

단감 과수원에서 밤알락명나방의 발생소장과 성페로몬샘 성분의 유인력

김준현¹ · 노광현¹ · 장신애² · 박정규^{1,2,3*}

국립산림과학원 산림병해충연구과, ¹경상대학교 농업생명과학연구원, ²생명과학연구원, ³응용생명과학부(BK21 Plus)

Seasonal Occurrence of *Euzophera batangensis* and Attractiveness of Its Sex Pheromone Gland Components in Non-astringent Persimmon Orchards

Junheon Kim, Gwang Hyun Roh¹, Sin Ae Jang² and Chung Gyoo Park^{1,2,3*}

National Institute of Forest Science, Seoul 02455, Republic of Korea

¹Institute of Agriculture and Life Science, Gyeongsang National University, Jinju 52828, Republic of Korea

²Institute of Life Science, Gyeongsang National University, Jinju 52828, Republic of Korea

³Division of Applied Life Science (BK21 Plus), Gyeongsang National University, Jinju 52828, Republic of Korea

ABSTRACT: Seasonal occurrence of persimmon bark borer moth, *Euzophera batangensis*, and attractiveness of its sex pheromone gland components and trap types were studied at sweet (non-astringent) persimmon orchards of two southern provinces of Gyeongsangnam-do and Jeollanam-do, Korea, from 2014 to 2016. *E. batangensis* occurred three times a year. Occurrences of the moths of the over-wintered, the 1st and the 2nd generations were early April to late May, early June to late July, and early August to mid October, respectively. The (Z9,E12)-tetradeca-9,12-dien-1-ol (Z9,E12-14OH) was more attractive than (Z)-tetradec-9-en-1-ol (Z9-14OH). The Z9,E12-14OH was equally attractive to the 9:1 binary mixture of Z9,E12-14OH and Z9-14OH to the male moths. The three trap types of funnel, white and red delta traps had no effect on the attractiveness of the components.

Key words: Persimmon bark borer, (Z9,E12)-tetradeca-9,12-dien-1-ol, (Z)-tetradec-9-en-1-ol, trap type, *Athetis dissimilis*

초 록: 경남과 전남지역의 단감원에서 밤알락명나방의 발생소장과 성페로몬샘의 성분별 및 트랩 종류별 유인력을 조사하였다. 2014년부터 2016년까지 발생소장을 조사한 결과, 밤알락명나방은 년 3회 발생하는 것으로 조사되었다. 각 세대 성충의 발생시기는 월동세대는 4월 상순-5월 하순, 제1세대는 6월 상순-7월 하순, 제2세대는 8월 상순-10월 중순이었다. 성페로몬샘 성분별 유인력은 (Z9,E12)-tetradeca-9,12-dien-1-ol (Z9,E12-14OH) 단독 루어가 (Z)-tetradec-9-en-1-ol (Z9-14OH) 단독 루어보다 유인력이 뛰어났으며, 두 물질을 9:1로 혼합한 루어와 차이가 없었다. 깔대기 트랩과 흰색 및 붉은색 트랩을 비교해 본 결과 트랩 종류 간에는 유인수의 차이가 없었다.

검색어: (Z9,E12)-tetradeca-9,12-dien-1-ol, (Z)-tetradec-9-en-1-ol, 트랩형태, *Athetis dissimilis*

단감을 포함한 감(*Diospyros kaki*)은 한국과 중국, 일본에서 경제적으로 중요한 과수로서, 우리나라에서는 재배면적이 24,106 ha(단감은 9,520 ha)로서 사과 다음으로(단감의 경우에는 배 다음으로) 면적이 넓은 작물이다(KOSIS, 2016). 우리나라에서 단감을 가해하는 해충으로는 92종이 알려져 있고 (Anonymous, 1972), 최근에 발견된 단감 병해충 원색도감에는

33가지의 종(種) 및 잎말이나방류와 주머나나방류가 기재되어 있다(Park et al., 2015). 그러나 이들 종이 모두 단감원에서 다 발생하는 것이 아니고 실질적으로 경제적 피해가 확인되고 연구가 이루어진 해충은 수 중에 불과하다(Cho et al., 2016).

