

성페로몬을 이용한 복숭아순나방(*Grapholita molesta*) 모니터링에 영향을 주는 요인김용균* · 정성채² · 배성우 · 권보원 · 윤향미^{1,2} · 홍용표^{1,3}안동대학교 생명자원과학과, ¹안동대학교 화학과, ²(주) 그린아그로텍, ³페로몬텍Factors Influencing Field Monitoring of the Oriental Fruit Moth, *Grapholita molesta*, with Sex PheromoneYonggyun Kim*, Sungchae Jung², Sungwoo Bae, Bowon Kwon, Hyangmi Yoon^{1,2} and Yong Pyo Hong^{1,3}

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

¹Department of Chemistry, Andong National University, Andong 760-749²Green Agro Tech, Inc., Kyungsan 712-240³Pheromone Tech., Andong 760-749, Korea

ABSTRACT : Three active components (Z8-12:Ac, E8-12:Ac, and Z8-12:OH) are known in sex pheromone of the oriental fruit moth, *Grapholita molesta*, and have been commercially available to apply for population monitoring and mating disruption. However, there have been variation among commercial products in pheromone composition and amount impregnated in each pheromone releaser. This study was performed to optimize factors influencing on pheromone monitoring of *G. molesta* by analyzing pheromone composition/amount, effective period of releaser, and trap type/placement in apple trees. High purity of Z8-12:Ac component was effective to attract males, in which 96% or more of cis acetate isomer component appeared to be optimal composition. Pheromone amounts (0.01-1 μ g) impregnated in each rubber dispenser did not give significant effect on monitoring during 90 days from June to August. "Delta" trap was much more efficient than "cone" trap to collect males. Trap installation was another factor, in which placing traps at canopy level was much efficient than at trunk or ground levels. Pheromone trap monitoring with these optimal factors indicated three to four adult peaks from June to September in addition to high overwintering population from April to May in pesticide-applied orchards in Andong, Korea.

KEY WORDS : Dispenser, *Grapholita molesta*, Monitoring, Pheromone, Trap

초 록 : 복숭아순나방(*Grapholita molesta*)의 세 가지 성페로몬 성분(Z8-12:Ac, E8-12:Ac, Z8-12:OH)이 알려져 있으며, 이들은 상용화되어 해충집단 모니터링과 교미교란에 응용되고 있다. 그러나 이들 상용화 제품들을 살펴보면, 성페로몬 성분비 및 각 방출기에 들어있는 유효성분 량에서 있어서 상이했다. 본 연구는 성페로몬을 이용한 복숭아순나방 모니터링에 있어서 수컷 유인과 포획에 대한 변동을 줄 수 있는 요인들을 밝히고, 이들 요인의 최적화를 시도하였다. 이를 위해 성페로몬 성분비 및 함량, 유효 방출기간 그리고 트랩 형태 및 설치높이를 분석하였다. 이상적 모니터링을 위해서는 높은 농도(96% 이상)의 Z8-12:Ac 성분이 효과적이었다. 그러나 방출기에 들어 있는 성페로몬 함량은 0.01-1 μ g 농도에서

*Corresponding author. E-mail: hosanna@andong.ac.kr

야외 설치 이후 90일 동안(6-9월) 차이가 없었다. 트랩은 델타형이 원뿔형 보다 효과적이었으며, 이 트랩의 위치는 과수의 수관부위가 수컷을 유인하는 데 이상적이었다. 이러한 이상적 모니터링 변수를 이용하여 정기적으로 화학농약살포가 이뤄지는 안동 지역의 사과농가에서 복숭아순나방을 모니터링한 결과, 4-5월에 있는 월동세대 이후 3-4회의 성충발생 피크를 감지할 수 있었다.

검색어 : 방출기, 복숭아순나방, 모니터링, 페로몬, 트랩

복숭아순나방(*Grapholita molesta* (Busck))은 중국 서북지역에서 유래되어 현재는 아시아, 유럽, 아메리카, 북부 아프리카, 중동, 뉴질랜드와 호주의 핵과 과실에 피해를 주고 있으며(Roehrich, 1961; Rothschild and Vickers, 1991), 복숭아는 물론이고 산업적으로 중요한 과수인 사과와 배를 가해하는 주요 나비목 해충이다(Ahn *et al.*, 1985; Yang *et al.*, 2001). 특별히 신초와 과실을 직접 가해하므로 해충 피해가 직접 경제적 손실로 연결된다는 점에서 방제의 의의를 갖게 하고 있다. 그러나 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).

