

복숭아순나방벌이 성페로몬샘의 미량성분 첨가에 따른 종특이적 유인력 증가 효과

정충렬 · 김성호¹ · 김용균*안동대학교 자연과학대학 생명자원과학과, ¹파수꾼영농조합법인

Enhancement of Species-specific Attraction by Addition of a Minor Component of Sex Pheromone Gland of *Grapholita dimorpha*

Chung Ryul Jung, Seong-Ho Kim¹ and Yonggyun Kim*

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

¹Pasugun Farming Association Corporation, Punggi, Yeongju 750-804, Korea

ABSTRACT: Two congener species of *Grapholita molesta* and *G. dimorpha* have similar host ranges and adult occurrence patterns. In addition, the two species commonly use *cis*-8-dodecenyl acetate (Z8-12:Ac) and *trans*-8-dodecenyl acetate (E8-12:Ac) as their major sex pheromone components. The commercial lures made of the two components, therefore, suffer a mixed attraction of these two species. This study was conducted to assess any effect of their known minor sex pheromone components to reduce the mixed attraction. When *cis*-8-tetradecenyl acetate (Z8-14:Ac) was added to the commercial sex pheromone consisting of Z8-12:Ac/E8-12:Ac = 85/15, the attraction to *G. dimorpha* was not affected, but its attraction to *G. molesta* was significantly reduced. However, the addition of either dodecanyl acetate (12:Ac) or tetradecanyl acetate (14:Ac) did not influence on the attraction of both species to the commercial lure. The addition of E8-14:Ac to 3-component sex pheromone, Z8-12:Ac/E8-12:Ac/Z8-14:Ac = 85/15/10, the attraction to *G. dimorpha* was rather significantly suppressed. From these results, the 3-component sex pheromone, Z8-12:Ac/E8-12:Ac/Z8-14:Ac = 85/15/10 was suggested as an improved composition of sex pheromone lure for *G. dimorpha*.

Key words: *Grapholita molesta*, *Grapholita dimorpha*, Sex pheromone, Minor component, Cross-attraction, Electroantennogram

초록: 같은 속의 복숭아순나방(*Grapholita molesta*)과 복숭아순나방벌이(*G. dimorpha*)는 기주범위와 야외에서의 성충 발생 양상이 유사하다. 또한 두 종은 성페로몬 성분으로 *cis*-8-dodecenyl acetate (Z8-12:Ac)와 *trans*-8-dodecenyl acetate (E8-12:Ac)를 공통으로 사용하고 있는데, 이 두 성분으로 구성된 상용 성페로몬 유인제에 두 종이 혼합되어 유인된다. 본 연구는 복숭아순나방벌이 트랩에 복숭아순나방이 혼합유인되는 현상을 줄이기 위해 성페로몬 미량성분의 효과를 분석했다. 복숭아순나방벌이 성페로몬인 Z8-12:Ac/E8-12:Ac = 85/15에 *cis*-8-tetradecenyl acetate (Z8-14:Ac)를 첨가했을 때, 복숭아순나방벌이의 유인은 유지되면서 복숭아순나방의 유인은 유의하게 억제되었다. Dodecyl acetate (12:Ac)와 tetradecyl acetate (14:Ac)의 첨가는 두 종의 유인력에 영향을 주지 않았다. 한편 Z8-12:Ac/E8-12:Ac/Z8-14:Ac = 85/15/10의 세 성분 성페로몬에 *trans*-8-tetradecenyl acetate (E8-14:Ac)를 첨가했을 때, 복숭아순나방벌이의 유인이 오히려 유의하게 억제되었다. 이상의 결과로부터 Z8-12:Ac/E8-12:Ac/Z8-14:Ac = 85/15/10의 조성이 개선된 복숭아순나방벌이의 성페로몬으로 제시되었다.

검색어: 복숭아순나방벌이, 복숭아순나방, 성페로몬, 미량성분, 혼합유인, 촉각전도도

복숭아순나방(*Grapholita molesta*)은 중국 북서부 지역이 원산지(Hallman, 2004) 현재 거의 모든 지역에 분포하며 사

과를 비롯한 배, 복숭아 등의 과실류와 함께 장미과 식물 등에도 심각한 피해를 주는 것으로 알려져 있다(Rothschild and Vicker, 1991; Il'chev et al., 2004; Kovanchi et al., 2004). 한국, 일본, 중국, 연해주를 포함하는 러시아 등 극동아시아 지역에만 분포하고 있는 복숭아순나방벌이(*G. dimorpha*) 또한 복숭아순

*Corresponding author: hosanna@andong.ac.kr

Received October 17 2013; Revised January 9 2014

Accepted June 17 2014

나방과 마찬가지로 과실 내부를 가해하여 피해를 유발시키는 식식해충이다(Park and Kim, 1986; Yan et al., 1999; Beljaev and Ponomarenko, 2005; Yoshizawa et al., 2008),