밤알락명나방[*Euzophera batangensis* (Caradja)] (Lepidoptera: Pyralidae)은 한국, 중국, 일본 등의 동아시아에 분포하는데 (Choi et al., 1998; Huang, 1995), 원래는 농작물에 피해가 없는 다식성 곤충이었으나 중국 북부에서 대추나무(*Ziziphus jujuba*)의 중요한 해충이 되었고 그 외에 비파(*Eriobotrya japonica*), 호주소나무(일명 쇠뜨기나무, *Casuarina equisetifolia*)

*Corresponding author: parkcg@gnu.ac.kr

Received January 26 2017; Revised March 31 2017

Accepted April 15 2017

등을 가해하는 것으로 알려져 있다(Wen et al., 2009). 필자 등이 감해충을 오랫동안 연구하면서 관찰한 바로는 밤알락명나방의 피해는 10여 년 전부터 경남과 전남지방을 중심으로 발생이 많아지기 시작하였다. 밤알락명나방 유충은 감에서는 주로 분지부의 표피 밑 부름켜 부분을 식해하는데 가해가 계속되면 껍질이 환상으로 벗겨져 검게 변하고 그 윗부분이 세력이 약해지거나 고사한다. 주간에 가해할 때에는 구멍을 뚫고 똥을 밖으로 배출한다. 성목의 주지와 아주지의 분지부, 전정한 가지의 기부, 신초의 기부 등에 피해가 많다(Park et al., 2015). 그러나 우리나라에서는 밤알락명나방에 대한 연구 보고로는 종 동정에 관한 보고(Choi et al., 1998), 충남 도고산에서의 채집기록(Byun et al., 2008), 감나무에서의 피해 관찰(Cho et al., 2016; Jung et al., 2014) 만이 있을 뿐이다.

밤알락명나방 암컷은 갓 박피한 부분에 산란하기 때문에 환상박피(girdling)를 관행적으로 실시하는 과수원에서 피해가 큰데(Kalinová et al., 2006) 부화 유충이 형성충을 식해하는 기주 내부섭식 해충이기 때문에 방제하기가 매우 어렵다. 따라서 성페로몬의 동정과 이용은 이 해충의 방제에 중요한 역할을 할 것으로 생각된다. Kalinová et al. (2006)은 밤알락명나방 암컷의 성페로몬샘 추출물에서 (Z9,E12)-tetradeca-9,12-dien-1-ol (Z9,E12-14OH)과 (Z)-tetradec-9-en-1-ol (Z9-14OH)을 동정하였고, Wen et al. (2009)은 밤알락명나방 수컷이 Z9,E12-14OH(루어 당 500 µg)에 유의하게 많이 유인된다고 하였다.

그러나 곤충의 페로몬 구성은 동일 종이라고 하더라도 지역에 따라 다른 경우가 많다. 예를 들면 애기유리나방(*Synanthedon tenuis*)의 일본 개체군은 Z3,Z13-18:OAc에 잘 유인된다고 하였으나(Tamaki et al., 1977) 한국 개체군의 성페로몬은 Z3,Z13-18:OH로 동정되었고, Z3,Z13-18:OAc는 오히려 Z3,Z13-18:OH의 유인력을 저해한다고 하였다(Yang et al., 2012). 또 중국에서 애모모니잎말이나방(*Adoxophyes orana*)의 성페로몬 구성은 북부지방 개체군은 Z9-14:Ac와 Z11-14:Ac의 비율이 80 : 20이지만, 남부지방 개체군은 25 : 75인 것으로 알려져 있다(Fu et al., 1999). 따라서 밤알락명나방의 성페로몬 성분이 다른 나라에서 동정되었다고 해도 우리나라에서 그 구성성분의 유인력을 검토해볼 필요가 있을 것으로 생각된다.

따라서 본 연구에서는 밤알락명나방의 성페로몬샘 구성성분으로 알려진 두 물질 Z9,E12-14OH과 Z9-14OH의 수컷에 대한 유인력을 단독 또는 혼합하여 검정하였고, 이 들 물질을 이용하여 2014년부터 2016년까지 경남의 진주와 창원, 전남의 순천에서 발생소장을 조사하였으며 트랩종류에 따른 유인력을 실험하였다.

