□보 문□

韓應昆誌 45(1): 25~30 (2006)
Korean J. Appl. Entomol.

복숭아굴나방의 성페로몬과 성충 발생소장

양창열* · 전흥용 · 김대영 · 김형환
원예연구소 원예환경과

Sex Pheromone and Seasonal Occurrence of the peach leafminer, *Lyonetia clerkella* Linne

Chang-Yeol Yang*, Heung-Yong Jeon, Dae-Young Kim and Hyeong-Hwan Kim
Horticultural Environment Division of National Horticultural Research Institute, RDA, Suwon 441-440, Korea

ABSTRACT : The female sex pheromone of the peach leafminer, *Lyonetia clerkella* Linne (Lepidoptera: Lyonetiidae), was analyzed by coupled gas chromatographic-electroantennographic detector (GC-EAD). GC-EAD analyses of pheromone gland extract revealed a single compound that elicited responses from male antennae. Retention time on DB-1 column of EAD-active compound was identical to that of synthetic (14S)-14-Methyl-1-octadecene (14Sme-1-18Hy). In field tests, sticky traps baited with synthetic 14Sme-1-18Hy alone were highly attractive to male. Traps with 0.1 ㎎ dose showed the lowest catches, but there were no significant difference in the numbers of moth caught in traps baited with doses of 0.5 and 1.0 ㎎. The results of the field assays for longevity of pheromone traps showed that effectiveness of lures maintained for at least 8 weeks under field condition. The attractiveness of 14Sme-1-18Hy was not affected by the addition of butylated hydroxytoluene (BHT) in lures as an antioxidant. Traps baited with 0.5 ㎎ 14Sme-1-18Hy were successfully used to monitor *L. clerkella* male flights. Analysis of seasonal trap catches over two years showed that moth flight activity in peach orchards occurred over a period of seven months with six generations in Suwon.

KEY WORDS : *Lyonetia clerkella*, Sex pheromone, (14S)-14-Methyl-1-octadecene, Seasonal occurrence, Peach

초 록 : 복숭아굴나방의 암컷 성페로몬 성분을 GC-EAD 장치를 이용하여 분석한 결과, (14S)-14-Methyl-1-octadecene (14Sme-1-18Hy)이 유일한 성페로몬인 것으로 확인되었다. 야외에서 수컷은 합성 14Sme-1-18Hy를 미끼로 한 트랩에 잘 유인되었는데, 0.1㎎ 침적농도에서 유인수가 가장 낮았으며, 침적농도가 0.5와 1.0㎎인 트랩의 유인효과는 큰 차이가 없었다. 야외조건에서 14Sme-1-18Hy 0.5㎎를 침적한 미끼의 유인효과는 적어도 8주 동안 유지되었으며, 미끼에 첨가된 항산화제(BHT)는 노출기간에 상관없이 유인효과에 별다른 영향을 주지 못하였다. 수원지역의 복숭아원에서 페로몬 트랩을 이용하여 발생소장을 2년에 걸쳐 조사한 결과, 성충은 4월부터 10월까지 트랩에 유인되었으며 연간 6세대 발생하는 것으로 추정되었다.

검색어 : 복숭아굴나방, 성페로몬, (14S)-14-Methyl-1-octadecene, 발생소장, 복숭아

복숭아굴나방(*Lyonetia clerkella* Linne)은 복숭아에 발생하는 주요 해충의 하나로서 우리나라를 포함하여 일본, 중국, 대만, 인도 및 유럽에 분포하고 있다(Inoue *et al.*, 1982). 복숭아나무의 거친 껍질 틈에서 월동한 암컷 성충은 봄에 싹이 트면 즉시 어린잎에 산란하며, 알에서 부화한 어린 유충이 복숭아 잎 속에서 굴을 파고 다니면서

*Corresponding author. E-mail: cyyang@rda.go.kr

가해한다. 피해 받은 잎은 조기에 낙엽 되기 때문에 과실 비대를 억제시켜 상품성을 크게 떨어뜨릴 뿐만 아니라 (Naruse, 1978; Naruse and Hirano, 1990), 저장양분의 축적이 감소되어 꽃눈 형성을 억제시키기 때문에 이듬해의 착과에도 악영향을 초래하는 것으로 알려져 있다 (Yasuda and Komamura, 1998).