사과에서 복숭아순나방붙이의 발생이 처음 보고된 이후(Choi et al., 2009), 복숭아순나방붙이의 성페로몬을 이용한 모니터링 조사가 배(Jung et al., 2012)와 자두(Jeong et al., 2012)에서 진행되었다. 페로몬 조성에 있어 복숭아순나방은 *cis*-8-dodecenyl acetate (Z8-12:Ac)와 *trans*-8-dodecenyl acetate (E8-12:Ac) 및 *cis*-8-dodecenol (Z8-12:OH)을 가지며 95:5:1의 조성을 가지고 있는 반면(Han et al., 2001; Yang et al., 2002), 복숭아순나방붙이의 페로몬은 복숭아순나방과 동일한 주성분인 Z8-12:Ac와 E8-12:Ac로 구성되며 85:15의 조성 비율을 가진다(Murakami et al., 2005; Jung et al., 2013). 그런데, 두 종의 공통된 성페로몬 주성분들이 각 종의 성유인제로 사용되고 있기 때문에 야외에서 각각의 종 트랩에 두 종이 동시에 유인될 수 있음이 가정되어 왔고 실제 이 현상이 국내 배과원에서 발생하였음을 보고하였다(Jung et al., 2012). 이런 문제점을 줄이고자, Jung et al. (2013)은 복숭아순나방 성유인제에 성페로몬 미량성분인 Z8-12:OH의 함량을 늘려 복숭아순나방붙이 수컷의 유인을 억제하고 복숭아순나방 수컷에 대한 유인력을 증가시켜 동종 유인에 대한 종 특이성을 증가시켰다. 하지만, 복숭아순나방붙이 성유인제에 복숭아순나방이 함께 유인되는 문제는 아직 해결되지 않아 본 연구에서 복숭아순나방붙이 성페로몬샘에서 발견된 미량성분을 이용해 동종에 대한 성유인제의 종 특이성을 높일 수 있는 요인들을 검토하였다. 성페로몬샘으로부터 검출된 화합물들은 주 성분인 Z8-12:Ac와 E8-12:Ac 이외에 Z8-12:OH, dodecenol (12:OH), dodecyl acetate (12:Ac), tetradecyl acetate (14:Ac), *cis*-8-tetradecenyl acetate (Z8-14:Ac), *trans*-8-tetradecenyl acetate (E8-14:Ac) 등이 미량성분으로 보고되었는데(Murakami et al., 2005), 아직까지 이들의 기능은 불확실하다. 두 주성분으로 구성된 복숭아순나방붙이 성유인제에 미량성분인 Z8-14:Ac, E8-14:Ac, 12:Ac 및 14:Ac를 각각 첨가하여 야외에서 유인실험을 진행하여 복숭아순나방붙이 트랩의 종특이성을 높이는 연구를 진행하였다.

재료 및 방법

실험곤충 사육

복숭아순나방 유충은 경북 안동시 북후면 소재 살충제 무살포 사과원 내 복숭아순나방 피해과를 채집하여 확보하였고, 복숭아순나방붙이 유충은 경북 의성군 옥산면 소재 방치된 자두

나무의 피해과로부터 확보하였다. 유충들을 각각 두 그룹으로 나누어 일부는 원형의 사육용기(100 × 40 mm, SPL Life Science, Pochon, Korea)안에서 인공사료(SilkMate 2S, Nosan Corporation, Yokohama, Japan) (Mochizuki, 2009)를 이용하여 사육하였고, 나머지는 아크릴 사육상자(60 × 60 × 60 cm)에서 과실(사과와 자두)을 이용하여 각각 사육하였다. 유충의 증식 및 산란용으로 사용한 사과 및 자두는 여름철에 해충 피해가 없는 것을 채집하여 4°C의 냉장고에 보관하였고 필요할 때 마다 꺼내어 누대사육에 사용하였다. 사육환경의 경우 광조건은 16:8 h (L:D)였고 실내온도는 25°C 그리고 상대습도는 65%였다. 번데기 상태에서 암수를 구분한 후, 우화한 성충을 아크릴 사육상자(60 × 60 × 60 cm)로 옮겨 교미시켰다. 산란 유도를 위해 냉장고에 보관한 사과와 자두를 제공하였고 암컷 성충의 먹이로 10%의 설탕물을 제공하였다.

성페로몬 유인제 제조

유인제 제조에 필요한 성분들 중 Z8-12:Ac와 E8-12:Ac 및 Z8-14:Ac는 Bedoukian Research, Inc. (Danbury, CT, USA)로부터 구매하였고, E8-14:Ac는 Chemtech M&D (Paphos, Cyprus)로부터, 12:Ac와 14:Ac는 Sigma-Aldrich (St. Louis, MO, USA)로부터 구매하였다. 모든 성분의 순도는 98% 이상을 나타냈다. 페로몬 성분의 분배용기로 사용된 고무격막(Ø 9 mm)은 ISCA Technologies, Inc. (Riverside, CA, USA)로부터 구매하였다.

Z8-14:Ac, 12:Ac 및 14:Ac가 첨가된 유인제는 Z8-12:Ac와 E8-12:Ac의 두 성분이 85:15의 비율로 섞인 것을 먼저 전체 1 mg 함량으로 제조한 후 여기에 위 미량성분들을 각각 1, 5, 10 및 20%씩 첨가하여 제조하였다. 한편, E8-14:Ac가 첨가된 유인제는 상기 유인제 중에 Z8-12:Ac와 E8-12:Ac 및 Z8-14:Ac의 3성분이 85:15:10의 비율로 혼합된 것에 두 주요성분 함량인 1 mg에 대해 E8-14:Ac를 각각 5, 10 및 20%씩 섞은 것을 제조하였다. 모든 유인제에는 향산화제로 2,6-di-tert-butyl-4-methylphenol (Junsei Chemical Co., Ltd., Tokyo, Japan)을 50 µg씩 첨가하였다. 유인제를 헥산(Merck, Darmstadt, Germany)에 희석하여 고무격막에 흡수시켰고, 고무격막에 포함된 헥산은 후드장치에서 증발시킨 후 분배용기를 라미네이트가 코팅된 은박 포장지에 넣어 밀봉한 후 사용 전까지 -20°C 저온고에 보관하였다.

야외 유인실험

분배용기에 흡착시킨 유인제는 델타트랩(Pasuggun Farming Association Corporation, Yeongju, Korea)에 고정시킨 후, 트

랩을 사과, 배, 복숭아 및 자두원에서 약 1.5 m 높이로 과수나무의 주간부에 설치하였다. 한 과수원에서 한 처리별 3반복으로 하여 완전임의배치로 트랩을 설치하였고 트랩 사이의 거리는 최소 10 m 이상으로 하였다. 매주 수컷 성충들이 포획된 끈끈이판을 새로 교체하면서 조사하였다.