재료 및 방법

조사장소와 시기

밤알락명나방의 성페로몬샘 물질 트랩을 이용하여 경남과 전남지역의 단감원에서 발생소장을 조사하였다. 2014년부터 2016년까지 3년에 걸쳐 경남 창원 1곳(11,446 m², 35°09'20.92"N 128°34'45.93"E)과 경남 진주 2곳(진주A: 21,437 m², 35°08'28.55"N 128°8'12.02"E; 진주B: 3,563 m², 35°09'37.4"N 128°10'09.1"E), 전남 순천 1곳(21,744 m², 34°55'42.7"N 127°27'20.6"E)의 단감원에 성페로몬샘 물질 트랩을 설치하여 발생소장을 조사하였다. 2014년에는 4월 30일부터 10월 10일까지, 2015년에는 4월 8일부터 10월 29일까지, 2016년에는 4월 9일부터 10월 19일까지 조사하였다.

루어의 제조

루어는 Z9-14OH과 Z9,E12-14OH (Bedoukian Inc. Danbury, CT, USA)을 hexane에 희석하여 고무격막(11 mm, Wheaton Scientific, Millville, NJ, USA) 하나당 0.5 mg의 물질이 들어가도록 침적하였다. 침적 후 30분 동안 hexane을 완전히 휘발시킨 다음 하나씩 알루미늄 팩에 개별 포장하여 실험에 사용할 때 까지 -20°C 냉동고에 보관하였다.

발생소장 조사, 성분별 및 트랩 종류별 유인효과 검정

2014년과 2015년에는 Z9-14OH (0.5 mg)와 Z9,E12-14OH (0.5 mg)를 각각 또는 1:9 (0.5 mg)로 혼합하여 3종류의 성페로몬샘 물질 루어를 만들어 실험에 이용하였다. 혼합 루어의 두 성분 비율을 1:9로 한 이유는 밤알락명나방 성페로몬샘에서 두 성분이 1:9로 구성되어 있고(Kalinová et al., 2006), Wen et al. (2009)도 같은 비율로 유인실험을 하였기 때문이다. 각 트랩에 유인된 수를 시기별로 합하여 2014년과 2015년의 발생소장으로 나타내었다. 2016년에는 2년간의 성분별 유인력 실험을 통해 선발된 Z9,E12-14OH을 이용하여 발생소장을 조사하였다.

트랩은 (주)그린아그로텍에서 구입한 깔대기 트랩(funnel trap)에 DDVP 훈증제(Vaportape II; BioQuip, CA, USA)를 넣어 사용하였다. 성페로몬샘 루어를 트랩의 중앙에 있는 루어통에 넣고, 각각의 물질별로 세 개의 트랩을 과수원 내 단감나무에 1-1.5 m 높이의 가지에 걸쳐 두었다. 성페로몬샘 루어는 4주간격으로 교체하였고, 매주 1회 트랩에 유인된 밤알락명나방의 수를 조사하였다.

트랩 종류별 유인효과는 2015년 경남 사천(35°03'26.7"N 128°05'33.1"E)과 산청(35°18'32.6"N 127°58'54.4"E), 전남 순천(35°03'58.0"N 127°17'22.8"E)에서 Z9,E12-14OH로 루어를 만들어 델타트랩 2중(흰색, 빨간색)과 깔대기 트랩의 유인효과 차이를 조사하였다.

결과 및 고찰

밤알락명나방의 발생소장

창원, 진주, 순천 등의 세 지역에서 1년 또는 3년간 밤알락명나방의 발생소장을 조사한 결과, 해에 따라 발생시기가 조금씩 차이가 있었다. 각 세대별로 발생시기가 명확하게 구분되지는 않았지만 대체적으로 년 3회 발생하는 것으로 판단된다(Fig. 1).

월동세대 성충의 발생시기는 4월 상순-5월 하순, 제1세대 성충은 6월 상순-7월 하순, 제2세대 성충은 8월 상순-10월 중순까지로 판단된다. 우리나라와 위도가 비슷한 일본의 긴끼지방(近畿地方)에서는 일반적으로 년 3~4회 발생하는데 여름에는 세대간(世代間)에 우화시기가 겹치는 경우가 많다고 하였다(Yamaguchi and Otake, 1986). 월동세대, 제1, 2, 3세대 성충의 발생시기는 각각 4월 하순-5월 상순, 6월 상순-하순, 7월 상순-하순, 8월 상순-9월 상순이라고 하여서 우리나라 남부지방에서 성페로몬샘 물질 트랩으로 조사한 결과와는 다소 차이가 있었다.