이 해충은 연간 발생회수가 많고 유충이 잎 속에서 가해하기 때문에 효과적인 방제를 위해서는 살충제 살포적기를 결정하는 것이 매우 중요하다(Sato *et al.*, 1991b). 일반적으로 나방류 해충의 방제적기는 알이 부화하는 시기부터 어린 유충의 발생시기인데, 이것은 성충의 발생시기를 근거로 발육모형을 활용하여 예측할 수 있다(Miyaji, 1991; Sato *et al.*, 1991b). 따라서 성충의 발생량과 발생시기를 예찰할 수 있는 수단은 효과적인 방제체계를 수립하는 데에 있어 중요한 토대가 된다.

현재 나방류 성충의 발생예찰 수단으로 널리 이용되고 있는 것은 유아등과 페로몬 트랩이며, 이들을 이용하여 조사된 복숭아굴나방 성충의 발생소장은 대체로 잘 일치하는 것으로 조사되었다(Sato *et al.*, 1991b). 그러나 유아등은 장비가 복잡할 뿐만 아니라 유살된 여러 곤충 중에서 체장이 3㎜에 불과한 성충을 선택적으로 조사해야하는 번거로움이 있는 반면에, 페로몬 트랩은 저밀도에서 유인효과가 상대적으로 높고 장비 설치와 조사가 간편하기 때문에 유아등에 비해 실용적인 가치가 더 높은 것으로 알려져 있다.

복숭아굴나방 암컷의 성페로몬은 14-methyl-1-ctadecene인 것으로 동정되었으며(Sugie *et al.*, 1984), 야외포획시험에서 이 화합물의 광학이성질체에 대한 수컷의 생물적 활성은 오로지 (S)-isomer에서만 나타나는 것으로 밝혀졌다(Sato *et al.*, 1985; Sato *et al.*, 1986). 일반적으로 곤충의 성페로몬은 종 특이성이 매우 높아 발생지역에 관계없이 같은 종은 동일한 성분을 성적통신에 이용하는 것으로 간주되고 있다. 그러나 일부 곤충에서는 형태 및 생태적인 특징이 동일함에도 불구하고 개체군에 따라 성분 종류 및 조성에 차이가 있는 것으로 보고되고 있기 때문에(Boo, 1998), 페로몬 트랩을 발생예찰 수단으로 이용하기에 앞서 특정지역의 개체군을 대상으로 암컷 성페로몬에 대한 동정과 수컷의 활성에 대한 검토가 선행되어야 한다.

따라서 본 연구에서는 최근 우리나라 복숭아원에서 크게 문제가 되고 있는 복숭아굴나방을 대상으로 암컷의 성페로몬 성분을 확인하고 페로몬 트랩의 최적이용을 위한 조건을 구명하고자 한다. 또한, 수원지역의 복숭아원에서 2년에 걸쳐 페로몬 트랩으로 조사된 성충의 발생소장을 분석하여 효과적인 방제체계를 수립하기 위한 자료를 마련하고자 한다.

재료 및 방법

화합물

복숭아굴나방의 성페로몬 성분으로 알려진(14S)-14-Methyl-1-ctadecene (14Sme-1-18Hy)는 Pherobank (Wageningen, The Netherlands)에서 구입하였으며, 이 화합물의 순도는 gas chromatography (GC)로 확인한 결과 99.5% 이상이었다.