두 주요성분에 하나의 미량성분이 합친 것들 중, Z8-14:Ac에 대한 유인반응 조사는 상주시 공검면 소재 사과원 및 배과원과 사과별면 소재 복숭아원 그리고 의성군 봉양면 소재 자두원에서 실시하였다. 자두의 경우 상주 지역에서 찾기 어려워 주산지인 의성 소재 과원을 선택하였다. 8월 말 자두가 수확된 이후에는 더 이상 조사를 진행하지 않았다. 상주에서는 2013년 7월 20일부터 9월 7일까지, 의성에서는 7월 20일부터 8월 2일까지 조사하였다. 12:Ac과 14:Ac에 대한 유인반응 조사는 안동시 임하면 소재 사과원에서 2013년 7월 20일부터 8월 13일까지 조사하였다. 세 성분을 고정된 후 첨가한 E8-14:Ac에 대한 유인반응 조사의 경우, 사과는 안동시 길안면 소재 사과원과 상주시 공검면 소재 사과원에서, 배는 상주시 공검면 소재 배과원에서, 복숭아는 상주시 도남동 소재 복숭아원에서 실시하였다. 상주에서는 2013년 8월 12일부터 9월 7일까지 조사하였고 안동에서는 8월 13일부터 9월 7일까지 조사하였다. 모든 야외실험의 경우 비록 같은 지역에서 실험이 진행되었지만 모두 다른 과원을 이용하였다.

포획된 개체의 종 동정

과원별로 설치된 트랩에 포획된 복숭아순나방붙이와 복숭아순나방은 Choi et al.(2009)과 Jung et al.(2012)이 제시한 형태적 특징인 뒷날개의 함몰 여부와 무늬 패턴에 따라 구분하였다. 복숭아순나방붙이의 외연은 함몰되어 있지만 복숭아순나방은 완만하다. 뒷날개 무늬 패턴의 경우, 복숭아순나방붙이는 회황색의 무늬 패턴이 없는 반면 복숭아순나방은 뒷날개 중앙에서부터 하단부 가장자리까지 회황색의 무늬 패턴을 가지고 있는 것이 특징이다.

촉각전도도 (Electroantennogram: EAG) 반응

복숭아순나방붙이 성페로몬에 Z8-14:Ac가 첨가되어 자극 받았을 때 복숭아순나방붙이와 복숭아순나방 수컷이 반응하는 촉각전도도는 Syntech EAG system (Ockenfels Syntech GmbH, Kirchzarten, Germany)을 이용하여 측정하였다. CO₂에 마취된 1~2일 된 교미하지 않은 수컷의 촉각과 머리가 포함된 부위를 절단한 후 200 µl의 피펫 팁 끝에 절단된 부위를 촉각이 바깥으

로 나오도록 고정시켰다. 증류수를 미량 첨가하여 희석한 electrogel (Spectra[®] 360; Parker Laboratories, Inc., NJ, USA)을 이용하여 피펫 팁 안쪽을 채운 후 이를 EAG probe (PRG-2)에 고정하였다. Stimulus air controller (CS-55)의 continuous air 출구로부터 정화된 공기를 2 L/min의 속도로 고정된 촉각 쪽으로 계속 흐르도록 설정하였다. 여과지(Whatman No. 1; Whatman International Ltd., Maidstone, UK)를 작은 띠 모양의 카트리리지 (0.4 × 8 cm) 형태로 자른 후 200 µg/20 µl 씩 각 비율별로 희석된 성페로몬 혼합물을 처리하고 나서 여러 번 흔들어서 페로몬 혼합물 내 핵산을 증발시킨 다음 일회용 유리 파스퇴르 피펫 속으로 투입하였다. 피펫의 한쪽 끝을 stimulus air controller로부터 stimulus air 튜브와 연결하였고 반대쪽 끝 부분은 촉각이 장착된 probe 근처에서 continuous air 튜브 안으로 삽입하여 고정시켰다. Stimulus air controller를 사용하여 파스퇴르 피펫 안 성페로몬 냄새를 continuous air 튜브 안으로 불어넣어 촉각에 자극을 준 다음 나타난 EAG 반응은 내장된 소프트웨어(EAG 2000, Ockenfels Syntech GmbH, Kirchzarten, Germany)를 사용하여 저장하였다. 반응시킨 페로몬은 복숭아순나방붙이 성페로몬인 Z8-12:Ac/E8-12:Ac = 85/15에 Z8-14:Ac를 0, 1, 5, 10, 20씩 첨가한 것을 사용하였고, 성페로몬이 포함되지 않은 핵산을 대조로 이용하였다. 각 처리는 5 마리의 수컷 촉각을 이용하여 5 반복으로 실시하였다.

자료분석

각 과원에서 처리비율로 채집된 포획수 자료의 경우, 복숭아순나방붙이와 복숭아순나방 각각에 대해 SAS 프로그램(SAS, 1989)의 PROC GLM을 이용하여 분산분석과 처리들 사이의 평균을 비교하였다. 분산분석에서 처리간 차이가 인정되는 경우 그 차이는 최소유의차검정(LSD)을 이용하여 비교하였다. 한편 Z8-14:Ac와 E8-14:Ac 처리에서, 한 트랩에서 각 곤충종에 대한 포획율을 구하기 위해 한 트랩에 잡힌 두 종의 전체수에 대한 각 종수의 백분율을 구해 처리간 비교를 하였는데 4개 과원에서 수행하였기에 각 과원에서 얻어진 평균값을 이용하여 각 과원을 한 반복으로 분산분석 및 평균간 비교를 하였다.

