

먹이트랩과 교미교란제 테두리처리를 통한 복숭아순나방 (*Grapholita molesta* (Busck)) 교미교란 상승효과

김용균* · 서삼열 · 정성채¹

안동대학교 생명자원과학과, ¹(주)그린아그로텍

Enhanced Mating Disruption of the Oriental Fruit Moth, *Grapholita molesta* (Busck), Using Pheromone Edge Treatment Along with Food Trap

Yong-gyun Kim*, Sam-yeoll Seo and Sung-chaе Jung¹

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

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

ABSTRACT: Mating disruption (MD) using synthetic sex pheromone lures has been used to control the Oriental fruit moth, *Grapholita molesta* (Busck), in apple orchards. In Korea, where several small apple orchards are clustered but independently managed, its efficacy has been suspected mainly due to immigration of any mated females from nearby untreated cultivating areas. This study developed an edge treatment technique to decrease any local MD-free zones in a specific MD-treated farm and to trap any immigrating mated females by installing MD lures and food traps around the apple farm with 10 meter intervals. The addition of the edge treatment to the MD significantly prevented leaf and fruit damages induced by *G. molesta* compared to MD only. Moreover, this study tried to optimize the MD control technique by determining frequency of MD application. It suggests two MD applications with the edge treatment at the end of March and at the early of July to be effective throughout the entire apple growing seasons.

Key words: Apple, *Grapholita molesta*, Sex pheromone, Mating disruption, Edge treatment, Food trap

초 록: 사과에 피해를 주는 복숭아순나방(*Grapholita molesta*)을 방제하기 위해서 합성 성페로몬을 이용한 교미교란 처리 기술이 이용되고 있다. 그러나 비교적 작은 규모의 사과원들이 인근에 몰려있고 이들의 경영이 독자적인 국내 상황을 고려할 때 이러한 교미교란제 처리에 의존한 복숭아순나방 방제 효율성에 의구심을 갖게 한다. 이는 인근의 교미교란제를 처리하지 않은 지역에서 교미한 복숭아순나방 암컷의 유입 가능성이 있기 때문이다. 본 연구는 특정 교미교란제 처리 지역에 있어 교미교란 효과의 사각지대를 줄이고 교미한 암컷을 포획할 수 있는 테두리처리 기술을 개발하였다. 본 테두리처리 기술은 사과원 가장자리에 10 미터 간격으로 각각 교미교란제와 먹이트랩을 설치하면서 이러한 방제 효과를 거두려하였다. 교미교란제 처리와 더불어 테두리처리는 교미교란제만 처리한 포장에 비해 복숭아순나방에 의한 신초 및 과실에 미치는 피해를 뚜렷하게 줄일 수 있었다. 또한 본 연구는 이러한 교미교란제 처리의 효율을 높이기 위해 연중 처리 횟수를 결정하였다. 사과 재배 전체 기간을 통해 교미교란 효과를 유지하는 데 교미교란제 처리는 테두리처리와 함께 3월 말과 7월 초의 2회 처리가 필요하였다.

검색어: 사과, 복숭아순나방, 성페로몬, 교미교란, 테두리 처리, 먹이트랩

복숭아순나방(*Grapholita molesta* (Busck))이 국내 사과 생산에 위협을 주는 주요 해충이 되고 있다. 이 해충은 사과, 복숭아, 배, 자두 등 주요 과실류를 기주로 이들의 신초 또는 과실을 직접 가해하는 일차해충으로 주목받고 있다(Ahn et al., 1985; Yang et al., 2001). 국내 사과원에서는

약 4세대 성충 발생 피크를 보이고 있다(Kim et al., 2009). 과실 내부로 들어가서 가해하는 심식류인 이 해충의 방제 적기는 성충 발생 피크 시기이다(Rice et al., 1984). 이때 성충들의 교미와 산란에 따라 형성된 알과 부화한 유충이 외부에 노출되기 때문에 다양한 방제 기술이 적용될 수 있다. 이러한 성충 발생 피크는 이 해충의 성페로몬 트랩을 이용하여 모니터링 되고 있다(Kim et al., 2007). 그러나 성충 발생 후기에 이르면서 이들의 발생 피크가 상호 지역간

*Corresponding author: hosanna@andong.ac.kr
Received November 30 2009; revised March 8 2010;
accepted December 18 2009

차이를 보이고 있어 방제 적기를 결정하는 일이 쉽지 않다. 또한 무분별한 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).