실험곤충

수원시 장안구 이목동에 소재하고 있는 원예연구소 복숭아 포장에서 유충의 피해를 받은 잎들이 다수 포함된 신초들을 꺾어 수삽한 후에 항온기(25±1℃, 14L:10D)로 옮겨 계속 사육하였다. 번데기가 되면 암수를 구별하여 개별적으로 사육용기로 옮겼으며 성충이 우화한 후에는 5% 설탕 용액을 먹이로 공급하였다.

성페로몬 성분의 추출 및 GC-EAD 분석

암컷 성충으로부터 성페로몬을 추출하기 위하여, 유인행동이 가장 활발한 시간인 소등 9시간 후에(Sugie *et al.*, 1984), 우화한지 2~4일된 처녀 암컷 10마리의 복부 끝마디를 가위로 잘라 헥산(hexane) 10 ㎕가 담긴 작은 원추형 유리병(Wheaton, USA)에 10분 동안 담가둔 후 추출물을 -20℃에 보관하였다.

암컷의 성페로몬 샘에서 추출된 물질에 대한 수컷의 촉각반응은 GC에 촉각전위검출기(electroantennographic detector, EAD)를 연결시켜 만든 소위 GC-EAD 장치를 이용하여 분석하였다. 분석에 이용된 GC는 Agilent 6890 N이었으며 DB-1 컬럼(길이 30 m, 직경 0.25 ㎜, J&W Scientific, USA)과 불꽃이온화검출기(FID)를 사용하였다. 오븐온도는 100℃에서 1분간 유지한 후 275℃까지 분당 20℃씩 올려준 후 275℃에서 10분간 유지하였다. 주입기와 검출기의 온도는 250℃로 설정하였으며 운반기체인 헬륨(He)은 30 ㎖/min의 속도로 흘려주었다.

EAD 시스템은 EAG probe(PRG-2), IDAC card, EAD

프로그램(ver. 2.3) 등으로 구성되어 있으며(Syntech, The Netherlands), 이것을 GC와 연결시켜 컬럼에서 나오는 유출물이 1:1 비율로 분할된 후 EAD와 FID에 각각 도달되도록 장치하였다. GC 유출물에 대한 수컷 촉각의 EAD 활성을 측정하기 위해 촉각의 양쪽 끝을 가위로 자른 후 전극홀더 사이에 올려놓고 전극 겔(gel)을 이용하여 고정하였다. 또한 GC 컬럼 끝에 도달한 유출물이 일정한 속도로 흐르는 정화된 공기에 혼합되어 전극위에 놓여진 수컷의 촉각으로 이동하여 자극하도록 하였다. 위와 같은 과정을 통해 암컷 추출물에 대한 EAD 신호와 FID 반응을 동시에 기록하였으며, EAD 활성을 보인 성분의 동정은 합성한 표준화합물의 GC 머무름시간(retention time)과 비교하여 실시하였다.

야외 포획시험

복숭아굴나방 페로몬 트랩의 최적 이용 조건을 구명하고자, 2003년 7월부터 10월에 걸쳐 원예연구소 복숭아 포장에서 14Sme-1-18Hy의 침적농도(0.1, 0.5 및 1.0㎎), 미끼의 포장 노출기간(0, 4, 8 및 12주) 및 미끼의 항산화제(10% butylated hydroxytoluene, BHT) 첨가여부에 따른 수컷 유인수를 조사하였다. 시험에 사용될 미끼는 고무격막(11㎜, Wheaton Scientific, USA)에 화합물을 침적시켜 준비하였다.

모든 시험에서 미끼를 델타형 트랩(Green Agro Tech, Korea)의 내부 상단에 끼운 후 지상 1.5 m 높이에 있는 복숭아나무의 가지에 설치하였다. 이웃한 처리에 의한 간섭을 최소화하기 위하여 트랩간의 거리는 적어도 10 m 이상이 되도록 설치하였으며, 각 처리별로 4개의 트랩을 완전임의로 배치하였다. 트랩에 유인된 성충 수는 log (유인수+1)로 변환시켜 ANOVA: Tukey test로 처리 평균간의 유의성을 $P < 0.05$ 범위에서 검정하였다(SAS Institute, 1999).