일반적으로 효과적으로 야외 해충을 방제하기 위해서는 이들 해충이 특정 지역에서 발생시기를 정확히 모니터링하는 것이 필수적이다(Tanaka and Yabuki, 1978; Rice *et al.*, 1984). 특별히 과실 표면에 산란된 알이 부화하여 과실속으로 들어가면 약제와의 접촉이 어렵기 때문에, 약제 살포시기에 따라 방제 효율이 변동될 수 있다(Tanaka and Yabuki, 1978; Rice *et al.*, 1984). 복숭아순나방의 연중 발생 피크를 살펴보면 월동세대의 50% 우화시기인 4월 중순에서 5월 상순 동안의 초기 발생 피크 이후 연중 3-4세대 발생주기를 보인다(Kim *et al.*, 2004). 그러나 발생시기와 발생 피크 수는 지역마다 다르게 나타날 수 있고, 또한 동일 지역이라 하더라도 주변 환경 및 과원 관리에 따라 변동될 수 있다. 여기에 발생량도 변동될 수 있어, 월동세대의 경우 전년도 작물의 품종에 따라 수확기의 차이를 유도하고 이에 따라 후기 복숭아순나방 발생밀도 변화를 초래하는 데, 비교적 만생종에서 월동 유충 밀도 및 차년도 성충발생이 높았다(Yang *et al.*, 2001).

복숭아순나방의 세 가지 주요 성페로몬 성분(Z8-12:Ac, E8-12:Ac, Z8-12:OH) 밝혀지면서(George, 1965; Cardé *et al.*, 1979) 이 해충의 모니터링 뿐 만 아니라 방제 기술

의 하나로서 교미교란이 제안되었고, 포장에서 집중적으로 현장 검증이 이루어졌다. 다량의 합성페로몬을 처리하는 경우 암컷의 탐색 능력이 저하되어 이에 따른 방제 효과는 화학농약 처리와 견줄 수 있었다(Rothschild, 1975, 1979). 이러한 방제의 기술적 가능성은 Charlton and Cardé (1981)가 복숭아순나방 페로몬을 이용하여 교미교란의 효과를 보여준 것을 기반으로, 여러 풍동 행동 반응 연구들은 교미교란제의 페로몬 성분 유출속도를 암컷이 분비하는 속도와 유사하게 맞춰주는 경우에 수컷의 암컷 탐색 능력을 뚜렷이 저하시키는 것을 확인시켜 주었다(Sanders and Lucuik, 1996; Valeur and Löfstedt, 1996). 특별히 복숭아순나방 수컷의 경우 성페로몬에 반응하여 암컷으로 유인되기 위해서는 촉각에 분포하는 페로몬 화학감각모가 최소한 1,330개 이상이 요구된다는 것이 밝혀졌다(Bae *et al.*, 2006). 성페로몬 이외에 섭식유인제를 이용한 먹이트랩이 이용되고 있으며, 이 트랩에는 암컷도 유인되어 대상 지역의 암컷의 교미율을 판정하는 유효한 기술로 여겨지고 있다(Kim *et al.*, 2007).

국내에서도 복숭아순나방 집단에 효과적인 페로몬 조성이 밝혀지고(Boo, 1998), 화학합성기술이 개발되었다(Kim *et al.*, 2006). 또한 복숭아순나방 성페로몬을 이용한 야외 집단의 모니터링(Yang *et al.*, 2001; Kim *et al.*, 2004) 방법이 농가에 보급되고 있으며 교미교란(Yang *et al.*, 2003)에 의한 방제 기술 개발이 시도되었다. 또한 상품화된 교미교란제를 이용하여 월동세대에 대한 효과적 교미교란 및 피해억제 가능성을 보였다(Jung *et al.*, 2006). 그러나 모니터링을 위한 성분 뿐 만 아니라 교미교란제의 성페로몬 조성에 있어서 제품들 사이에 차이를 보였으며(특히 Z8-12:Ac 성분), 이러한 차이는 효능의 차이로 연결되었다(Jung *et al.*, 2007). 본 연구는 상이한 Z8-12:Ac 성분의 조성에 따라 페로몬 유인력 차이를 규명하였다. 이를 위해 기술적으로는 100% Z8-12:Ac 이성체 성분을 합성하는 기술을 이용하였다. 또한 더불어 방출기에 투입

되는 페로몬 전체성분량, 잔효기간 및 트랩의 형태와 설치 위치에 따른 효과를 분석하였고, 이러한 결과를 통한 이상적 조합을 통해 화학농약이 투입되는 실제 사과 과수원을 대상으로 연중 모니터링하였다.

재료 및 방법

복숭아순나방 성페로몬 합성 및 생물검정 시료 조제

복숭아순나방 페로몬 합성은 Kim et al. (2007)의 방법을 따랐다. 즉, 1,7-Heptanediol을 HBr로 단일 브롬화시킨 후, 남은 수산기를 dihydropyran (DHP)으로 보호하였다. 결과물을 1-pentyne과 결합시켜 C8에 삼중결합을 도입한 화합물을 만든 후, -20°C에서 Pd 촉매로 수소화하여 *cis* 화합물을 얻었다. 이후 보호기를 제거하여 *cis*-8-dodecen-1-ol을 얻었고, 이를 아세틸화하여 최종산물인 *cis*-8-dodecen-1-yl acetate를 얻었다.

