

국내 배과원에 복숭아순나방붙이의 발생과 유사종 복숭아순나방의 페로몬 트랩 교차 유인

정충렬 · 안정준 · 엄훈식¹ · 서정흔² · 김용균*

안동대학교 자연과학대학 생명자원과학과, ¹한국식물환경연구소, ²(주)가이아

Occurrence of *Grapholita dimorpha* in Korean Pear Orchards and Cross-trapping of Its Sibling Species, *Grapholita molesta*, to a Pheromone Lure

Chung Ryul Jung, Jeong Joon Ahn, Hoon Sik Eom¹, Jung Heun Seo² and Yonggyun Kim*

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

¹Korea Plants Environmental Research - 780-11 Tap-dong, Kwonsun-gu, Suwon 441-758, Korea

²GAIA - #1-202, SNU Bio Venture Valley, 103-2, Seodun-dong, Kwonseon-gu, Suwon 441-853, Korea

ABSTRACT: The occurrence of plum fruit moth, *Grapholita dimorpha*, has been recently reported in apple orchards in Korea. It has been suspected that *G. dimorpha* and its related species, *G. molesta*, may occur simultaneously in other host plants. This study reports the occurrence of *G. dimorpha* in pear orchards of different localities in Korea. The identification of *G. dimorpha* was determined by morphological characters and the DNA marker. The cross-trapping of both species may be possible because the major sex pheromone (SP) compositions for the two species are similar. From the monitoring data, *G. dimorpha* and *G. molesta* were caught in SP lure traps of *G. dimorpha* and both species were also caught in SP lure traps of *G. molesta*. This cross-trapping of *G. molesta* to a SP lure of *G. dimorpha* varied significantly among pear orchards in different geographical localities. Furthermore, the occurrence peaks of the two species were not coincidental in all monitored orchards. These suggest that monitoring data obtained from each SP trap of both species in pear orchards may be mixed with two species, which would result in the over-estimation of population density and peak frequency on both species in pear orchards.

Key words: *Grapholita dimorpha*, *Grapholita molesta*, Sex pheromone, Monitoring, Pear orchard

초 록: 최근 사과원에서 복숭아순나방붙이(*Grapholita dimorpha*)의 발생이 보고되었다. 복숭아순나방붙이는 이와 유사한 복숭아순나방(*G. molesta*)이 발생하는 또 다른 기주에서도 동시에 발생이 가능하다고 제기되었다. 본 연구는 국내 여러 지역의 배과원에서 복숭아순나방붙이의 발생이 있음을 보고한다. 복숭아순나방붙이의 종 동정은 형태적 특징과 분자마커를 이용하여 실시되었다. 이들 두 종의 공통된 성페로몬 주성분으로 상호 교차 포획이 이뤄질 수 있다. 복숭아순나방붙이 페로몬트랩에 복숭아순나방붙이와 복숭아순나방이 포획되고, 복숭아순나방 페로몬트랩에 복숭아순나방과 복숭아순나방붙이가 포획되었다. 복숭아순나방붙이 트랩에 이뤄진 교차 포획비율은 지역적으로 다른 배과원에서 상호 뚜렷한 차이가 나타났다. 더욱이 이 두 종의 발생 피크도 조사한 모든 야외 지역에서 시기적으로 뚜렷한 차이를 보였다. 이러한 결과는 배 과수원에서 두 종의 성페로몬 트랩으로 얻은 모니터링 자료는 각각 서로 다른 종의 포획이 혼재하며, 이는 해당종의 발생빈도와 발생밀도가 확대 해석될 수 있음을 본 연구 자료는 제시하고 있다.