성충 발생소장 조사

원예연구소 복숭아 포장에서 2004년부터 2005까지 2년에 걸쳐 페로몬 트랩을 이용하여 복숭아굴나방 성충의 연중 발생소장을 조사하였다. 14Sme-1-18Hy 0.5 ㎎을 침적시킨 고무격막을 미끼로 한 트랩을 3개 지점에 설치하여 3월 하순부터 10월 하순까지 10일 간격으로 유인된 성충수를 조사하였다. 트랩의 미끼는 약 2개월 간격으로 교체하였으며, 트랩의 밑판은 오염이 심하여 끈끈이가 훼손된 경우에 수시로 교체하였다.

결 과

성페로몬 샘 추출물 분석

GC-EAD 분석법에 의해 암컷의 추출물에서 유출되는 물질에 대한 수컷의 촉각전위를 분석한 결과, 오로지 한 가지 성분만이 높은 EAD 활성을 나타내었다(Fig. 1). 이 성분의 GC 머무름시간(retention time)은 합성된 표준 14Sme-1-18Hy와 일치하였다.

야외 유인력 검정

야외에서 수컷은 14Sme-1-18Hy를 미끼로 한 트랩에 잘 유인되었다. 침적농도별 유인수는 0.1 ㎎에서 가장 적었으며, 0.5와 1.0 ㎎인 트랩의 유인효과는 0.1 ㎎보다 높았으나 두 농도 간에 큰 차이가 없었다(Fig. 2). 또한, 14Sme-1-18Hy 0.5 ㎎를 침적한 미끼의 유효기간을 조사하고자 노출기간이 다른 미끼에 대한 수컷 유인수를 조사한 결과, 적어도 8주 동안 노출된 미끼의 유인효과는 새로운 미끼와 차이가 없었다. 그러나 12주가 경과한 미끼의 유인수는 새로운 미끼에 비해 상당히 낮았다(Fig. 3). 한편, 미끼에 첨가된 항산화제(BHT)는 유인효과는 별다른 영향을 주지 않았다(Fig. 4).

성충 연중 발생소장

수원지역의 복숭아원에서 성충은 4월부터 트랩에 유인되기 시작하였으며, 10월까지 계속 유인되었다. 시기별

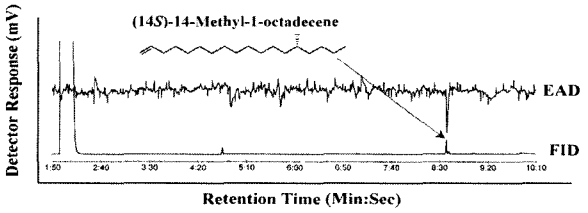

Fig. 1. Simultaneously recorded flame ionization detector (FID) and electroantennographic detector (EAD) responses using antennae of male *Lyonetia clerkella* in response to pheromone gland extracts from conspecific females. A gas chromatograph was fitted with a fused silica column (30 m × 0.25 mm ID) coated with DB-1; temperature program: 100℃ (1 min), then 20℃/min to 275℃(10 min).

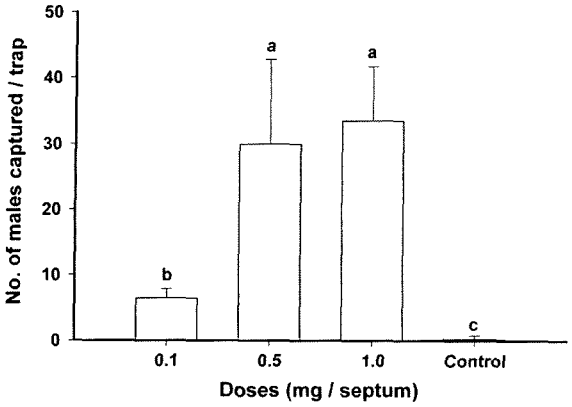

Fig. 2. Number of *L. clerkella* male caught in traps baited with different doses of 14Sme-1-18Hy at peach orchard, Suwon, Jul. 3~6, 2003. Catch numbers with same letters on bars are not significantly different (P < 0.05, ANOVA: Tukey test).