성페로몬을 응용한 교미교란제 처리가 복숭아순나방을 대상으로 적용되었다(Rothschild, 1975, 1979). 이 기술의 원리는 암컷이 분비하는 성페로몬과 동일한 합성 성페로몬을 복숭아순나방 발생 포장에 처리하여 수컷으로 하여금 암컷을 찾지 못하게 하거나 또는 지속적 노출에 따른 수컷 반응의 둔감화를 초래하게 하는 데 있다(Sanders and Lucuk, 1996; Valeur and Löfstedt, 1996). 국내에서도 상품화된 폴리에틸렌 튜브의 저장형 방출기(Isomate-M[®], Shin-Etsu Chemical Co., Tokyo, Japan)를 이용하여 복숭아순나방을 일시적으로 방제할 수 있었다(Jung *et al.*, 2006). 이 튜브형 방출기는 설치하는 데 노동력을 요구하고 또한 환경에 잔류하는 단점이 있어 이를 보완한 왁스형 방출기가 개발되어 현장에 적용되었다(Jung *et al.*, 2008). 이러한 교미교란제 처리를 위한 재질의 발전에도 불구하고 아직 본 기술이 보편화되지 못한 이유는 처리되지 않는 이웃 사과원으로부터 교미된 암컷의 이주 가능성에 따른 방제 효율 저하에 기인하는 것으로 판단된다(Jung and Kim, 2008). 이러한 문제점을 해결하기 위해 교미교란제 처리 과수원에 먹이트랩을 설치하여 이웃 과수원에서 이입하여 오는 교미 암컷의 유살을 유도하였으며, 이에 따라 일부 실효성을 거두었다 (Jung *et al.*, 2008).

본 연구는 국내 사과원에 발생하는 복숭아순나방을 대상으로 효과적 교미교란 처리 기술을 개발하기 위해 교미교란제의 테두리처리 기술을 가미하였고, 이를 기존에 개발된 먹이트랩과 함께 이용하여 실효성을 검증하였다. 또한 왁스형 페로몬 방출기의 처리 횟수를 결정하여 사과 생육 전체 단계에서 교미교란 효과를 유지하는 기술을 개발하여 소개한다.

재료 및 방법

왁스형 방출기 제작

복숭아순나방 성페로몬이 함유된 페로몬방출기는 왁스 재질의 점착형으로 제작하였다(Jung *et al.*, 2008). 간략히 제작과정을 소개하면 먼저 파라핀왁스를 약 70°C에서 용해시킨 후 유화제를 첨가하였다. 이후 향산화용 물질인 토크페롤, 자외선 차단 오일 및 복숭아순나방 성페로몬(Z8-12:Ac, E8-12:Ac, Z8-12:OH, 95:5:1, g/g)을 첨가하고 약 70°C의 탈이온증류수로 전체 혼합 부피로 채웠다. 제조된 왁스형 방출기는 냉장(4°C) 보관하였으며, 사용 시에는 premium carpet adhesive (QEP, Florida, USA) 전착제가 5% 되도록 혼합하였다. 크림형태로 제작된 왁스형 방출기를 사과나무 가지 사이의 그늘진 곳에 약 0.5 g씩 접착시켰다.