합성된 페로몬 성분의 가스크로마토그래피 분석은 Focus GC (Thermo Electron co. Milan, Italy)와 DB-25 column (30 m × 0.250 mm, Agilent Technologies, Inc. Palo Alto, CA, USA)을 이용하여 오븐 온도 125°C, 흐름속도 1.0 ml/min, 주입시료량 2 µl로 분석되었다.

합성된 페로몬 성분의 생물활성을 분석하기 위해 페로몬 성분 가운데 아세테이트류 성분과 알코올 성분을 핵산을 이용하여 각각 1 µg/µl 농도로 용해시켰다. 이를 다시 100%, 96%, 94%, 90% *cis* 이성체를 포함한 합성 아세테이트류와 알코올류가 각각 100:1의 중량비율로 혼합한 후 총 투입량에 따라 각 고무방출기(Sigma, MO, USA)에 분주하였다. 후드에서 용매를 휘발시킨 후(약 10분) 페로몬 침적된 방출기를 시험에 이용하였다. 대조구는 핵산만 처리된 고무방출기를 이용하였다.

수컷반응 생물 검정법

페로몬에 대해 수컷이 나타내는 날개운동을 이용하여 (Kim et al., 2007) 합성된 페로몬에 대한 생물검정을 하였다. 생물검정은 투명한 아크릴로 제작된 반응기(60×25×25 cm: 길이×폭×높이)에 수컷을 방사하고, 모두 쉬고 있는 상태에서 분석될 페로몬 방출기를 노출시켰다. 이후 10분 내에 날개 짓을 하는 모든 개체를 세어 수컷반응으로 결정하였다. 행동시간은 처음 날개 짓을 보인 때를 의미하

며, 이를 기준으로 처리별로 10분 이내에 행동을 보인 개체수를 세었다. 생물검정은 복숭아순나방의 활동시간인 오후 8시부터 11시까지만 실시하였다. 각 반복별로 10-15마리의 수컷을 3반복으로 분석하였다.

복숭아순나방 야외 모니터링 분석

모니터링 지역은 안동시 송천동 남선면 사과원에 두 지역(서로 약 100 m 정도 떨어짐), 안동대학교 앞 사과원(남선면에서 1 km 떨어짐), 길안면 사과원(안동대 앞 사과원에서 10 km 떨어짐)으로 모두 네 개 장소로 구성되었다. 각 포장에서 트랩 배치는 난괴법 3반복으로 각 이랑이 반복이 되며, 상호 반복은 20 m 간격을 둔 이랑으로 배치하였다. 트랩 종류 분석을 제외하고 모든 트랩 분석은 델타트랩((주) 그린아그로텍)을 이용하였다.

성페로몬 조성 및 노출기간에 따른 복숭아순나방 모니터링 효과 분석

합성페로몬을 상기에 기술한 방법대로 네 종류의 조성을 만들고, 이를 안동시 송천동 남선면 사과원에 난괴법 3반복으로 배치하였다. 월동세대(4월 17일-6월 2일)와 가을세대(9월 13일-9월 27일)를 대상으로 2회 조사하였다. 노출기간에 따른 지속력 분석은 남선면 사과원 야외 발육 세대를 중심으로 6월 4일부터 10월 5일까지 진행하였다. 이때 96% *cis* 이성체를 포함한 성페로몬을 0.01, 0.1 그리고 1 mg의 세 농도로 각 고무방출기에 투입하였고, 난괴법 3반복으로 포장에 배치했다. 시험 기간 동안 성페로몬 방출기의 교체는 없었다. 단, 대조구로서 동일한 조성의 성페로몬이 1 mg 들어 있는 상용방출기((주) 그린아그로텍)를 이용하였으며 설치 3달 이후에 1회 교체했다.

성페로몬 트랩 형태와 설치 위치에 따른 복숭아순나방 모니터링 효과 분석

두 가지의 성페로몬트랩과 먹이트랩을 비교 분석하였다. 델타형 트랩과 유인구에 원뿔형 함정이 있는 원뿔형 트랩이 성페로몬트랩을 비교하였다. 먹이트랩은 Kim et al. (2007)의 방법으로 만들었다. 이들 트랩은 사과의 수관 부위에 설치되었으며 1주일간(8월 9일-8월 16일) 유인된 수컷 수를 분석하였다. 트랩의 설치 위치는 모두 5 처리를 두었으며 이는 Fig. 4에 나타났다. 설치에 따른 유인효과 조사도 트랩형태와 동일한 기간에 분석되었다.

통계분석

SAS 프로그램(SAS Institute, 1988)의 PROC GLM을 이용하여 two-way ANOVA를 실시하였으며, 최소유의 차검정법으로 평균간 차이를 비교하였다.