검색어: 복숭아순나방붙이, 복숭아순나방, 성페로몬, 모니터링, 배과원

*Corresponding author: hosanna@andong.ac.kr

Received August 15 2012; Revised October 26 2012

Accepted November 9 2012

복숭아순나방붙이(*Grapholita dimorpha*)의 발생이 최근 국내 사과원에서 보고되었다(Choi *et al.*, 2009). 유사종인 복숭아순나방(*G. molesta*)이 전 세계적으로 분포하고 있는 반면(EPPO, <http://www.eppo.int>), 복숭아순나방붙이는 한국을 비롯한 극동지역에 국한되어 분포하는 것으로 알려져 왔다(Komai, 1979; Oku *et al.*, 1983; Park and Kim, 1986; Yan *et al.*, 1999). 이 두 곤충은 형태적으로 매우 유사하고, 기주 범위도 핵과류 과수를 중심으로 거의 동일한 것으로 알려져 있다(Rothschild and Vickers, 1991; Komai, 1999; Yan *et al.*, 1999). 두 곤충의 성페로몬 조성도 유사하여 주성분인 두 이성체인 (Z)-8-Dodecenyl acetate (Z8-12Ac)와 (E)-8-Dodecenyl acetate (E8-12Ac)가 복숭아순나방의 경우는 95:5 (Z:E)인 반면 복숭아순나방붙이의 경우 85:15 (Z:E)로 비율적 차이만 보이고 있다(Yang *et al.*, 2001; Murakami *et al.*, 2005). 더욱이 두 곤충의 교미시간대도 거의 유사해 저번 해질 무렵으로 알려져 있다(Murakami *et al.*, 2005; Kim *et al.*, 2011). 이러한 두 종의 유사한 화학생태적 습성은 국내 복숭아순나방붙이 발생이 사과 이외의 과수에서도 나타날 수 있을 것으로 추정되었다. 본 연구는 국내 배과원 내 복숭아순나방붙이의 발생 여부를 조사하였다.

재료 및 방법

조사 배과원

복숭아순나방붙이의 배과원 발생 조사를 위해 국내 주요 배재배지(상주, 안성, 천안)를 중심으로 주기적 연중 모니터링을 실시하였다. 이들 세 지역에 소재한 과원들은 각각 평지, 구릉지 및 산지에 분포하고 있고, 이 과원들에 식재된 공통품종은 신고였다. 하지만 상주지역의 경우 신고와 원황이 혼식되어 있었다. 수령의 경우, 상주지역은 평균 15년인 반면 안성과 천안 지역 내 배나무의 수령은 평균 40년 이상이었다. 페로몬트랩이 설치된 과원들은 모두 저농약 인증을 받은 과원들이었다. 각 재배지에서는 5개의 배과원을 선정하였고, 각 배과원에는 3개의 성페로몬 트랩을 설치하였다.

성페로몬 조성 및 모니터링

모니터링에 사용된 성페로몬 트랩은 윈트랩(가이아, 수원)을 사용하였고, 페로몬 루어는 Z8-12Ac와 E8-12Ac가 85:15의 비율로 전체 1 mg이 포함된 제품(파수균영농조합법인, 영주)을 사용하였다. 트랩은 과원 내 주간부의 약 1.5 m 높이에 설치

하였고, 트랩간 거리는 최소 50 m 이상을 유지하였다. 페로몬 루어는 약 1개월 간격으로 교체하였다. 매주 1회 과원을 방문하여 트랩에 포획된 개체들을 복숭아순나방과 복숭아순나방붙이로 구분하여 포획수를 기록하였다. 페로몬트랩에 포획된 개체의 종판별은 Komai (1979, 1999)와 Choi *et al.* (2009)이 제시한 방법을 사용하였다. 두 종을 구별할 수 있는 분류 형질로 복숭아순나방 수컷 성충의 뒷날개를 펼쳤을 때 외연 부분이 완만한 반면 복숭아순나방붙이는 외연 부분이 함몰되어 있다. 또한 복숭아순나방은 뒷날개 중앙에서부터 하단부 가장자리까지 회황색의 패턴이 뚜렷하지만 복숭아순나방붙이는 뒷날개의 중앙부터 하단부 가장자리까지 회황색 패턴이 없는 것이 특징이다.

복숭아순나방과 복숭아순나방붙이 분자동정

두 곤충의 형태적 종 구분을 뒷받침하기 위해 분자지표를 이용하였다. 이 방법을 간략하게 설명하면 두 곤충을 구분하기 위해 diagnostic primer 조합을 이용했다. 복숭아순나방의 특이적 프라이머(forward primer: 5'-GTTTAAATAAATTTTCTCA-3', reverse primer: 5'-CTATAATTCGCACTCATGGAAATG-3')를 사용하였다. 복숭아순나방붙이의 특이적 프라이머(forward primer: 5'-TGTAGGTAATAAACTTCCCTCAAAG-3', reverse primer: 5'-CTATAATTCGCACTCATGGAAATG-3')를 사용하였다. PCR 조건은 초기 94°C에서 1분간 불활성화 단계를 거친 후, 35반복으로 증폭단계를 거쳤다. 증폭과정은 94°C에서 1분간 변성단계를 거쳤고 프라이머 결합반응의 경우 복숭아순나방은 50°C에서 45초, 복숭아순나방붙이는 46°C에서 30초였고 72°C에서 1분 30초의 시슬연장 단계로 구성되었다. 이후 최종 시슬연장 단계가 추가로 72°C에서 10분간 이루어졌다. PCR 생성물의 전기영동은 2%의 agarose gel을 사용하였고 ethidium bromide로 염색하였다.