지역별 년도별 발생량을 보면 해가 거듭될수록 많이 유인된 경향이 있었다. 진주A의 경우에는 2014년 보다는 2015년과 2016년에 유인수가 급증하였고, 진주B와 순천에서의 경우에도 2015년보다 2016년에 훨씬 더 많이 유인되었다(Table 1). 이와 같이 트랩을 설치한 년도가 거듭될수록 유인수가 늘어나는 이유가

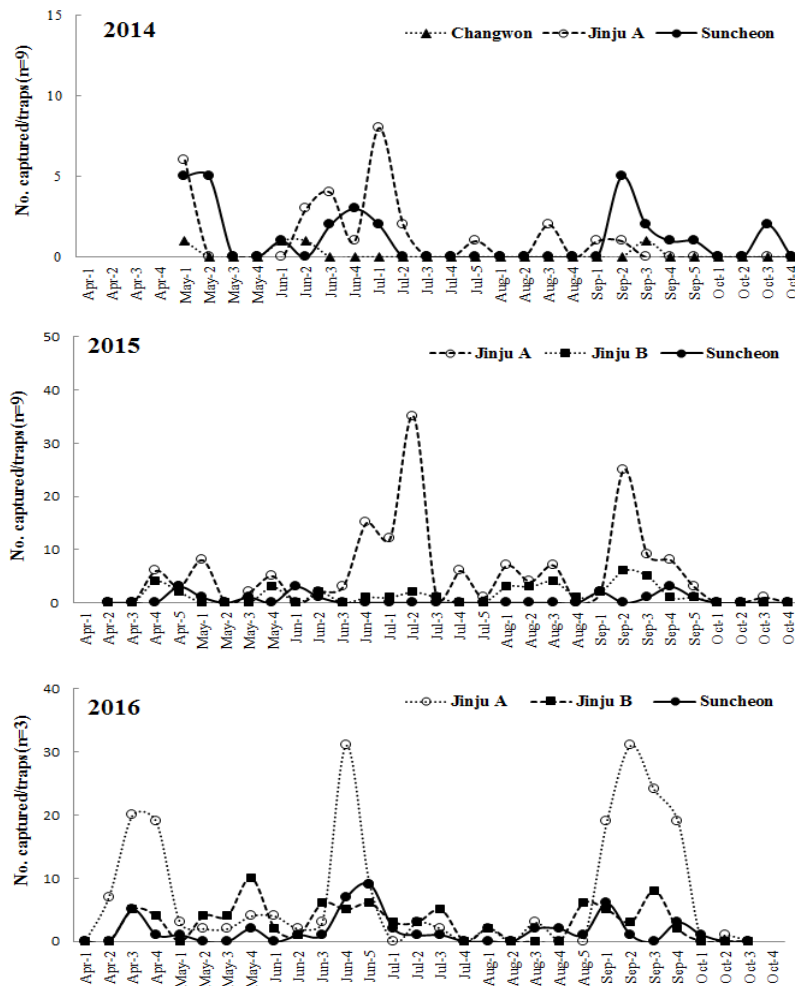


Fig. 1. Seasonal occurrence of *Euzophera batangensis* (Caradja) male adults. The scales of Y-axis in 2014 and 2015 represent total number of *E. batangensis* males caught to nine traps baited with sex pheromone gland components of Z9-14OH and Z9,E12-14OH, and their 1:9 binary mixture. The scale of Y-axis in 2016 represents total number of *E. batangensis* males caught to three Z9,E12-14OH traps.

Table 1. Total number* of *Euzophera batangensis* male adults in terms of years, orchard locations, and generations

Years	Orchard locations	Generations			Total
		Over-wintered	1st	2nd	
2014	Changwon	0	0	0	0
	Jinju A	2	10	1	13
	Suncheon	4	8	3	15
2015	Jinju A	12	30	28	70
	Jinju B	1	3	7	11
	Suncheon	4	0	5	9
2016	Jinju A	51	55	97	203
	Jinju B	13	37	24	74
	Suncheon	7	22	16	45
Total		94	165	181	440

*Number of male adults caught to three traps baited with Z9,E12-14OH.

무엇인지는 본 실험의 결과로서는 알 수가 없다. 세대별 유인수를 보면 제2세대> 제1세대> 월동세대 순으로 유인수가 많았다 (Table 1).