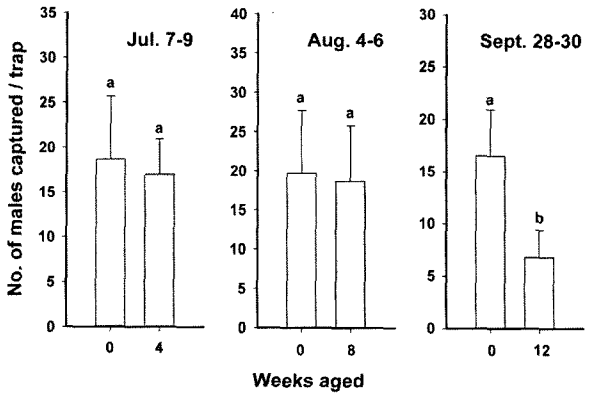

Fig. 3. Number of *L. clerkella* male caught in traps baited with different longevity lures containing 0.5 ㎎ 14Sme-1-18Hy at peach orchard, Suwon, Jul. 7~Sept. 30, 2003. Different lure treatments were aged in the field for 0 (fresh lure), 4, 8 or 12 week before being used in the experiment. Catch numbers with same letters on bars are not significantly different (P < 0.05, ANOVA: Tukey test).

유인수는 해에 따라 상당한 차이가 있었으나, 두 해의 세대별 발생최성기는 4월 중하순, 5월 하순, 6월 하순, 7월 하순, 8월 하순 및 9월 중순으로 거의 일치하였다(Fig. 5).

고 찰

국내 복숭아원에서 발생하는 복숭아굴나방 성충에 대한 GC-EAD 분석과 야외 포획시험의 결과는 14Sme-1-18Hy가 이 곤충의 유일한 성페로몬임을 보여 주었다(Fig. 1 and 2). 지금까지 굴나방과(Lyonetiidae)에 속하는 곤충의 성페로몬으로 보고된 것은 대부분 탄화수소로서, 복숭아굴나방과 같이 단독 성분을 이용하는 종이 있는 반면에 어떤 종들에서는 2가지 또는 3가지 탄화수소 성분을 그들의 성적통신에 이용하는 것으로 알려져 있다. 예를 들면, 사과의 주요해충인 은무늬굴나방(*Lyonetia prunifoliella*)의 성페로몬은 10me14me-1-18Hy, 5me9me-18Hy 및 5me9me-17Hy으로 구성되어 있으며(Gries *et al.*, 1997), 유럽에 분포하고 있는 *Leucoptera malifoliella*의 경우에는 5me9me-18Hy과 5me9me-17Hy를 6:94 비율로 이용하는 것으로 보고되었다(Riba *et al.*, 1990). 이와 같이 여러 가지 페로몬 성분을 혼합하여 이용하는 종들은 발생지역에 따라 성분조성의 변이가 존재할 수도 있겠지만(Boo, 1998), 복숭아굴나방의 경우에는 다른 근연종들이 이용하고 있지 않는 14Sme-1-18Hy만을 이용하기 때문에 개체군간의 변이는 존재하지 않을 가능성이 높은 것으로 생각된다.