결과 및 고찰

배과원 복숭아순나방붙이 포획

배과원에서 복숭아순나방붙이가 복숭아순나방붙이 페로몬 트랩에 포획되었다(Fig. 1). 이 페로몬트랩에는 복숭아순나방도 유인되었다. 이 두 해충의 종판별은 수컷 뒷날개의 외연 모습에 따라 구분되었다(Fig. 1A). 분자동정 방법으로 판별한 결과 배과원에 포획된 개체들이 복숭아순나방과 복숭아순나방붙이가 혼재한다는 것을 확인하였다. 두 곤충에 특이적 판별 PCR 프라이머는 각각의 종에만 특이적으로 PCR 결과물을 형성하

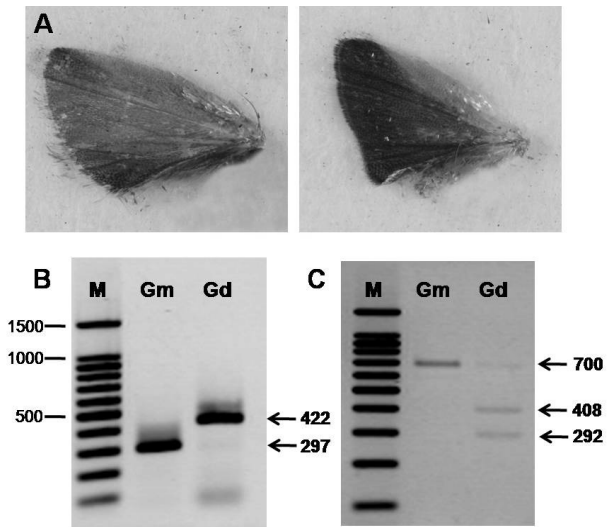


Fig. 1. Occurrence of *Grapholita molesta* (Gm) and *G. dimorpha* (Gd) in pear orchards in Korea. (A) Hind wings of males captured in a pheromone trap. Gm males have a round margin (left), but Gd males have an indented margin (right). Discrimination between Gd and Gm with a diagnostic primer (B) and PCR-RFLP (C).

고, 이들의 상호 크기도 달랐다(Fig. 1B). 본 조사는 배과원 성페로몬 트랩에 유인된 수컷이 이들 두 종을 모두 포함하고 있다는 것을 확인시켜 주었다. 또한 동일한 미토콘드리아 DNA 영역의 제한효소에서 상호 다형현상을 일으키는 PCR-RFLP 분자마커도 배과수원에 이 두 종의 발생을 확인시켜 주었다(Fig. 1C). 이상의 결과는 국내 배과원에서 복숭아순나방과 복숭아순나방붙이가 동시에 발생한다는 것을 보여 주었다.

성페로몬 트랩의 교차 유인

복숭아순나방붙이와 복숭아순나방의 동일 페로몬트랩에 상호 교차 유인여부를 규명하기 위해 상주지역에 복숭아순나방 페로몬트랩을 추가 설치하여 두 곤충의 교차 유인 유무를 조사하였다(Fig. 2). 복숭아순나방 페로몬 루어는 Z8-12Ac:E8-12Ac:Z8-12OH의 세 성분이 95:5:1의 비율로 처리되고 전체 유효 농도가 1 mg을 포함한 제품(파수꾼영농조합, 영주)을 사용하였다. 비교적 두 곤충의 밀도가 많이 발생한 지역에 설치된 복숭아순나방붙이 트랩에 복숭아순나방붙이는 물론이고 복숭아순나방이 포획되었다. 또한 두 곤충의 발생이 적은 지역에 설치된 복숭아순나방 트랩에 복숭아순나방과 복숭아순나방붙이가 모두 포획되었다. 두 트랩에서 복숭아순나방의 포획 밀도가 높았지만, 복숭아순나방붙이의 포획 비율이 복숭아순나방붙이의 트랩에 약 50%에 이르는 반면 복숭아순나방 트랩에는 30%에 불과해 트랩에 따른 상호 교차 유인 효과에서는 차이를 보였다