결과

미량성분의 첨가 효과

두 성분으로 구성된 복숭아순나방붙이 성페로몬에 Z8-14:Ac을 첨가한 후 복숭아순나방붙이에 대한 유인효과에서, 상주 배

과원의 경우 10 및 20%의 농도로 첨가한 트랩에서 첨가하지 않은 트랩보다 복숭아순나방붙이를 유의하게 더 많이 유인한 것으로 나타났다(Table 1). 마찬가지로 복숭아순나방에 대한 유인효과의 경우, 자두를 포함한 4개 과원 처리 사이에서 배과원에서 10%를 제외하고 첨가하지 않은 트랩과 비교하였을 때 모두 유의한 차이가 나타났고 첨가량이 증가할수록 복숭아순나방이 유인되지 않는 경향으로 나타났다. 이와 유사한 방식으로 처리한 12:Ac와 14:Ac의 효과에서는 두 곤충종 모두에서 첨가한 농도별로 유의한 차이가 나타나지 않았다(Table 1). 한편, 세 성분(Z8-12:Ac/E8-12:Ac/Z8-14:Ac = 85/15/10)으로 구성된 복숭아순나방붙이 성페로몬에 E8-14:Ac를 첨가하였을 때, 복숭아순나방붙이에 대한 유인효과의 경우 첨가하지 않은 트랩과 비교하여 상주와 안동의 처리 과원 모두에서 유의한 차이가 있는 것으로 나타났고 첨가량이 증가할수록 유인되지 않는 경향을 보였다(Table 2). 하지만 복숭아순나방에 대한 유인효과의 경우 처리한 과원 모두에서 유의한 차이가 나타나지 않아 E8-14:Ac가 복숭아순나방 유인에 영향을 주지 않았다.

위 결과에서 한 과원을 한 반복으로 하여 한 트랩에 포획된 한 곤충종의 포획율을 계산하였는데 두 주성분으로 구성된 복숭아순나방붙이 성페로몬에 Z8-14:Ac가 5, 10 및 20%가 첨가된 트랩을 첨가되지 않은 트랩과 비교하였을 때보다 유의하게 높은 포획율을 나타냈다. 특히 10 및 20% 첨가는 5% 첨가보다 유의하게 높아 100%에 가까웠다(두 종 동일, $F = 41.49$, $df = 4, 15$, $P < 0.0001$) (Fig. 1). 복숭아순나방 포획율은 5, 10, 20% 첨가에서 상대적으로 유의하게 낮았다. 한편 세 성분 조성인 복숭아순나방붙이 성페로몬에 E8-14:Ac가 첨가된 경우의 포획율은 두 곤충종 모두에서 처리간의 포획율 차이가 없었다(두 종 동일, $F = 1.07$, $df = 4, 15$, $P = 0.4024$) (Fig. 2).

Z8-14:Ac 첨가에 대한 두 곤충의 EAG 반응변화

두 성분으로 구성된 복숭아순나방붙이 성페로몬에 양을 다르게 첨가하여 처리한 촉각전도도 측정실험을 진행하였는데 모든 처리의 자극에서 촉각반응은 한 번의 자극에 하나의 전위차가 측정되는 정상적인 파형으로 나타났다(Fig. 3A). 하지만 복숭아순나방붙이 수컷의 반응은 페로몬으로 자극된 모든 경우에도 대조인 헥산보다 촉각전도도가 다르지 않게 나타났다($F = 1.93$, $df = 5, 24$, $P = 0.1257$)(Fig. 3B). 복숭아순나방 수컷의 반응에서도 처리들 사이에 유의한 차이가 나타나지 않았다($F = 2.42$, $df = 5, 24$, $P = 0.0650$)(Fig. 3B).

고찰

복숭아순나방과 복숭아순나방붙이 페로몬샘으로부터 각각 4 종 및 8 종의 화합물이 분리 및 동정되었다(Han et al., 2001; Yang et al., 2002; Murakami et al., 2005). 이 중 4 종의 화합물(Z8-12:Ac, E8-12:Ac, Z8-12:OH 및 12:OH)은 공통으로 존재하고 Z8-12:Ac와 E8-12:Ac는 페로몬의 주성분으로 작용한다. 이 두 주성분으로 구성된 복숭아순나방붙이 성페로몬에 미량 성분인 Z8-14:Ac를 첨가한 효과의 경우 4 개의 과원 모두에서 이 성분이 복숭아순나방붙이의 유인에 대해서는 거의 영향을 나타내지 않고, 이 미량성분을 갖고 있지 않은 복숭아순나방의 유인에 대해서는 뚜렷하게 억제하는 것으로 나타났다(Table 1). 따라서 이 효과가 한 과원 내에 복숭아순나방붙이 성페로몬 트랩에 동일종의 포획율을 상대적으로 높인 것으로 추론되었다(Fig. 1). 그런데 이 결과는 기존에 보고된 국내 안동의 사과원과 일본의 자두원에서 이루어진 동일한 종류의 실험에서 Z8-14:Ac가 두 종 모두에 대한 유인력에 영향을 미치지 않았던 결과와는 일치하지 않았다(Murakami et al., 2005; Jung et al., 2013). 즉, Z8-14:Ac가 상대종인 복숭아순나방에 대한 유인 억제효과를 갖고 있다는 결과가 서로 다른데, 이는 기존의 연구들이 복숭아순나방붙이 유인제에 유인되는 복숭아순나방의 비율이 처음부터 절대적으로 낮았고 하나의 과원에서만 실험을 진행하여 뚜렷한 차이를 발견하지 못했던 것에 기인하는 것으로 추정되었다. 본 연구에서는 반복실험을 통해 그 효과를 뚜렷하게 제시하여 미량성분의 역할에 대해 더 타당한 결론을 내릴 수 있다. 하지만 기존의 보고들과 편차가 있는 만큼 향후 정밀한 행동실험으로 해당 화합물의 역할에 대해 보다 명확하게 규명할 필요가 있다.