야외에서 14Sme-1-18Hy의 침적농도가 다른 미끼에 대한 복숭아굴나방의 유인력을 검토한 결과, 0.5와 1.0 ㎎인 트랩의 유인효과는 0.1 ㎎보다 높았으나 두 농도 간에 큰 차이가 없었으며(Fig. 2), 0.5 ㎎를 침적한 미끼의 유인효과는 적어도 8주까지 지속되었다(Fig. 3). 현재 상업적으로 이용되고 있는 페로몬 트랩의 미끼는 대상해충에 따라 침적농도가 차이가 있다. 예를 들면, 왕담배나방의 발생예찰에는 2㎎의 페로몬을 침적시킨 미끼를 이용하도록 추천하고 있는 반면에(Chamberlain *et. al.*, 2000), 배추좀나방의 경우에는 페로몬 농도가 너무 높으면 오히려 유인효과가 저하되기 때문에 0.1㎎을 침적시킨 미끼가 이용되고 있다(Wang *et al.*, 2004). 이와 같이 곤충 종에 따라 침적농도가 다른 미끼를 이용하는 것은 암컷 페로몬의 방출농도가 각각 달라 수컷의 최적 반응농도도 차이가 있기 때문일 것이다(Carde and Minks, 1995). 본 연구에서 14Sme-1-18Hy 침적농도에 대한 수컷의 반응으로 비추어 볼 때, 복숭아굴나방 암컷의 페로몬 방출농도는 왕담배나방보다는 낮지만 배추좀나방보다는 높을 것으로 추정된다.

한편, 항산화제인 BHT는 야외조건에서 빛과 온도로부터 페로몬 성분의 변질을 방지하기 위해 미끼를 제작할 때 페로몬 성분과 혼합하여 침적하는 물질인데, BHT 첨가가 유인효과에 미치는 영향은 곤충 종에 따라 다른 것으로 보고되고 있다(Liu and Meng, 2003; Wang *et. al.*, 2004). 복숭아굴나방 미끼의 경우에는 BHT 첨가여부가

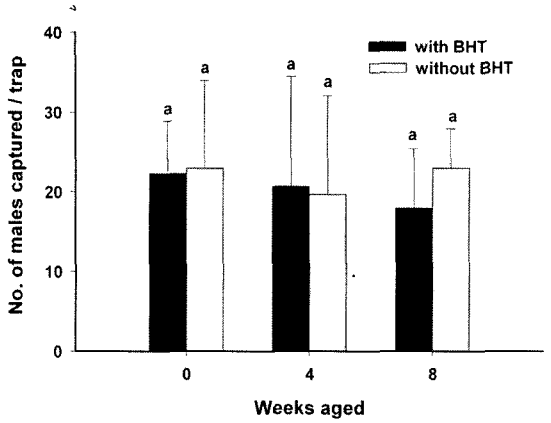

Fig. 4. Number of *L. clerkella* male caught in traps baited with lures loaded with or without butylated hydroxytoluene (BHT) at peach orchard, Suwon; Jul. 7~9 (fresh lure), Aug. 4~6 (4 week aged), Sept. 28~30 (8 week aged), 2003. Different lure treatments were aged in the field for 0 (fresh lure), 4 or 8 week before being used in the experiment. Catch numbers with same letters on bars are not significantly different (P < 0.05, ANOVA: Tukey test).

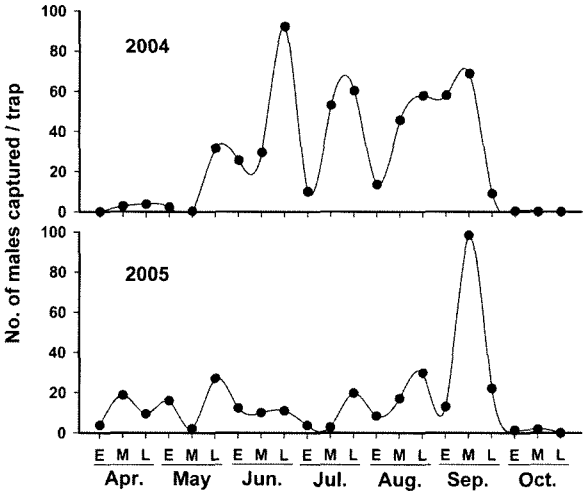

Fig. 5. Yearly pattern in the number of *L. clerkella* male captured on pheromone traps at peach orchard, Suwon, 2004~2005 (E: early, M: middle, L: late).