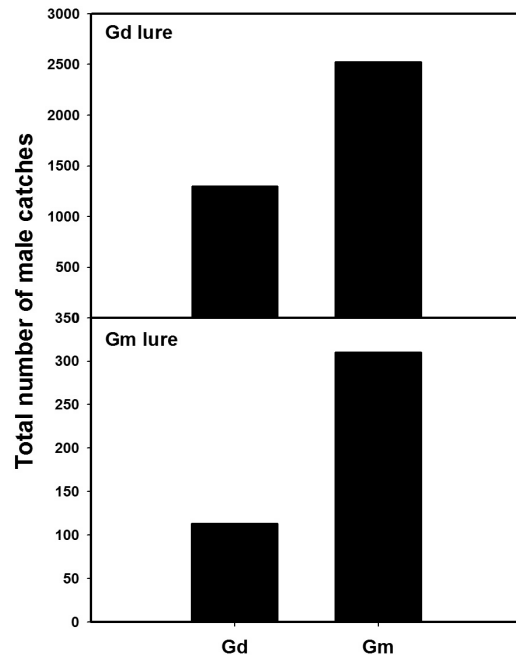


Fig. 2. Cross-trapping of *Grapholita dimorpha* (Gd) and *G. molesta* (Gm) males to each sex pheromone trap in Sangju. Monitoring was conducted from April 5 to November 1, 2011.

($X^2 = 9.18$; $df = 1$; $P = 0.0024$).

배과원 지역별 및 시기별 교차 유인 효과 변이

세 지역의 배과원에 설치된 복숭아순나방붙이 페로몬트랩에 2011년 한 해 동안 모니터링한 결과(Fig. 3), 상호 교차 유인 효과가 지역별로 일정하지 않았다($X^2 = 237.75$; $df = 2$; $P < 0.0001$). 안성의 경우 복숭아순나방붙이 트랩에 복숭아순나방이 복숭아순나방붙이에 비해 약 4배가량 많이 포획되었다. 상주의 경우도 약 1.5배 정도 복숭아순나방이 많이 포획된 반면, 안성은 두 곤충의 포획량이 유사하게 나타났다. 이러한 사실은 두 곤충이 일정한 비율로 동일한 페로몬 트랩에 포획되는 것이 아니라는 것을 의미한다. 즉, 성페로몬의 유인효과는 일정하지만 두 곤충의 발생 밀도에 따라 상호 포획 밀도 빈도가 달라지는 것으로 여겨진다. 즉, 특정 페로몬 트랩에 포획된 밀도를 바탕으로 복숭아순나방붙이와 복숭아순나방의 밀도를 추정하는 것은 불가능하다는 것을 의미하는 결과로 해석된다.

이러한 상호 교차효과가 시기적으로 차이가 있는지를 알아보기 위해 세 지역에서 복숭아순나방붙이 트랩에 연중 포획된 두 종의 밀도를 시기별로 분석하였다(Fig. 4). 배과원에서 이들 곤충의 후기 월동세대로 여겨지는 5-6월 발생피크는 복숭아순나방붙이는 조사지역 모두에서 나타나지만 복숭아순나방은 천

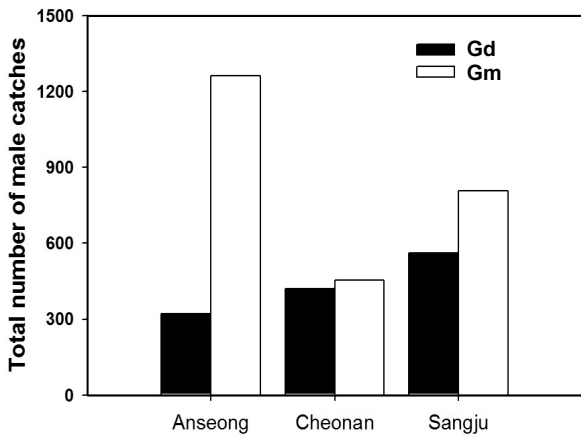


Fig. 3. Variation of cross-trapping of *Grapholita dimorpha* (Gd) and *G. molesta* (Gm) males to each sex pheromone trap in different localities. Monitoring was conducted from April 5 to November 1, 2011.

안지역에서만 나타났다. 연중 발생 피크를 살펴보면 안성을 제외하고 천안과 상주에서는 상호 유사한 발생량을 나타낸 반면 (Table 1), 시기적으로 이 두 종의 발생 패턴을 분석하여 보면 모든 지역에서 상호 뚜렷한 차이를 나타냈다(Table 1).