페로몬 외곽 처리 기술

각 사과원 주변 10 m 거리에서 교미교란 테두리처리가 서로 10 m 간격으로 설치하였다(Fig. 1). 각 테두리처리에

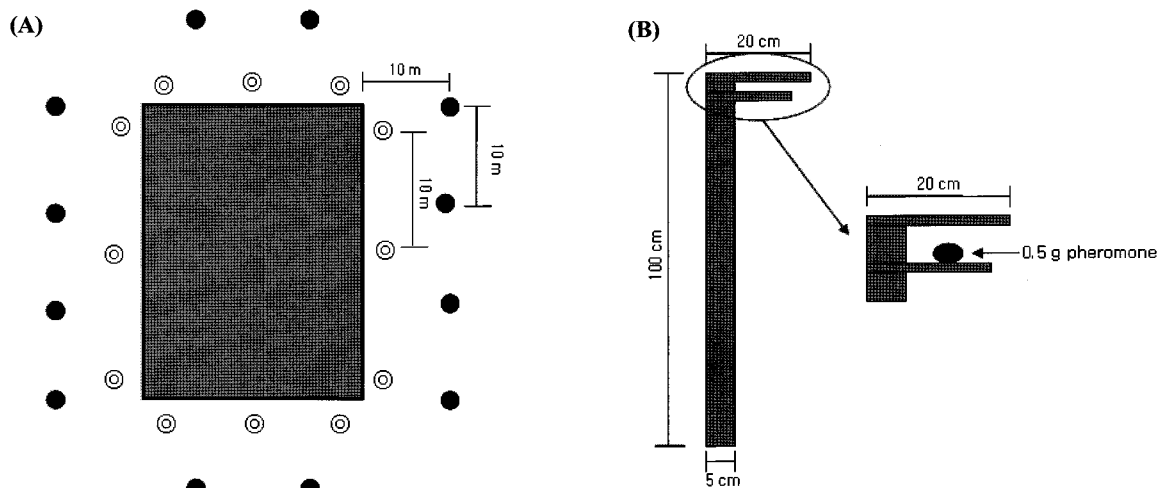


Fig. 1. Edge treatment using food trap (⊙) and extra mating disruptor (●). Food traps were installed in apple trees at the edge of the orchard (A). The mating disruptors containing paste type lure were applied to the edge poles (B).

약 0.5 g의 왁스형 페로몬 방출기를 포함하였다.

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, 사과원 가장자리를 돌아가면서 지상부 10 m 간격으로 약 1.5 m 높이의 사과나무 가지에 설치하였다. 먹이트랩의 내용물은 설치 이후 2주마다 교체하여 주었다.

왁스형 방출기 교미교란제 처리량

본 연구는 경북 신녕 지역의 사과원에서 야외 전체 발생 세대(3월 27일 - 10월 31일)를 대상으로 분석하였다. 교미교란제 처리량은 120 g/350 평을 기준량으로 1회 처리지역인 경우는 3월 27일, 2회는 7월 2일, 3회는 7월 23일에 각각 추가 처리하였다.

교미교란제 처리효과 조사

교미교란제 처리 후 2주일 간격으로 처리지역의 수컷 집단을 모니터링 하였다. 모니터링 트랩은 복숭아순나방의 상기 성페로몬 성분이 포함된 델타트랩(그린아그로텍, Model No. 50106, 경산, 한국)을 이용하였다. 각 처리 및 대조지역에서 바람의 방향을 고려하여 임의의 3개 지점에 트랩을 설치하였다. 모니터링 결과는 조사기간 동안 유인된 수컷의

누적 밀도로 표기하였으며, 서로 다른 처리 간 비교에 이용되었다.

교미교란제 처리 효과를 과실 및 신초 피해로 분석하기 위해 처리 포장에서, 5개 지점(중앙: 1, 경계: 2, 사야: 2)에서 각 24 그루씩 그리고 각 나무 당 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 SAS 프로그램(SAS Institute, 1989)의 PROC GLM을 이용하여 ANOVA 분석을 하였으며, 평균간 비교는 LSD 검정을 이용하였다.

결 과

교미교란제 외곽처리 효과

사과원 주변으로 먹이트랩과 교미교란제 외곽 처리를 각각 또는 혼용하여 비교 분석하였다(Fig. 2). 무처리에 비해 교미교란제가 2회 처리된 모든 시험구는 현격히 낮은(약 99% 이하) 수컷 유인 밀도를 나타냈다(Fig. 2). 이러한 교미교란 효과는 외곽처리 유무에 관계없이 교미교란제 처리구들 사이에 상호 차이가 없었다. 그러나 신초 또는 과실의