결 과

성페로몬 조성과 노출기간에 따른 복숭아순나방 유인효과 조사

복숭아순나방 성페로몬의 주성분인 Z8-12:Ac의 높은 함량이 모니터링 뿐 만 아니라 교미교란 효율을 높이는 데 이상적이라고 가정하여 왔다(Jung *et al.*, 2006). 이를 증명하기 위해 우선 유기합성을 통해 100%의 Z8-12:Ac 성분을 유도하였다. 또한 상용화되고 있는 96% 및 합성에 따른 90, 94 및 96%의 서로 다른 함량의 성페로몬을 비교하여 실험하였다(Fig. 1). 합성되어 조제된 모든 성페로몬 조성은 수컷의 날개운동으로 분석되었으며, 실내 생물검정 결과 수컷의 유인 행동 반응을 모두 90% 이상 야기시켰으며 이들 조성간 차이는 보이지 않았다. 월동세대인 4월에서 6월 초까지의 집단을 대상으로 조사한 결과 Z8-12:Ac가 94% 이상 포함된 조성에서 통계적으로 차이가 없는 반면($F = 2.09$; $df = 3, 6$; $P = 0.1064$), 90%

조성에서는 낮은 수컷 유인 능력을 보였다(Fig. 1A). 이러한 경향은 시기가 다른 9월 야외 집단에 대해서 Z8-12:Ac가 100% 포함된 조성을 추가하여 조사하여 본 결과 유사한 경향($F = 3.63$; $df = 3, 6$; $P = 0.0837$)을 나타냈다(Fig. 1B). 평균 유인 능력을 살펴보면, 96% 이상에서 90% 또는 94% 조성에 비해 높은 유인력을 지니는 경향을 볼 수 있다.

각 고무방출기에 포함된 성페로몬 주입량에 따른 유인 능력과 잔효기간을 분석하였다(Fig. 2). 이때 성페로몬 조성은 모두 Z8-12:Ac가 96%를 포함하도록 조제했다. 조사된 세 가지 농도와 상용화된 제품(방출기 당 1 mg 성페로몬 함유)을 모두 포함하여 주입량에 따른 유인력 차이는 없는 것으로 나타났다($F = 3.51$; $df = 3, 160$; $P = 0.1642$). 그러나 설치 이후 3개월이 지난 시점에 대조구를 새 방출기로 교체한 경우 수컷 유인 능력이 미교체하고 방치된 세 농도의 방출기에 비해 높았다($F = 3.79$; $df = 3, 40$; $P = 0.0004$).

성페로몬 트랩 형태와 설치 위치에 따른 복숭아순나방 유인효과 조사

농가에 보급된 복숭아순나방 페로몬 트랩은 본 연구에서 사용한 델타형 트랩이다. 여기에 함정형으로 나방류의 유인구가 원뿔형으로 되어 있으면서 살아있는 나방을 수거할 수 있는 원뿔형 트랩이 비교되었다(Fig. 3). 여기에

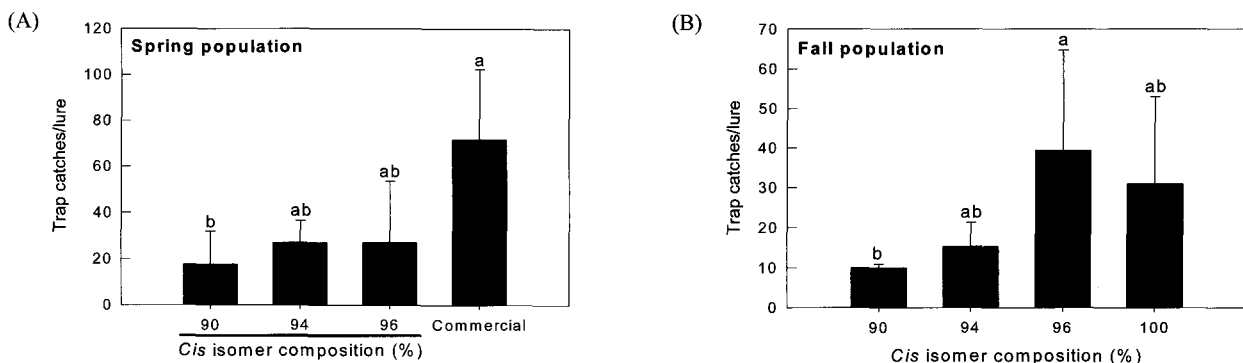


Fig. 1. Effect of pheromone compositions possessing different Z8-12:Ac ('Cis') concentrations on attracting males of *Grapholita molesta* occurring in an apple orchard. Pheromone lures were prepared in different concentrations of Z8-12:Ac: E8-12:Ac: Z8-12:OH (90:10:1, 94:6:1, 96:4:1, 100:0:1, g/g). Field populations were monitored using "Cone" trap possessing rubber septum releaser impregnated with 0.1 mg of each pheromone lure. Commercial lure contained 1 mg of pheromone components of Z8-12:Ac: E8-12:Ac: Z8-12:OH in 96:4:1 (g/g) ratio. (A) 'Spring population' represents monitoring from April 17 to June 2. (B) 'Fall population' represents monitoring from September 13 to September 27. Trap catches represent average numbers \pm SD of three replications. Inset illustrates the trap locations in a tree. Different letters above standard deviations indicate significant differences among means at Type I error = 0.05 (LSD test).