수컷의 유인효과에 전혀 영향을 주지 않았는데(Fig. 4), 이것은 여러 가지 성분을 동시에 침적해야 하는 다른 종들과는 달리 한 가지 성분만을 침적하는 복숭아굴나방의 경우에는 페로몬 성분의 변질 가능성이 상대적으로 낮아 항산화제가 유인효과에 영향을 주지 않은 것으로 보인다. 이상의 결과를 종합해 보면, 국내 과수원에서 페로몬 트랩을 이용하여 복숭아굴나방의 발생을 예찰하기 위해서는 14Sme-1-18Hy 0.5 ㎎을 침적한 미끼를 트랩에 설치한 후 약 2개월 간격으로 교체하는 것이 효과적일 것으로 판단된다.

수원지역의 복숭아원에서 복숭아굴나방 성충은 연 6회 발생하는 것으로 조사되었다(Fig. 5). 세대별 발생양상은 해에 따라 상당히 차이가 있어 2004년도에는 발생량이 전체적으로 많았던 반면, 2005년도의 경우에는 상대적으로 적었다. 그럼에도 불구하고 각 세대별 발생최성기는 4월 중하순, 5월 하순, 6월 하순, 7월 하순, 8월 하순 및 9월 중순으로 해에 따라 큰 차이가 없었다. 일본에서 조사된 복숭아굴나방의 연중 발생회수에 관한 자료를 분석해 보면, Aomori 지역에서는 5회, Yamagata와 Nagano 지역에서는 5~6회, Fukushima 지역에서는 6회 정도 발생하며 Toyama와 Ibaraki 지역에서는 6~7회, Yamanashi, Okayama, Hiroshima 및 Kumamoto 지역에서는 7회 발생하는 것으로 보고되었다(Naruse, 1978; Sato *et al.*, 1991a; Adachi, 2002).

수원지역의 위도가 일본의 Fukushima와 Toyama 지역과 비슷하다는 점을 감안해 볼 때, 본 조사에서도 확인된 바와 같이 수원, 이천 등 우리나라 중부지역의 복숭아원에서는 연 6회 발생하는 것으로 보인다. 그러나 남부지역의 복숭아 주산지인 청도, 익산 등은 Yamanashi와 Okayama 지역과 위도가 비슷하기 때문에, 이들 지역의 복숭아원에서는 연 7회 발생할 가능성이 높은 것으로 추정된다. 이와 같이 복숭아굴나방은 연간 발생회수가 많아 재배지역과 해에 따라 발생시기가 다를 것으로 예상되기 때문에 국내 복숭아 주산지에서의 연차별 발생회수와 발생시기에 관한 조사가 더욱 폭넓게 이루어져야 할 것이다.

Literature Cited

Adachi, I. 2002. Evaluation of generational percent parasitism on *Lyonetia clerkella* (Lepidoptera: Lyonetiidae) larvae in peach orchards under different management intensity. Appl. Entomol. Zool. 37: 347~355.

Boo, K.S. 1998. Variation in sex pheromone composition of a few selected lepidopteran species. J. Asia-Pacific Entomol. 1: 17~24.

Carde, R.T. and A.K. Minks. 1995. Control of moth pests by mating disruption: Successes and Constraints. Annu. Rev. Entomol. 40: 559~585.

Chamberlain, D.J., N.J. Brown, O.T. Jones and E. Casagrande. 2000. Field evaluation of a slow release pheromone formulation to control the American bollworm, *Helicoverpa armigera* (Lepidoptera: Noctuidae) in Pakistan. Bull. Entomol. Res. 90: 183~190.

Gries, R., G. Gries, G.G.S. King and C.T. Maier. 1997. Sex pheromone components of the apple leafminer, *Lyonetia prunifoliella*. J. Chem. Ecol. 23: 1119~1130.