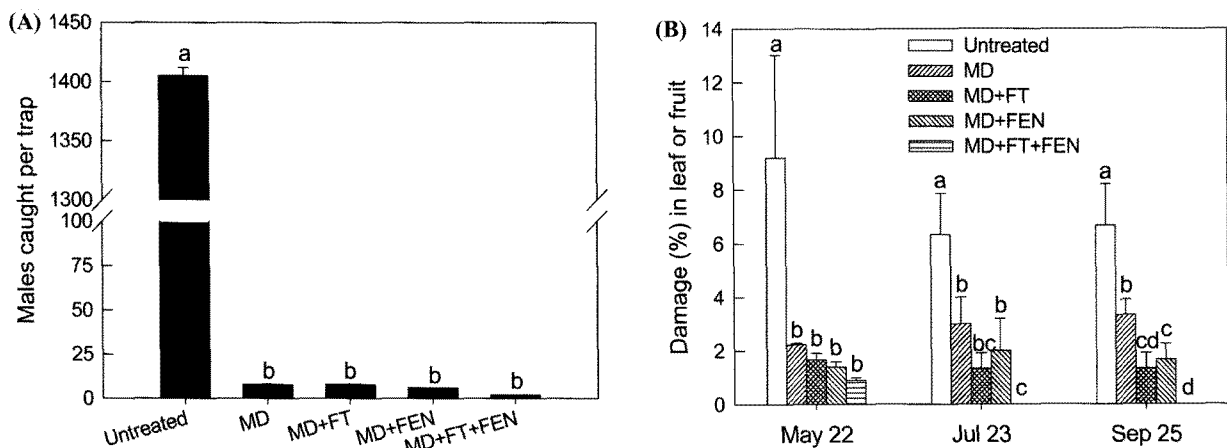


Fig. 2. Additive effects of edge treatment using food trap (FT) and extra mating disruptor (FEN) on control of *G. molesta* using mating disruption (MD). Efficacy test by assessing total number of male catches (A) or by assessing host damage (B) during the entire growing seasons from April to October. Damage analysis at May 22 was conducted against leaves, while those at later seasons were against fruits. Each treatment was replicated three times. Different letters above standard deviations indicate significant difference among means at Type I error = 0.05 (LSD test).

피해를 분석하여 보면 교미교란제 처리 유무는 물론이고 교미교란제 처리 내에서 외곽 처리 종류에 따라 차이가 나타났다. 외곽에 먹이트랩과 교미교란제 처리를 한 경우 현저히 낮은 피해율을 보였다.

교미교란제 외곽처리 기술 적용

사과원 주변으로 결정된 교미교란제 외곽처리 기술을 이용하여 복숭아순나방 방제 효율을 검정하였다(Fig. 3). 복숭아순나방은 4-5월경 첫 성충 피크를 보인 후 6-8월에 2회의 성충 피크 및 9월의 최종 발생 양상을 보여 총 4회의 성충 발생 피크를 나타냈다. 이때 왁스형 방출기를 이용한

교미교란제 처리가 처리 횟수에 따라 방제 효율을 비교하여 보면, 3월 말에 처리한 1회 처리는 8월 이후 교미교란제 효과가 다소 떨어지는 것을 볼 수 있었다. 반면에 2회 또는 3회는 상호간 뚜렷한 차이 없이 높은 수컷 유인 억제 효과와 싹초 및 과실 피해 억제력을 나타냈다(Fig. 4).

고찰

본 연구는 기존의 교미교란제 처리에 있어서 우려되어 온 사항을 해결하려 진행되었다. 첫째로 교미교란제의 효과는 주로 바람의 방향과 관련이 있어 바람이 불어오는 방향