위 결과는 동일한 성페로몬 성분들을 가지고 있다는 이유만으로 유사종들 사이에 교잡의 가능성이 있는 경우, 한 종이 가지고 있는 미량성분이 다른 종의 유인을 억제하여 종간의 생식 격리가 발생할 수 있는 가능성을 제시하였다. 이런 경우의 예로 복숭아순나방과 황머리에기잎말이나방(*G. funebrana*) 사이에서 보고되었다. 황머리에기잎말이나방 성페로몬은 Z8-12:Ac/E8-12:Ac/Z8-14:Ac/Z10-14:Ac/Z8-12:OH = 100/1/30/5/2로 구성되어 있는데, 이 조성과 같이 화학구조 주 골격에 14개 탄소 가진 미량성분들이 포함되는 경우 동종에 대한 유인은 증가하지 않고 상대종인 복숭아순나방에 대한 유인만 억제되었다고 하여(Guerin et al., 1986) Z8-14:Ac가 이 과정에 어떤 역할을 하였을 가능성을 제시하였다. 유사 사례로 본 연구에서 다루는 복숭아순나방붙이와 복숭아순나방 사이에서 공통의 미량 성분으로 검출된 Z8-12:OH가 복숭아순나방 성페로몬(Z8-12:Ac/

Table 1. Effects of the addition of the minor components on male attraction of *Grapholita dimorpha* and *G. molesta* to *G. dimorpha* sex pheromone ('Gd-SP') lure (Z8-12:Ac/E8-14:Ac = 85:15, g/g)

Test Compound	Area	Orchard	Test Period	Number of <i>G. dimorpha</i> males			Number of <i>G. molesta</i> males			Statistic value					
				0	0.01	0.05	0.1	0.2	0		0.01	0.05	0.1	0.2	
Z8-14:Ac	Sangju	Apple 1	7/20~9/7	14.53	13.33	12.47	13.60	18.80	F = 0.82	1.80	2.13	0.93	0.00	F = 9.81	
				±9.83a	±11.32a	±10.66a	±8.81a	±12.42a	P = 0.5197	±1.26ab	±2.26a	±0.95b	±0.00c	±0.00c	P < 0.0001
				4.47	7.80	6.80	8.47	10.27	F = 2.94	0.93	1.27	0.47	0.27	0.13	F = 3.57
		Pear 1	7/20~9/7	±2.47b	±5.19ab	±5.89ab	±3.56a	±6.04a	P = 0.0262	±1.03ab	±1.44a	±0.99bc	±0.59bc	P = 0.0104	
		Peach 1	7/20~9/7	8.93	8.53	7.07	12.00	12.67	F = 1.89	1.33	1.93	0.87	0.13	F = 7.28	
				±4.79ab	±5.66ab	±3.63b	±8.69a	±9.11a	P = 0.1214	±1.29ab	±1.75a	±0.99bc	±0.35c	±0.41c	P < 0.0001
		Uiseong	Plum	9.50	11.67	6.33	8.50	6.83	F = 0.46	2.17	2.50	0.67	0.00	F = 3.84	
				±8.80a	±9.65a	±6.02a	±7.56a	±6.15a	P = 0.7648	±2.23ab	±1.87a	±1.63bc	±0.00c	±0.00c	P = 0.0145
12:Ac	Andong	Apple 2	7/20~8/13	2.75	2.08	1.75	0.75	1.83	F = 1.88	0.17	0.00	0.17	0.00	F = 1.08	
				±2.18a	±2.27a	±2.14a	±0.62a	±1.34a	P = 0.1279	±0.39a	±0.00a	±0.39a	±0.00a	±0.29a	P = 0.3761
14:Ac	Andong	Apple 3	7/20~8/13	1.92	1.08	1.58	0.75	2.00	F = 1.38	0.33	0.25	0.00	0.00	F = 1.35	
				±1.51a	±1.16a	±1.51a	±1.22a	±2.30a	P = 0.2534	±0.65a	±0.87a	±0.00a	±0.00a	±0.00a	P = 0.2638

Table 2. Effects of the addition of E8-14:Ac on male attraction of *Grapholita dimorpha* and *G. molesta* to *G. dimorpha* sex pheromone ('Gd-SP') lure (Z8-12:Ac/E8-14:Ac/Z8-14:Ac = 85:15/10, g/g/g)

Area	Orchard	Test Period	Number of <i>G. dimorpha</i> males			Number of <i>G. molesta</i> males			Statistic value			
			0	0.01	0.05	0.1	0.2	0		0.01	0.05	0.1
Sangju	Apple 4	8/12~9/7	16.00	7.67	2.50	3.17	F = 9.36	1.50	0.33	0.17	0.50	F = 2.84
			±8.25a	±4.93b	±1.52b	±2.14b	P = 0.0005	±1.38a	-	±0.52b	±0.41b	±0.84ab
	Pear 2	8/12~9/7	16.50	4.50	3.17	2.83	F = 6.05	0.67	0.50	0.00	F = 2.93	
			±11.93a	±4.32b	±2.48b	±1.60b	P = 0.0042	±0.82a	-	±0.55a	±0.00a	P = 0.0586
	Peach 2	8/12~9/7	3.50	1.00	1.17	0.67	F = 6.35	0.33	0.00	0.00	F = 0.73	
			±0.84a	±1.55b	±1.47b	±1.03b	P = 0.0034	±0.82a	-	±0.00a	±0.00a	P = 0.5443
Andong	Apple 5	8/13~9/7	1.33	0.50	0.33	0.00	F = 4.73	0.50	0.17	0.00	F = 0.80	
			±0.82a	±0.84b	±0.52b	±0.00b	P = 0.0119	±1.22a	-	±0.41a	±0.00a	P = 0.5084

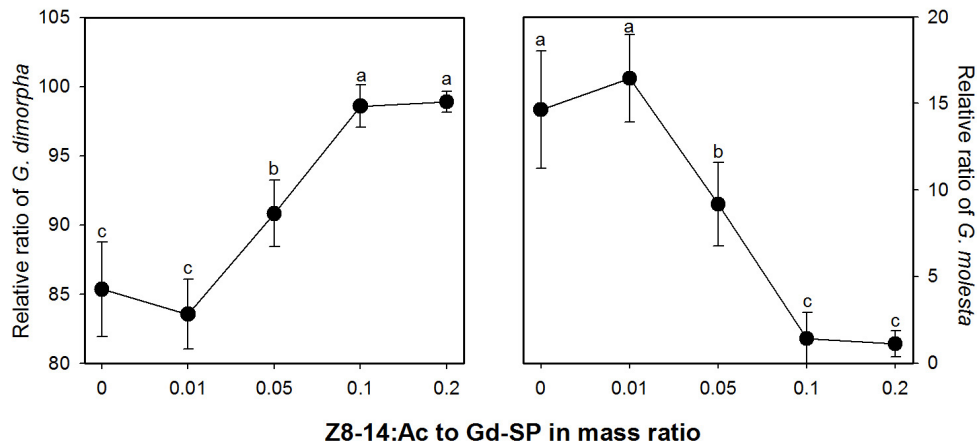


Fig. 1. Effect of *cis*-8-tetradecenyl acetate ('Z8-14:Ac') on male attraction of *Grapholita dimorpha* and *G. molesta* to *G. dimorpha* sex pheromone ('Gd-SP') lure (Z8-12:Ac/E8-12:Ac = 85:15) by addition of different ratios. This experiment were carried out in different four host plants of three different areas. Three traps were monitored in each orchard. ANOVA analyses showed that there are no significant difference among treatments, in both species.