성페로몬생 성분별 유인력 실험

2014년 창원에서서는 밀도가 낮아서 유의한 결과를 얻을 수 없었으나, 진주A에서는 Z9,E12-14OH에 가장 많이 유인되었으며 Z9-14OH+Z9,E12-14OH의 혼합물 유인수와 통계적 차이가 없었다. 순천에서는 Z9-14OH+Z9,E12-14OH의 혼합물에 가장 많이 유인되었으며, Z9,E12-14OH 유인수와 차이가 없었다. 두 지역에서 Z9-14OH 단독 물질에는 두 지역에서 단 한 마리만 유인되었다(Fig. 2). 2015년에도 Z9-14OH 단독 트랩에는 세 지역 합하여 2마리 밖에 유인되지 않았다. 반면 진주A 과수원에서는 Z9,E12-14OH 단독과 Z9-14OH+ Z9,E12-14OH의 혼합물 간에 유인력의 차이가 없이 가장 많이 유인되었다. 진주 B 과수원에서는 Z9,E12-14OH 단독과 Z9-14OH+ Z9,E12-14OH의 혼합물의 유인력이 Z9-14OH과 통계적 차이는 없었으나 총 유인수가 각각 19마리와 22마리로서 Z9-14OH의 1마리보다 월등히 많았다. 순천에서도 통계적 차이는 없었으나 Z9,E12-14OH의 유인수가 12마리로서 Z9-14OH의 1마리보다 월등히 많았다.

이상의 결과를 종합해 보면 전체적으로 Z9,E12-14OH 단독 루어가 Z9-14OH보다 유인력이 뛰어나며, 두 물질 혼합 루어와 차이가 없는 것으로 판단된다. Wen et al. (2009)도 밤알락명나방 수컷이 Z9-14OH보다는 Z9,E12-14OH에 유의하게 많이 유인된다고 보고하여 본 연구결과와 같은 경향이었다.

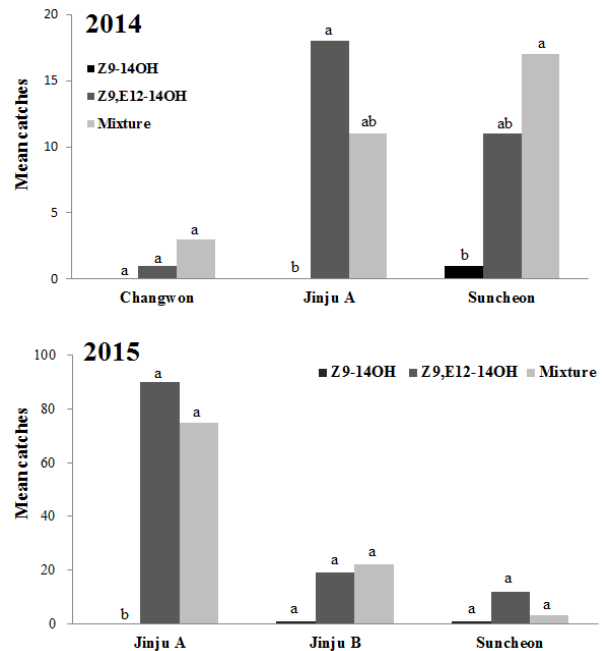


Fig. 2. Catches of *Euzophera batangensis* male adults to three different kinds of attractants of Z9-14OH, Z9,E12-14OH, and their binary mixture (1:9). Amount of attractant in each lure was same as 0.5 mg. The same letters on each bar in each research site mean no significant difference at $p = 0.05$ (Tukey's HSD test).

한편 Wen et al. (2009)의 실험에서는 1:9 혼합물에 유인된 수가 Z9,E12-14OH에 유인된 수 보다 적어 Z9-14OH가 antagonist로 작용할 가능성이 있었지만, 본 실험의 결과 국내 종의 경우 Z9-14OH의 첨가가 유인력에 크게 작용하지 않는 것으로 판단된다.

트랩 선별 실험

2015년에 경남과 전남 세 곳의 단감과수원에서 트랩 종류별로 밤알락명나방에 대한 유인력을 조사한 결과 세 지역에서 트랩 간에 유의차가 나타나지 않았다.