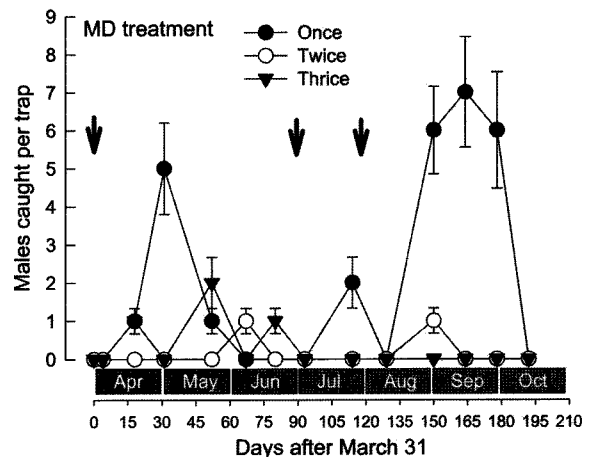
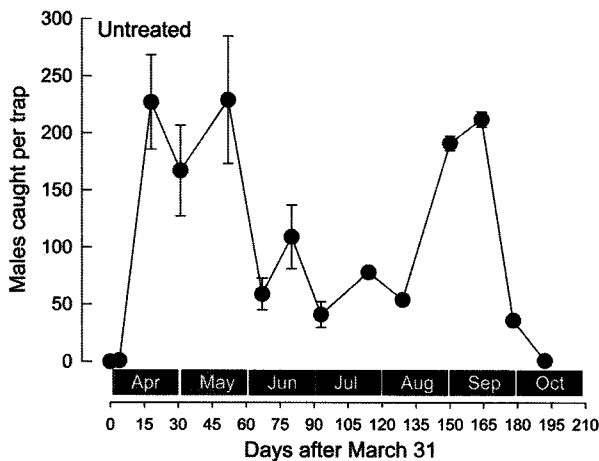


Fig. 3. Comparison of male catches of *G. molesta* depending on frequency of mating disruption (MD) with edge treatment using food trap and extra mating disruptor. MD was conducted at March 27, July 2 or July 23. Each treatment was replicated three times. Different letters above standard deviations indicate significant difference among means at Type I error = 0.05 (LSD test).

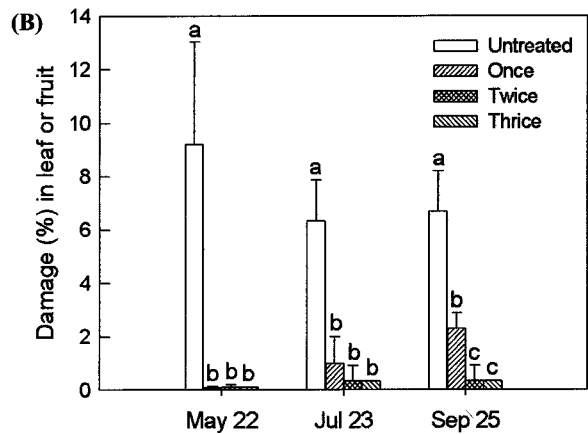
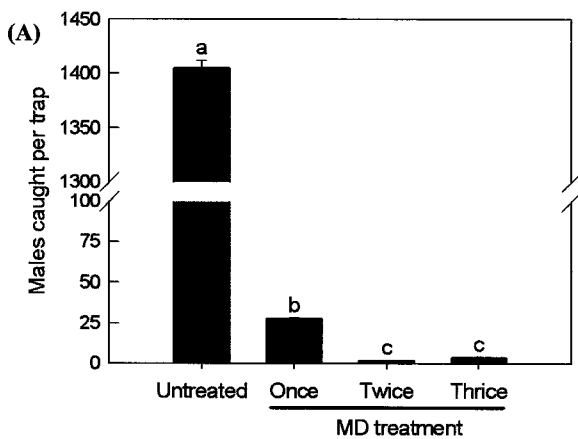


Fig. 4. Determination of frequency of mating disruption (MD) with edge treatment using food trap and extra mating disruptor to control of *G. molesta*. MD was conducted at March 27, July 2 or July 23. Efficacy test by assessing total number of male catches (A) or by assessing host damage (B) during the entire growing seasons from April to October. Damage analysis at May 22 was conducted against leaves, while those at later seasons were against fruits. Each treatment was replicated three times. Different letters above standard deviations indicate significant difference among means at Type I error = 0.05 (LSD test).

아래에 위치한 수컷들에게는 교미교란의 효과를 받게 되나, 이 방향의 가장 가장자리 위쪽에 위치한 수컷의 경우는 효과가 떨어지는 경향을 보일 수 있다(II'ichev *et al.*, 2004). 이러한 교미교란 사각지대를 줄이기 위해 사과원 주변으로 일정한 간격을 두고 교미교란제를 추가적으로 배치하는 기술이다. 둘째로 국내 사과원의 소규모 및 인접 분포를 고려할 수 있다. 또한 상호 사과원 관리가 독립적으로 진행되어 복숭아순나방 발생지역을 포함하는 광범위한 교미교란제 처리가 어려울 수 있다. 이에 따라 교미교란제가 처리되지 않는 무처리 지역이 자연히 존재하고 이로부터 교미된 암컷이 교미교란제 처리 지역으로 이주하여 올 수 있다(Jung and Kim, 2008).