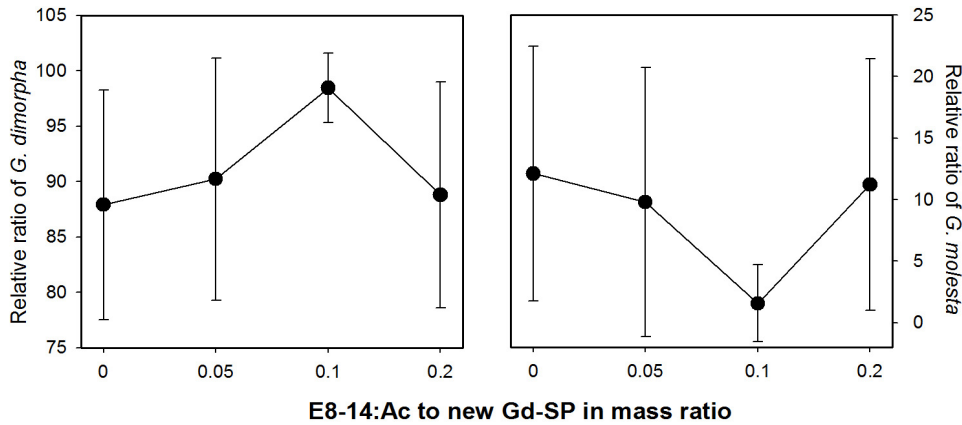
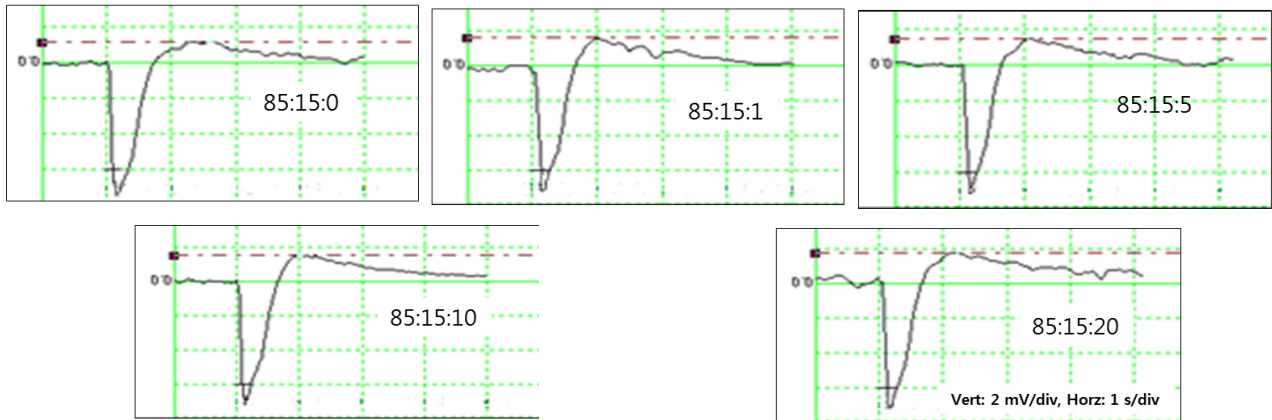


Fig. 2. Effect of *trans*-8-tetradecenyl acetate ('E8-14:Ac') on male attraction of *Grapholita dimorpha* and *G. molesta* to new *G. dimorpha* sex pheromone ('new Gd-SP') lure (Z8-12:Ac/E8-12:Ac/Z8-14:Ac = 85:15/10) by addition of different ratios. This experiment were carried out in different three host plants of three different areas. Three traps were monitored in each orchard.

E8-12:Ac = 95/5)에 5% 첨가되어 사용될 때 복숭아순나방 유인에는 영향이 없고 복숭아순나방붙이의 유인이 억제되어 역시 목적종에 대한 상대적인 유인율이 높아졌다고 보고하였다 (Jung et al., 2013). 또 다른 예로 역시 Z8-12:OH의 역할이 복숭아순나방과 미국사과애기잎말이나방(*G. prunivora*) 사이에서도 보고되었는데(Baker and Cardé, 1979), 이 성분이 Z8/E8-12:Ac의 전체 비율에 1%로 존재할 경우 미국사과애기잎말이나방 수컷의 포획이 크게 감소하였고 10%에서는 유인이 거의 억제되었다. 복숭아순나방과 황머리에기잎말이나방 사이에서의 1% Z8-12:OH 첨가는 황머리에기잎말이나방 수컷의 유인을 억제시켰다고 하였다(Guerin et al., 1986). 다른 미량성분으로 두 주성분에 12:Ac와 14:Ac를 각각 첨가하여 본 효과는 기존 연구들(Murakami et al., 2005; Jung et al., 2013)에서 보고된 효과와

일치하여 이 두 미량성분들이 두 종에 대한 유인력에는 영향을 나타내지 않는 것으로 결론지었다. 하지만 동종 성페로몬샘에서 발견되는 만큼, 행동 혹은 생합성 과정 중 아직 발견하지 못한 역할의 가능성이 있어 향후 더 밝히는 것이 필요하다. 한편 세 성분 페로몬에 첨가한 E8-14:Ac의 역할은 상대종의 유인에는 영향을 미치지 못하고 동종 수컷의 유인을 억제하는 것으로 나타났는데, 이 효과는 동일종의 상대적 포획율을 높이는 데 기여하지 못한 것으로 추론되었다(Table 2, Fig. 2). 이러한 결과는 이 미량성분이 동종 수컷 유인에 영향을 주지 않는다는 보고(Murakami et al., 2005)와는 일치하지 않았는데 이 또한 하나의 과원에서 충분하지 않은 반복실험으로 인해 유의한 차이를 보지 못한 것으로 추정된다. 하지만 본 연구에서는 반복을 두어 얻은 결과이기에 더 신뢰할 수 있을 것으로 결론지었다. 그러나

