6: 97-104.

(Received for publication August 12 2008;
revised August 28 2008; accepted August 28 2008)