교미교란제 처리에 따라 발생하는 주변 사각지대를 막기 위해 본 연구에서는 사과원 외곽으로 추가적 교미교란제 처리를 실시하였다. 초기 신탄보다는 후기 과실 피해 분석에서 살펴보면 테두리 교미교란제 처리를 할 경우 뚜렷한 추가 방제 효과가 일어났다. 즉, 이러한 결과는 일반 교미교란제 처리 시 우려했던 가장자리 사각지역이 존재했다는 것을 간접적으로 증명하고 있다. 한편, 테두리처리를 하지 않은 처리지역에서 과실 피해가 가장자리에 치우쳐져 있지 않은 것으로 보아(미보고 관찰자료) 교미충의 활동은 사각지대에 국한되지 않고 비교적 자유로이 해당 사과원으로 이동했을 것으로 추정된다.

먹이트랩을 설치하는 목적은 인근 사과원에서 이입하는 교미한 암컷을 포획하는 데 있다. 본 연구 결과는 먹이트랩 단독으로 과실 피해를 줄일 수 있음을 나타냈다. 즉, 교미교란제가 처리된 지역에서 비록 교미교란 효과가 99% 이상이었지만 교미 암컷이 존재했다는 것을 내포한다. 이러한 교미충은 자체 과원에서 발생할 수 있지만 아마도 이 먹이트랩의 위치가 가장자리에 국한되어 방제 효과를 나타낸 것을 미뤄 인근에서 비래해온 것으로 추정된다. Kim *et al.* (2007)의 조사에 의하면, 이러한 먹이트랩에 포획된 복숭아순나방의 70-80%가 암컷이고 이 가운데 90% 이상이 교미된 암컷으로 보고하였다. 그러나 사과원의 과실이 성숙해 가는 6-8월에는 포획 밀도가 낮아 효율성에서 문제가 되고 있다. 이를 보완하기 위한 유인제 개발이 필요하다. Pinero and Dorn (2007)은 green leaf volatiles의 3가지 성분(Z-3-hexen-1-ol, E-2-hexenal, Z-3-hexen-1-yl acetate)에 benzaldehyde와 benzonitrile을 첨가하면 복숭아순나방의 교미된 암컷을 유인하는 효과적이며, 이러한 이유가 이러한 조성이 기주 식물인 복숭아의 신탄에서 나오는 향기(Natale *et al.*, 2003)와

동일한데서 기인한다고 주장하였다. 특별히 보조성분인 benzonitrile은 복숭아순나방의 유인 행동 유발에 뚜렷한 시너지 효과를 주었는데, 이러한 상승효과에 대한 생리적 기작은 감지된 신호가 촉각엽에서 새로운 신경전달연접용 사구체를 형성하는 데서 비롯되는 것으로 해석되었다(Pinero *et al.*, 2008). 이러한 연구 결과는 추후 본 연구의 개발 방향을 제시하는 것으로, 추후 본 먹이트랩에 상기 조성을 첨가하여 효율성 증가를 꾀할 수 있을 것으로 추정되며 이에 대한 연구가 필요하다.