(A)



(B)

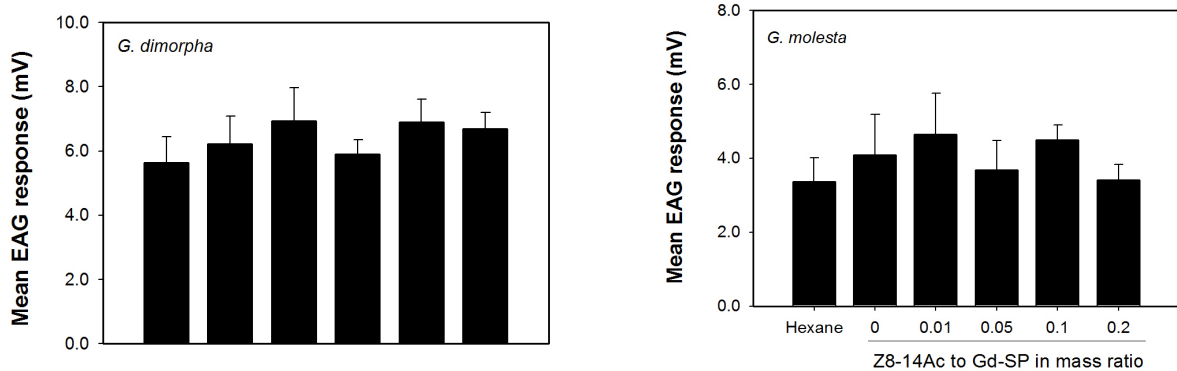


Fig. 3. Electroantennogram (EAG) response of Z8-14:Ac of *Grapholita dimorpha* and *G. molesta* males to *G. dimorpha* sex pheromone ('Gd-SP') lure (Z8-12:Ac/E8-12:Ac = 85:15, g/g). (A) EAG responses to different ratios in *G. dimorpha*. The number in each figure represents a test ratio of pheromone components. (B) Change in mean EAG responses in two *Grapholita* species to the addition of *cis*-8-tetradecenyl acetate ('Z8-14Ac'). All antennae used this test were changed in every replication. Five *G. dimorpha* and *G. molesta* males were used for the EAG responses in each treatment.

성페로몬샘에서 발견된 이 미량성분이 성충기간 동안의 역할에 대해서는 아직까지 추정되는 바가 없는 실정이다. 흥미롭게도 복숭아순나방과 복숭아순나방벌이 사이에서 복숭아순나방벌이 유인 억제역할을 하는 Z8-12:OH도 복숭아순나방벌이 성페로몬샘에서 발견되었는데(Murakami et al., 2005), 이 역시 E8-14:Ac와 마찬가지로 동종 수컷 유인을 억제하는 경우이다. 즉, 2종의 미량성분이 동종 수컷의 유인을 억제할 수 있는데 이들의 실제 역할에 대해서는 계속 연구할 예정이다.

잎말이나방의 다른 속에서도 미량성분의 역할이 보고되었는데, Yang et al.(2009)은 국내 과원에서 발생하는 3종의 *Adoxophyes* 속 해충의 페로몬 조성과 함께 페로몬샘에 존재하는 미량의 화합물에 대한 기능을 규명하였다. 주성분인 Z9-14:Ac와 Z11-14:Ac로 구성된 페로몬 혼합물에 10Me-12:Ac 또는 E11-14:Ac를 첨가할 경우 차애모무늬잎말이나방(*A. honmai*)의 포획이 증가됨을 확인하였고 E11-14:Ac의 경우 *Adoxophyes* sp.의 포획이

억제되었다고 하였다. 한편 Z9-14:OH 또는 Z11-14:OH 첨가의 경우, 애모무늬잎말이나방(*A. orana*)의 포획은 증가되었으나 차애모무늬잎말이나방과 *Adoxophyes* sp. [Park et al.(2008)과 Byun et al.(2009)이 사과애모무늬잎말이나방(*A. paraorana*)으로 동정함]의 유인은 증가되지 않았다고 하였다. 결과적으로 4종의 미량 화합물이 *Adoxophyes* 속 3종 해충 사이에서 생식격리와 관련하여 중요한 역할을 할 것이라고 하였다.

이상의 결과를 종합해볼 때 잎말이나방과에 속하는 *Grapholita* 속과 *Adoxophyes*속 해충들은 페로몬샘에 존재하는 페로몬의 주성분과 함께 여러 종류의 화합물을 가지고 있고 이러한 화합물이 동속 해충들 사이에서의 이종교잡억제와 동종간의 교미 증가와 관련된 기능을 할 것으로 추측되며 이러한 기능은 잎말이나방과를 포함하여 나비목의 여러 분류군에서도 존재할 것으로 판단된다.

마지막으로 현재 상용화되어 있는 복숭아순나방벌이 성유

인제에 대한 Z8-14:Ac의 첨가는 복숭아순나방의 유인을 억제하여 종 특이적 페로몬 트랩으로 발전시킬 수 있을 것으로 기대된다. 본 연구의 결과로써 복숭아순나방붙이 성유인제의 유인 활성을 최적화하기 위해서는 Z8-12:Ac/E8-12:Ac/Z8-14:Ac가 85:15:10의 비율로 혼합하여 유인제를 제조할 것을 제안한다.