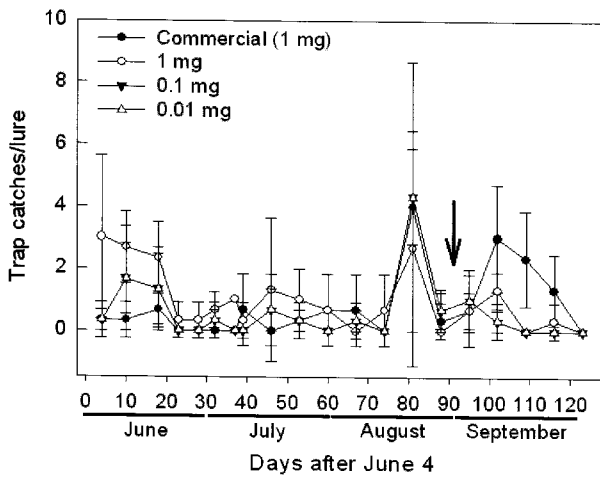


Fig. 2. Effective period of pheromone releaser containing different concentrations of active components to monitor field population of *Grapholita molesta* occurring in Andong apple orchards from June 4 to October 5 in 2007. Pheromone lures were prepared in different concentrations of Z8-12:Ac: E8-12:Ac: Z8-12:OH (90:10:1, 94:6:1, 96:4:1, g/g). Field populations were monitored using “Cone” trap possessing rubber septum releaser impregnated with 0.1 mg of each test pheromone lure. Three test pheromones were not replaced since installation at June 5. Commercial lure contained 1 mg of pheromone components of Z8-12:Ac: E8-12:Ac: Z8-12:OH in 96:4:1 (g/g) ratio, which was replaced one time at August 30 (arrow). Trap catches represent average numbers \pm SD of three replications.

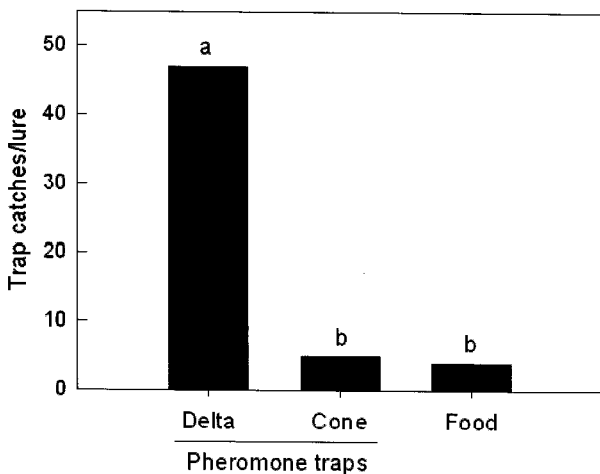


Fig. 3. Effect of trap types on attracting males of *Grapholita molesta* occurring in an apple orchard for 10 days. Field populations were monitored using two pheromone traps, each of which possessed a pheromone lure (1 mg per rubber septum) containing Z8-12:Ac: E8-12:Ac: Z8-12:OH (96:4:1, g/g). Food trap used terpinyl acetate as a lure. Trap catches represent average numbers \pm SD of three replications. Different letters indicate significant differences among means at Type I error = 0.05 (X^2 test).

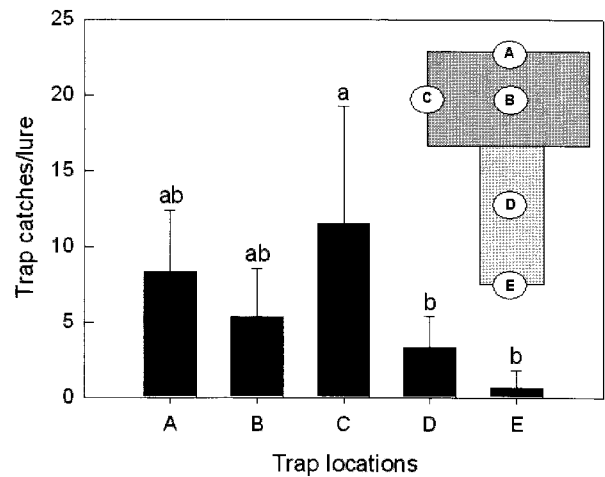


Fig. 4. Effect of trap location in height on attracting males of *Grapholita molesta* occurring in an apple orchard for 10 days. Field populations were monitored using “Delta” trap possessing a pheromone lure (1 mg per rubber septum) containing Z8-12:Ac: E8-12:Ac: Z8-12:OH (96:4:1, g/g). Trap catches represent average numbers \pm SD of three replications. Inset illustrates the trap locations in a tree. Different letters above standard deviations indicate significant differences among means at Type I error = 0.05 (LSD test).