끝으로 본 연구는 테두리처리를 가미한 교미교란제 처리의 효율성을 극대화하기 위해 교미교란제 처리의 횟수를 2회로 결정하였다. 일회 처리(3월 말)는 7월 말 이후 성충의 발생이 높아지는 경향을 보여 교미교란 유효 기간에 있어서 한계를 보였다. 또한 3회 처리는 2회 처리와 비교하여 수컷 발생 밀도로 해석되는 교미교란 효과와 과실 피해에 있어서 큰 차이 없어 3번째 추가 처리는 불필요한 것으로 해석된다. 이를 종합하여 보면 두 처리 시기는 복숭아순나방의 월동충이 우화하여 나타나기 시작하는 3월 말을 겨냥하여 초기 처리를 실시하고, 야외 3번째 성충 피크가 나타나는 7월에 추가 처리해야 한다는 의미를 갖게 된다. 즉, 국내 사과원에서 복숭아순나방 성충의 야외 발생시기를 4-10월의 7개월 기간으로 본다면 두 처리는 각각 약 3.5개월씩 양분된 처리 유효기간으로 해석된다. 현재 국내 사과원에 사용되고 있는 교미교란제 방출기는 Isomate[®] 제품의 튜브형으로서 처리 사과나무 마다 가지에 꼬아서 설치하는 방식이다. 광범위한 지역에 이러한 교미교란제를 처리할 경우 과도한 설치 노동력이 문제가 되어 이를 해결하고자 소형캡슐형의 살포용 제제가 개발되어 응용되었다(II'ichev *et al.*, 2006). 그러나 다른 연구 결과들에서는 이러한 형태의 성페로몬 제제는 효과면에서 변이가 있어 현장에 직접 적용하기에는 어려움이 있는 것으로 보고하고 있다(Knight and Larsen, 2004; Knight *et al.*, 2004). 한편 국내 복숭아순나방 집단에 대해서 기존 튜브형태의 Isomate[®] 제품과 비교하여 왁스형태의 Splat[®] 제품을 비교하였을 때 교미교란 효과와 처리하는데 노동력 절감에서 우수하다고 제시되었다(Jung *et al.*, 2006). 본 연구는 Splat[®] 제품을 변형하여 제작한 왁스형 방출기(Jung *et al.*, 2008)를 이용하였다. 기존 연구에서 밝혔듯이 본 방출기의 실효성은 인정되나 본 연구는 유효 기간에 있어서는 현재 연중 일회 처리로 상용화되고 있는 Isomate[®] 보다 낮다. 이러한 차이는 아마도 유효 성분을 방출하는 속도에 있어 두 방출기 형태의 차이로 해석된다.

추후 왁스형방출기의 성페로몬 방출 속도를 줄여 유효 기간을 연장시킬 수 있는 기술이 개발되어 추가 처리 없이 단일회 처리로 연중 유효기간을 가질 수 있는 왁스형 재질을 개발할 필요가 있다.

사 사

본 연구는 농촌진흥청 지원 2009년도 FTA 대응기술개발 사업으로 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. pp. 417-428.
- Il'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.
- Il'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.
- 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., M. Park, S. Lee, K. Choi, Y. Hong, S. Bae and Y. Kim. 2008. Development of wax-typed pheromone dispenser for mating disruption of the oriental fruit moth, *Grapholita molesta*, and its application technique. Kor. J. Appl. Entomol. 47: 255-263.
- 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.
- 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, Y., S. Bae, K.H. Choi, D.H. Lee and S.W. Lee. 2007. 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. 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.
- Knight, A.L. and T.E. Larsen. 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.
- Natale, D., L. Mattiacci, A. Hern, E. Pasqualini and S. Dorn. 2003. Response of female *Cydia molesta* (Lepidoptera: Tortricidae) to plant derived volatiles. Bull. Entomol. Res. 93: 335-342.
- Pinero, J.C. and S. Dorn. 2007. Synergistic between aromatic compounds and green leaf volatiles derived from the host plant underlies female attraction in the oriental fruit moth. Entomol. Exp. Appl. 125: 185-194.
- Pinero, J.C., C.G. Galizia and S. Dorn. 2008. Synergistic behavioral responses of female oriental fruit moths (Lepidoptera: Tortricidae) to synthetic host plant-derived mixtures are mirrored by odor-evoked calcium activity in their antennal lobes. J. Insect Physiol. 54: 333-343.
- 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.
- 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.
- 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.
- Sanders, C.J. and G.S. Lucuik. 1996. Disruption of male oriental fruit moth to calling females in a wind tunnel by different concentrations of synthetic pheromone. J. Chem. Ecol. 22: 1971-1986.
- SAS Institute, 1989. SAS/STAT user's guide, Release 6.03, Ed. Cary, N.C.
- 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.
- Valeur, P.G. and C. Löfstedt. 1996. Behaviour of male oriental fruit moth, *Grapholita molesta*, in overlapping sex pheromone plumes in a wind tunnel. Entomol. Exp. Appl. 79: 51-59.
- 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.