Inoue, H., S. Sugi, H. Kuroko, S. Moriuti and A. Kawabe. 1982. Moths of Japan, vol. 2. 552 pp. Kodansha, Tokyo.

Liu, Y and X. Meng. 2003. Trapping effect of synthetic sex pheromone of *Acleris fimbriana* (Lepidoptera: Tortricidae) in Chinese northern orchard. Z. Naturforsch 58c: 421~425.

Miyaji, K. 1991. Seasonal prevalence of the peach leafminer, *Lyonetia clerkella* in Kagoshima prefecture. Proc. Assoc. Pl. Prot. Kyushu 37: 198~200.

Naruse, H. 1978. Defoliation of peach tree caused by the injury of the peach leafminer, *Lyonetia clerkella* L. Ⅰ. Influence of larval density. Jpn. J. Appl. Entomol. Zool. 22: 1~6.

Naruse, H. and M. Hirano. 1990. Ecological studies on the peach leafminer *Lyonetia clerkella* L. in the peach field. Bull. Toyama Agric. Res. Ctr. 6: 1~81.

Riba, M., J.A. Rosell, M. Eizaguirre, R. Canela and A. Guerrero. 1990. Identification of a minor component of the sex pheromone of *Leucoptera malifoliella* (Lepidoptera, Lyonetiidae). J. Chem. Ecol. 16: 1471~1483.

SAS Institute. 1999. SAS version 8.1. SAS Institute. Cary, NC.

Sato, R., N. Abe, H. Sugie, M. Kato, K. Mori and Y. Tamaki. 1986. Biological activity of the chiral sex pheromone of the peach leafminer moth, *Lyonetia clerkella* Linne (Lepidoptera: Lyonetiidae). Appl. Entomol. Zool. 21: 478~480.

Sato, R., N. Abe, N. Sato, H. Toukairin, R. Yamakawa, T. Tuchiya, T. Hagiwara, F. Tanaka, K. Matumoto and H. Sugie. 1991a. Use of pheromones for monitoring of the peach leafminer, *Lyonetia clerkella* Linnaeus (Lepidoptera: Lyonetiidae). Ⅰ. Seasonal prevalence obtained by synthetic sex pheromone traps at several stations in Japan. Bull. Fukushima Fruit Tree Exp. Sta. 14: 27~34.

Sato, R., N. Abe, P. Sonnet, H. Sugie and Y. Tamaki, Y. 1985. Biological activity of (R)-and (S)-14-methyl-1-octadecene, as the chiral component of the sex pheromone of the peach leafminer moth, *Lyonetia clerkella* Linne (Lepidoptera: Lyonetiidae). Appl. Entomol. Zool. 20: 411~415.

Sato, R., N. Abe, T. Yoshii and H. Sugie. 1991b. Use of pheromones for monitoring of the peach leafminer, *Lyonetia clerkella* Linnaeus (Lepidoptera: Lyonetiidae). Ⅱ. Relation between the fluctuation pattern of moth catches with the pheromone trap and that with the light trap, and of the occurrence of larvae in the peach orchard. Bull. Fukushima Fruit Tree Exp. Sta. 14: 35~42.

Sugie, H., Y. Tamaki, R. Sato and M. Kumakura. 1984. Sex pheromone of the peach leafminer moth, *Lyonetia clerkella* Linne: Isolation and identification. Appl. Entomol. Zool. 19: 323~330.

Wang, X.P., V.T. Le, Y.L. Fang and Z.N. Zhang. 2004. Trap effect on the capture of *Plutella xylostella* (Lepidoptera: Plutellidae) with sex pheromone lures in cabbage fields in Vietnam. Appl. Entomol. Zool. 39: 303~309.

Yasuda, M. and K. Komamura. 1998. Effect of defoliation caused by peach leafminer on the growth of peach trees. Bull. Natl. Inst. Fruit Tree Sci. 30 · 31: 75~82.

(Received for publication 23 January 2006;
accepted 7 February 2006)