암수 모두를 유인할 수 있는 먹이트랩(Kim et al., 2007)을 포함하여 트랩 간 유인 효과를 비교하였다. 비교되는 두 가지 트랩에 비해 델타트랩의 유인효과가 월등하게 높았다($X^2 = 107.05$; $df = 2$; $P < 0.0001$).

성페로몬 트랩의 설치 위치에 따른 유인효과도 비교되었다(Fig. 4). 페로몬을 수관부(Fig. 4의 B, C 부위)에서 방출할 경우 인근의 수관부의 잎과 가지가 페로몬 이동에 장애가 된다. 그러나 수관부의 정상부위(Fig. 4의 A 부위)나 수간(Fig. 4의 D 부위)이나 지면(Fig. 4의 E 부위)에서 방출할 경우 장애물 없이 멀리 날아 갈 수 있다는 장점이 있어 보다 많은 수컷에게 영향을 미칠 수 있다는 의미이다. 그러나 포장에서 이들 위치에 트랩을 설치하고 조사하여 본 결과 수간이나 지면보다는 수관부에 설치한 트랩에서 높은 유인력을 보인다고 나타났다($F = 3.24$; $df = 4, 13$; $P = 0.0660$). 이는 특별히 인근 나무 끼리 이어지는 가장 자리에 트랩을 설치할 경우 가장 높은 유인효과를 나타내는 것으로 볼 수 있다.

관행방제가 이뤄지는 사과원에서 발생하는 복숭아순나방 연중 모니터링

이상에서 결정된 변수를 통해 최적의 모니터링 조건에서(96% Z8-12:Ac, 방출기 당 1 mg, 수관부 가장자리의

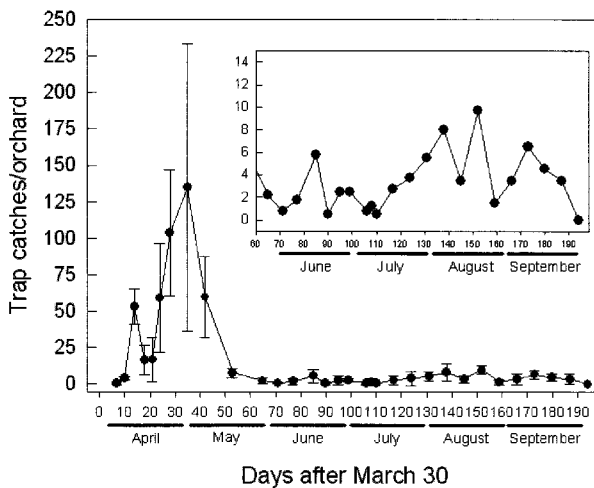


Fig. 5. Monitoring field population of *Grapholita molesta* occurring in four Andong apple orchards at 2007. Four field populations were monitored using a pheromone lure containing Z8-12:Ac: E8-12:Ac: Z8-12:OH (96:4:1, g/g). Three "Cone" traps were deployed in each field. Each trap was installed at a height between tree trunk and canopy levels contained 1 mg of a pheromone lure in the rubber septum. The pheromone lures were replaced in no longer than 2 months. Trap catches represent average numbers \pm SD of the four fields in each time point. Inset illustrates the trap catches from late May to early October to show their fluctuations.

델타트랩) 관행적으로 해충 방제가 이뤄지는 농가를 대상으로 안동지역에서 2007년 연중 복숭아순나방 발생을 조사하였다(Fig. 5). 월동세대의 우화가 4월 초부터 시작되어 5월말까지 진행되었다. 이 시기는 농약 방제가 거의 없어 성충의 발생 밀도가 매우 높게 나타났다. 그러나 본격적으로 약제 방제가 시작되는 6월 이후에는 복숭아순나방 발생이 저조하게 나타나는 것을 볼 수 있다. 이 낮은 밀도의 복숭아순나방 밀도를 분석하면(Fig. 5의 내부 그림), 6월 초중순, 7월 중하순에서 8월 중순 그리고 9월 기간에 모두 3-4회 발생 피크를 나타냈다.

고 찰

복숭아순나방 성페로몬 성분 가운데 Z8-12:Ac는 가장 많은 성분비를 차지하는 주성분이다. 이 페로몬 성분에 대한 국내외의 연구 결과를 보면 전체 페로몬 성분에 중량 비로 96%를 차지하는 것으로 알려지고 있다(Boo, 1998). 그러나 상용화되고 있는 복숭아순나방 성페로몬 성분을 살펴보면, Bedoukian 회사(Danbury, CT, USA)의 복숭아순나방 Z8-12:Ac 성분은 95.5%이고, ISCA 회사(Riverside,