사 사

본 연구과제는 교육과학기술부의 재원으로 한국연구재단의 지원을 받아 수행된 안동대학교 산학협력선도대학(LINC)육성사업과 박사후연수과정 지원사업(2013R1A6A3A01064192)의 연구결과입니다. 사과원과 배과원 선정에 도움을 주신 상주공검농협 김중거 박사와 EAG 장비 사용 허락과 함께 실험에 도움을 주신 국립농업과학원 서보운 박사 그리고 복숭아순나방과 복숭아순나방붙이를 제공해 주신 생물이용연구소 권기면 박사께 감사드립니다.

Literature Cited

- Baker, T.C., Cardé, R.T., 1979. Analysis of pheromone-mediated behaviors in male *Grapholita molesta*, the oriental fruit moth (Lepidoptera: Tortricidae). *Environ. Entomol.* 8, 956-968.
- Beljaev, E.A., Ponomarenko, M.G., 2005. New Lepidopterological finds (Lepidoptera: Gelechiidae, Tortricidae, Geometridae) in south of Russian far east. *Far East Entomol.* 155, 1-11.
- Byun, B.K., Lee, B.W., Yang, C.Y., Cho, S., Lee, E.S., 2009. Taxonomic study of the genus *Adoxophyes* (Lepidoptera: Tortricidae) in Korea. *Proc. Spring Meeting of Korean Soc. Appl. Entomol.* pp. 92.
- Choi, K.H., Lee, D.H., Byun, B.K., Mochizuki, F., 2009. Occurrence of *Grapholita dimorpha* Komai (Lepidoptera: Tortricidae), a new insect pest in apple orchards of Korea. *Korean J. Appl. Entomol.* 48, 417-421.
- Guerin, P.M., Arn, H., Buser, H.R., Charmillot, P., Tóth, M., Sziráki, G., 1986. Sex pheromone of *Grapholita funebrana* occurrence of Z-8- and Z-10-tetradecenyl acetate as secondary components. *J. Chem. Ecol.* 12, 1361-1368.
- Hallman, G.J., 2004. Ionizing irradiation quarantine treatment against oriental fruit moth (Lepidoptera: Tortricidae) in ambient and hypoxic atmosphere. *J. Econ. Entomol.* 97, 824-827.
- Han, K.S., Jung, J.K., Choi, K.H., Lee, S.W., Boo, K.S., 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.
- Il'ichev, A.L., Williams, D.G., Milner, A.D., 2004. Mating disruption barriers in pome fruit for improved control of oriental fruit moth, *Grapholita molesta* Busck (Lepidoptera: Tortricidae) in stone fruit under mating disruption. *J. Appl. Entomol.* 128, 126-132.
- Jeong, S.A., Lalit, P.S., Ahan, J.J., Kim, Y.I., Jung, C., 2012. Occurrence pattern of three major fruit moths, *Grapholita molesta*, *Grapholita dimorpha* and *Carposina sasakii*, monitored by sex pheromone in plum orchards. *Korean J. Appl. Entomol.* 51, 449-459.
- Jung, C.R., Ahn, J.J., Eom, H.S., Seo, J.H., Kim, Y., 2012. Occurrence of *Grapholita dimorpha* in Korean pear orchards and cross-trapping of its sibling species, *Grapholita molesta*, to a pheromone lure. *Korean J. Appl. Entomol.* 51, 479-484.
- Jung, C.R., Jung, J.K., Kim, Y., 2013. Effects of different sex pheromone compositions and host plants on the mating behavior of two *Grapholita* species. *J. Asia Pac. Entomol.* 16, 507-512.
- Kovanchi, O.B., Walgenbach, J.F., Kennedy, G.G., 2004. Evaluation of extended-season mating disruption of the oriental fruit moth *Grapholita molesta* (Busck) (Lepidoptera: Tortricidae) in apples. *J. Appl. Entomol.* 128, 664-669.
- Mochizuki, F. 2009. Rearing method of the oriental fruit moth, *Grapholita molesta*, by an artificial diet. *Proc. Assoc. Plant Prot. Hokuriku* 58, 25-30.
- Murakami, Y., Sugie, H., Fukumoto, T., Mochizuki, F., 2005. Sex pheromone of *Grapholita dimorpha* Komai (Lepidoptera: Tortricidae), and its utilization for monitoring. *Appl. Entomol. Zool.* 40, 521-527.
- Park, H.J., Park, I.J., Lee, S.Y., Han, K.S., Yang, C.Y., Boo, K.S., Park, K.T., Lee, J.W., Cho, S., 2008. Molecular identification of *Adoxophyes orana* complex (Lepidoptera: Tortricidae) in Korea and Japan. *J. Asia Pac. Entomol.* 11, 49-52.
- Park, K.T., Kim, J.M., 1986. Moths collected in the northern part of civilian control of line neighboring DMZ. *Kor. J. Plant Prot.* 25, 77-83.
- Rothschild, G.H.L., Vickers, R.A., 1991. Biology, ecology and control of oriental fruit moth, in: Van der Geest, L.P.S., Evenhuis, H.H. (Eds.), *Tortricid pests. Vol. 5: Their Biology, Natural Enemies and Control.* Elsevier, Amsterdam, Netherlands, pp. 389-412.
- SAS Institute, 1989. SAS/STAT user's guide, release 6.03 ed. SAS Institute, Cary, NC, USA
- Yan, S., Liu, Y., Li, M., 1999. *Grapholita dimorpha* - a new record pest damage fruit trees of China. *For. Pest Dis.* 18, 15-16.
- Yang, C.Y., Han, K.S., Boo, K.S., 2009. Sex pheromones and reproductive isolation of three species in genus *Adoxophyes*. *J. Chem. Ecol.* 35, 342-348.
- Yang, C.Y., Jung, J.K., Han, K.S., Boo, K.S., Yiem, M.S., 2002. Sex pheromone composition and monitoring of the oriental fruit moth, *Grapholita molesta* (Lepidoptera: Tortricidae) in Naju pear orchards. *J. Asia Pac. Entomol.* 5, 201-207.
- Yoshizawa, E., Daerunoru, S., Kaneko, M., 2008. Occurrence of *Grapholita dimorpha* in Nagano apple orchards. *Plant Prot. Jpn.* 62, 556-559.