이상의 결과는 국내 주요 배과원에 복숭아순나방붙이가 발생한다는 것을 보여주었다. 그리고 현재 상품화되어 이들 해충의 모니터링에 사용되고 있는 성페로몬 트랩에 상호 교차 포획이 일어나고 있다는 것을 보여주었다. 그리고 이러한 상호 교차 유인 효과가 지역 및 시기적으로 다양한 변이로 나타나 단순히 포획 밀도를 놓고 두 곤충의 상호 포획 밀도를 추정하기가 불가능하다는 것을 나타냈다. 또한 두 곤충의 발생 시기가 차이가 있다는 것이 모든 지역 자료에서 나타났다. 이러한 결과는 상호 교차 유인 효과를 갖는 현재의 성페로몬 트랩을 이용하여 각 곤충의 발생 모니터링을 할 경우 발생 피크의 횟수 및 각 피크의 폭에서 과대평가되는 오류를 초래할 수 있다는 것을 본 연구는 제시하고 있다. 2000년대 후반부터 배과원에서 페로몬트랩을 이용한 복숭아순나방의 발생 시기에 대한 연구가 수행되었다 (Yang *et al.*, 2001; Seo *et al.*, 2011; Kim, 2012). 하지만, 조사 당시에는 복숭아순나방붙이에 대한 국내 보고가 없었기에 복숭아순나방붙이에 대한 발생량을 확인할 수 없었을 뿐 만 아니라 형태적으로 매우 유사하였기에 페로몬트랩에 잡힌 모든 개체를 복숭아순나방으로 기록할 수밖에 없었다. 하지만 사과원에서 복숭아순나방붙이가 보고된 이후 본 연구에서 보듯이 복숭아순나방 및 복숭아순나방붙이 트랩에 교차 유인되는 것으로 판명되어 기존에 조사되었던 자료와 함께 앞으로 진행될 연구에서는 복숭아순나방과 복숭아순나방붙이를 구별하여 연구를 진행할 필요가 있다.

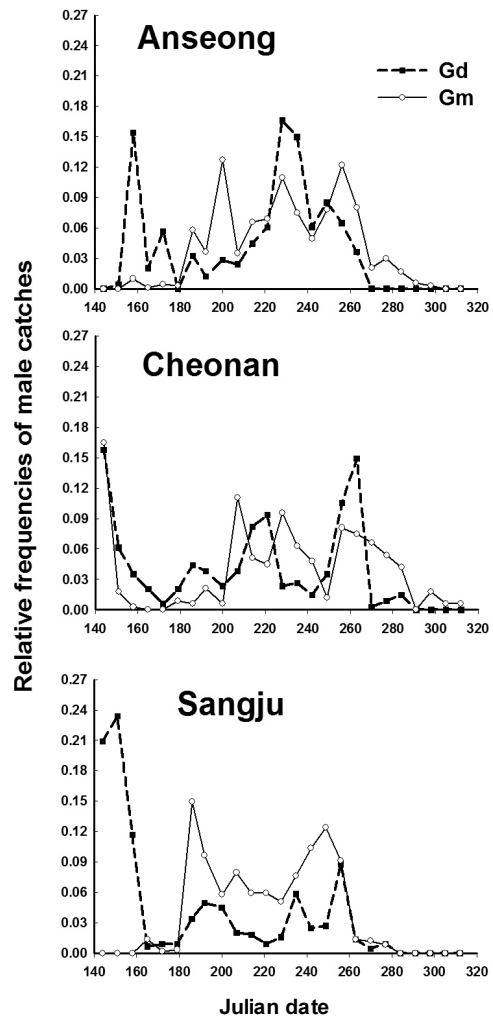


Fig. 4. Variation of cross-trapping of *Grapholita dimorpha* (Gd) and *G. molesta* (Gm) males to each sex pheromone trap in different seasonal periods. Monitoring was conducted from April 5 (95 in Julian date) to November 1 (305 in Julian date), 2011.

두 종의 성페로몬 트랩에 두 곤충의 상호 유인 효과는 이 두 곤충이 유사한 성페로몬 주성분 조성을 공유하는 데에서 비롯되었다고 볼 수 있다. 자연계에서 이 두 종의 유사한 교미 시간대를 고려하여 보면(Murakami *et al.*, 2005; Kim *et al.*, 2011), 이 두 종의 생식적 격리는 미량성분의 차이에 의해 이루어질 수 있다고 추정한다. 따라서 각 곤충에 특이적 성페로몬 트랩을 개발하기 위해서는 미량성분의 추가 첨가에 의해 가능할 수도 있다. 예를 들어, 복숭아순나방의 암컷이 생산하는 부성분인 Z8-12OH의 첨가량을 증가시키면 복숭아순나방붙이의 유인을 억제하는 효과가 있을 지도 모른다. 또한 복숭아순나방붙이의 특이적 트랩을 개발하기 위해서는 아직 보고되지 않는 이 곤충의 미량성분의 화학적 동정이 요구된다.