CA, USA)의 SPLAT[®] 제품은 93%이고, Pacific Biocontrol 회사(Vancouver, WA, USA)의 Isomate[®]-M ROSSO 제품은 88.5%를 각각 함유하고 있다. 한편 국내 사과원에서 시험되고 있는 복숭아순나방에 대한 교미교란 효과 검증에서 Z12Ac의 함량이 높을수록 교미교란 효과가 높다고 제시된 바 있다(Jung *et al.*, 2006). 이 가설을 증명하기 위해서는 순수한 즉 100% Z8-12:Ac의 합성이 필요하였다. 이를 바탕으로 90-100% 범위의 *cis* 성분 비교 분석에서 본 결과는 96% 이상에서 최적의 수컷 유인 효과를 보인다고 제시하고 있다. 즉, 상용화되고 있는 낮은 *cis* 성분의 복숭아순나방 성페로몬 제품은 유인력에서 최적 이 아니라는 것을 의미하며, 교미교란에 적용할 경우라도 96% 이상의 고순도 성페로몬 조성이 이상적일 수 있다고 본 연구는 제시하고 있다.

방출기에 함유된 성페로몬 적재량도 페로몬 지속기간이라는 측면에서 분석될 필요가 있었다. 본 연구 결과는 상용화되고 있는 1 mg을 기준으로 그 이하의 0.01-1 mg 범위에서 조사한 결과 적어도 3개월의 야외조건에서 적재량에 따른 차이를 보이지 않았다. 그러나 이후에는 모든 처리량에서 유인능력이 감소하는 것으로 나타났다. 이러한 결과는 이전의 유사 연구(Kim *et al.*, 2004)와는 상반된 결과로서, 복숭아 과원에서 조사한 복숭아순나방의 유인 행동은 성페로몬 적재량이 낮을수록 유인력이 높았고, 장기간 야외 노출시에도 오히려 새로 교체된 페로몬 방출기보다 높은(아마도 높은 적재량) 오래 방치된 페로몬 방출기가 유인효과가 큰 것으로 보여, 높은 농도의 페로몬 적재량이 유효하지 않았음을 지적하였다. 두 연구는 유사한 페로몬 조성을 이용하였다. 단지 조사한 과원이 사과와 복숭아의 차이로만 보여 진다. 그러면 이들 상반된 결과의 원인에 대해서는 좀 더 심도있는 연구가 필요하다. 단, 두 결과의 공통점은 미량(0.01 mg)이 적재된 성페로몬 방출기도 2개월 이상의 비교적 오랜 기간동안 유인 효과를 지속하였다는 점에 주시할 필요가 있다. 본 연구실에서 조사한 고무방출기에 잔류하는 성페로몬 양은 시간에 따라 지속적으로 감소하여, 2개월 이후가 되면 방출기내에는 10% 이하의 페로몬 성분이 잔류하게 된다(미발표자료). 이러한 결과들은 복숭아순나방의 성페로몬 교신이 비교적 극미량으로 근거리에서 이뤄질 수 있다는 것을 내포한다. 일반적으로 대부분의 복숭아순나방의 성충 이동은 일부 개체들을 제외하고 약 200 m 이상을 초과하지 않는 것으로 알려지고 있다(Rochschild and Vickers, 1991). 즉, 낮은 농도의 페로몬 함량은 짧은 거리의 페로몬 활성영역을 형성하게 될 것이고, 복숭아순나방의 짧은

이동거리를 고려하여 볼 때 충분히 유효거리 내에 들어올 것으로 해석된다. 이는 오랜 기간 야외에 방치된 페로몬 방출기도 비록 함량이 낮게 잔존하지만 근거리 통신에는 지장이 없다는 점에서 뒷받침된다. 또한 복숭아 과원에 보고된 높은 농도의 낮은 유인력은 일반적으로 과도하게 높은 농도의 성페로몬은 과다한 신경신호발생으로 유인력이 오히려 낮아질 수 있다는 보고들에서도 설명될 수 있다(Wyman, 1979; Knutson et al., 1998). 현재 추진되고 있는 복숭아순나방의 교미교란제 처리에 있어서도 이러한 점이 고려되어 다량을 투입하기 보다는 소량을 보다 여러 지점에 설치하는 것이 교미교란의 효과를 증대할 수 있을 것으로 사려된다.

트랩의 유형 비교분석에서 페로몬 트랩 자체는 물론이고 일부 복숭아순나방의 모니터링에 이용되고 있는 먹이 트랩과 페로몬트랩을 비교하였다. 먹이트랩은 복숭아순나방 성충의 섭식유인제인 테르피닐아세테이트 효과를 이용한 것으로(Иlichev et al., 2006) 암수 모두를 유인하였다(Kim et al., 2007). 현재 모니터링에 상용화되고 있는 델타형의 페로몬 트랩은 우수한 포획능력을 지닌 것으로 나타났다. 그러나 먹이트랩은 원뿔형의 페로몬 트랩만큼의 포획능력을 보여주어, 만약 이러한 먹이트랩 유인제를 담은 델타형 트랩이 개발될 수 있다면 먹이트랩도 복숭아순나방의 모니터링에 사용될 수 있다는 가능성을 제시하고 있다.

트랩의 설치 위치도 중요한 변수인 것으로 본 연구는 보여주고 있다. 수관부의 가장자리가 가장 높은 유인력을 보여주고 있다. 이러한 결과는 앞에서 고찰하였듯이 복숭아순나방이 교신거리가 비교적 근거리에서 유인하고 있다는 점에서 다시 설명될 수 있다. 이러한 결과들을 증명하기 위해서는 수컷의 방사와 재포획의 방법을 이용하여 이들의 정확한 교신 거리를 측정할 필요가 있겠다.

대부분의 해충 모니터링은 비교적 살충제가 처리되지 않은 포장에서 실시된다. 본 연구는 실제 정기적으로 화학농약 살포가 이뤄지는 농가 네 군데에서 복숭아순나방의 발생피크를 조사하였다. 예상한대로 농약살포가 집중적으로 이뤄지는 6월 이후 포획되는 복숭아순나방의 밀도는 급격하게 낮아지는 것을 알 수 있다. 즉, 현재의 화학농약에 의한 복숭아순나방의 방제가 유효하다는 것을 보여주고 있다. 이러한 농가에서 발생하는 성충피크를 살펴보면 월동세대를 제외하고 3-4회가 보여 진다(보다 정확한 발생횟수는 무방제 과수원을 대상으로 추가 조사가 필요하다). 이는 수원지역에서 조사된(Kim et al., 2004) 월동세대 피크를 제외한 3회 피크 보다 1회 많을 수 있는 발생

경향이다. 이러한 추가 발생피크는 8월 중순까지 빠르게 진행된 3회 발생 피크에 추가로 9월 중하순의 발생 피크를 형성하는 데서 비롯된다. 특별히 이 시기가 사과와 수확기와 맞물려 농약살포가 자제되는 시기이기 때문에 이전 세대에서 방제가 효과적이지 못하면 커다란 경제적 손실의 위협에 놓이게 된다. 그러나 보다 정확한 안동지역 성충 발생빈도 결정은 피크가 비교적 크게 나타날 수 있는 무방제구를 대상으로 조사될 필요가 있다. 본 연구에서 나타난 특별히 이 시기에 교미교란제가 효과적으로 처리될 경우 환경친화적으로 이러한 손실을 줄일 수 있는 이상적 방제 기술로 제시될 수 있다.

사 사

본 연구가 진행되는 동안 배성우와 권보원은 교육인적자원부의 2단계 BK21 사업으로 지원 받았다. 본 연구는 농촌진흥청의 현장협력기술개발과제와 농림기술관리센터의 농산업기술개발사업으로 수행되었다.

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.
- Bae, S., M. Shin and Y. Kim. 2006. Impaired antennae of field-captured males of oriental fruit moth, *Grapholita molesta*, in apple orchard and its ultrastructural analysis. J. Basic Life Res. Sci. 6: 24-27.
- Borchert, D.M., R.E. Stinner, J.F. Walgenbach and G.G. Kennedy. 2004. Oriental fruit moth (Lepidoptera: Tortricidae) phenology and management with methoxyfenozide in North Carolina apples. J. Econ. Entomol. 97: 1353-1364.
- Boo, K.S. 1998. Variation in sex pheromone composition of a few selected lepidopteran species. J. Asia-Pacific Entomol. 1: 17-23.
- 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.
- Иlichev, 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.
- 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. Pest. Sci. 11: 46-51.
- 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.
- 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. 2007. Efficacy test of mating disruptors using food trap of oriental fruit moth, *Grapholita molesta* (Busck). Kor. J. Appl. Entomol. 46: 269-274.
- Knutson, A.E., M.K. Harris and J.G. Millar. 1998. Effects of pheromone dose, lure age, and trap design on capture of male pecan nut casebearer (Lepidoptera: Pyralidae) in pheromone-baited traps. J. Econ. Entomol. 91: 715-722.
- Pedigo, L.P. 1991. Entomology and pest management. 646pp. Macmillan Publishing Company, New York.
- 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.
- Roehrich, R. 1961. Contribution a l'étude écologique des populations de la tordeuse de pêcher (*Grapholita molesta* Busck) dans la région Aquitaine. Annales des Epiphyties. p. 114.
- 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.
- 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, 1988. SAS/STAT user's guide, Release 6.03, Ed. Cary, N.C.
- Tanaka, F. and S. Yabuki. 1978. Forecasting oriental fruit moth, *Grapholita molesta* Busck, emergence time on the pheromone trap method by the estimate of temperature. Jpn. J. Appl. Entomol. Zool. 22: 162-168.
- 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.
- Wyman, J.A. 1979. Effect of trap design and sex attractant release on tomato pinworm catches. J. Econ. Entomol. 72: 865-868.
- 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. Korean 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-Pacific Entomol. 6: 97-104.

(Received for publication October 20 2007;
accepted November 19 2007)