Table 1. Repeated measures ANOVA (von Ende, 2001) of male catches of *G. dimorpha* and *G. molesta* to a sex pheromone lure of *G. dimorpha*

Source ¹	df	SS	MS	F	P
Anseong					
Between subjects					
Insect	1	612.36	612.36	24.58	< 0.0001
Error	28	697.61	24.91		
Within subjects					
Time	23	1553.08	67.52	17.66	< 0.0001
Time*Insect	23	836.51	36.37	9.51	< 0.0001
Error (Time)	644	2461.99	3.82		
Cheonan					
Between subjects					
Insect	1	0.07	0.07	0.00	0.9511
Error	27	511.46	18.94		
Within subjects					
Time	23	472.69	20.55	6.02	< 0.0001
Time*Insect	23	132.13	5.74	1.68	0.0243
Error (Time)	621	2119.3	3.41		
Sangju					
Between subjects					
Insect	1	29.20	29.20	3.70	0.0648
Error	28	221.19	7.90		
Within subjects					
Time	23	1060.49	46.11	16.72	< 0.0001
Time*Insect	23	1286.03	55.91	20.27	< 0.0001
Error (Time)	644	1776.27	2.76		

¹ 'Time' represents weekly counting dates from April 5 to November 1, 2011. 'Insect' represents *G. dimorpha* and *G. molesta*.

사 사

본 연구는 농촌진흥청 아젠다사업(대과제명: 병해충-잡초관리 및 농약절감기술)으로부터 지원받아 수행되었다. 정충렬은 교육과학기술부 2단계 BK21 사업으로 지원받았다.

Literature Cited

- 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. *Kor. J. Appl. Entomol.* 48, 417-421.
- Kim, J.G., 2012. Development of pear control system based on pest phenology and pesticide application practice. Ph.D. dissertation. 162pp. Andong National University, Andong, Korea.
- Kim, Y., Jung, S., Kim, Y., Lee, Y., 2011. Real-time monitoring of oriental fruit moth, *Grapholita molesta*, populations using a remote sensing pheromone trap in apple orchards. *J. Asia Pac. Entomol.* 14, 259-262.
- Komai, F., 1979. A new species of the genus *Grapholita* Treitschke from Japan allied to the oriental fruit moth, *Grapholita molesta* (Busck) (Lepidoptera: Tortricidae). *Appl. Entomol. Zool.* 14, 133-136.
- Komai, F., 1999. A taxonomic review of the genus *Grapholita* and allied genera (Lepidoptera: Tortricidae) in the Palaearctic region. *Scand. Soc. Entomol.* 55, 1-226.
- 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.
- Oku, T., Ohira, Y., Wakou, M., 1988. Preliminary notes on a plum fruit moth, *Grapholita dimorpha* Komai (Lepidoptera: Tortricidae). Bull. Fruit Tree Res. Stn. C 15, 49-64.
- Park, K.T., Kim, J.M., 1986. Moths collected in the northern part of civilian control of line neighbouring DMZ. Kor. J. Plant Prot. 25, 77-83.
- Rothschild, G.H.L., Vickers, R.A., 1991. Biology, ecology and control of the oriental fruit moth, in: van der Geest, L.P.S., Evenhuis, H.H. (Eds.), Tortricid pests, their biology, natural enemies and control. Elsevier, Amsterdam, pp. 389-412.
- von Ende, C.N., 2001. Repeated-measures analysis, in: Scheiner, S.M., Gurevitch, J. (Eds.), Design and analysis of ecological experiment. Oxford University Press, New York, pp. 134-157.
- Seo, M.J., Park, M.W., Yoon, K.S., Jo, S.H., Jo, C.W., Shin, H.S., Kwon, H.R., Kang, M.A., Kim, S.H., Yu, Y.M., Youn, Y.N., 2011. Seasonal occurrence of major moth pests and their environmental friendly control in pear orchard. CNU J. Agric. Sci. 38, 39-44.
- Yang, C.Y., Han, K.S., Boo, K.S., 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.
- Yan, S., Liu, Y., Li, M., 1999. *Grapholita dimorpha* - a new record pest damage fruit trees of China. For. Pest Dis. 18, 15-16.