밤알락명나방의 성페로몬샘 물질인 Z9-14OH와 Z9,E12-14OH 두 성분은 각각 다른 나방류의 페로몬 성분이기도 하다. Z9-14OH는 *Sesamia cretica* (밤나방과)와 일본에서 파밤나방의 페로몬 성분 중 하나로 보고되어 있다(Wakamura, 1987; Mochizuki et al., 1993). Z9,E12-14OH는 중국에서 파밤나방(Ma et al., 2014)과 *Euzophera* 속(명나방과)의 *E. pyriella* (Ma et al., 2014), *E. pinguis* (Ortiz, 2002), 및 *E. punicaella* (Bestmann et al., 1993)와 *Rynchoglea scitula* (밤나방과)와 각시뽀족들명나방(*Anania verbascalis*)의 페로몬 성분이기도 하다(Ma et al., 2014). 또한 이 두 물질은 한국에서 밤알락명나방 뿐 아니라 뒷흰날개담색밤나방을 유인하는 것으로도 알려져 있다(Kim et al., 2016).

이상에서 본 바와 같이 밤알락명나방은 년 3회 발생하는 것으로 판단된다. 또 밤알락명나방 수컷에 성충에 대한 유인력은 Z9,E12-14OH이 Z9-14OH보다 우수하였으며, Z9-14OH과 Z9,E12-14OH의 혼합물과 차이가 없으므로 Z9,E12-14OH 트랩을 밤알락명나방 발생예찰에 사용할 수 있을 것으로 판단된다.

사 사

본 연구는 농촌진흥청 연구과제(PJ01175602)의 지원으로 수행되었다.

Literature Cited

Anonymous, 1972. A List of Plant Diseases, Insect Pests and Weeds of Korea. Korean Society of Plant Protection, Seoul.

Bestmann, H.J., Kern, F., Melikyan, G.G., Schafer, D., Vostrowsky, O., Babayan, E.V., Badanyan, S.H.O. 1993. Pheromones 88. Sex pheromone components of female *Euzophera punicaella* M. (Lepidoptera, Pyralidae). Z. Naturforsch. C 48, 110-112.

Byun, B.K., Han, H.L., Lee, B.W., Park, S.Y., Kwon, D.H., Jo, D.G. 2008. Insect fauna of Mt. Dogo, Chungnam province, Korea. J. Korean Nat. 1, 219-227.

Cho, Y.S., Kim, J., Jang, S.A., Park, C.G. 2016. Seasonal occurrence patterns of *Synanthedon tenuis* and *S. bicingulata* (Lepidoptera: Sesiidae) in sweet persimmon orchards in the southern part of Korea. Korean J. Appl. Entomol. 55, 297-301.

Choi, H.Y., Peak, M.K., Bae, Y.S., 1998. Taxonomic note on nine species of the tribe Phycitini (Lepidoptera, Pyralidae, Phycitinae)

from Korea (I). Insecta Koreana. 15, 23

Fu, W., Wu, S., Zhou, J., Xia, X., Qiu, H. 1999. Studies on the sex pheromone polymorphism and cytogenetics of the summer fruit tortrix, *Adoxophyes orana* in China. Proceedings of the "First Asia-Pacific Conference on Chemical Ecology". 71 pp. Shanghai, China.

Huang, J. 1995. A study on the occurrence and integrated management of *Euzophera batangensis*. Sci. Silvae Sin. 31, 421-427.

Jung, Y.H., You, E.J., Son, D., Kwon, J.H., Lee, D.W., Lee, S.M., Choo, H.Y. 2014. A survey on diseases and insect pests in sweet persimmon export complexes and fruit for export in Korea. Korean J. Appl. Entomol. 53, 157-169.

Kalinová, B., Jiroš, P., Žd'árek, J., Wen, X., Hoskovec, M., 2006. GC × GC/TOF MS technique—a new tool in identification of insect pheromones: Analysis of the persimmon bark borer sex pheromone gland. Talanta 69, 542-547.

Kim, J., Byun, B.K., Oh, H.W., Jang, S.A., Park, C.G. 2016. *Athetis dissimilis* (Lepidoptera: Noctuidae) is attracted to the sex pheromone of *Euzophera batangensis* (Lepidoptera: Pyralidae). J. Asia-Pacific Entomol. 19, 841-845.

KOSIS. 2016. Korean Statistical Information Service. <http://kosis.kr>.

Ma, T., Li, Y., Sun, Z., Wen, X. 2014. (Z,E)-9,12-Tetradecadien-1-ol: A major sex pheromone component of *Euzophera pyriella* (Lepidoptera: Pyralidae) in Xinjiang, China. Fla Entomol. 97, 496-503.

Mochizuki, F., Shibuya, T., Ihara, T., Wakamura, S. 1993. Electrophysiological responses of the male antenna to compounds found in the female sex pheromone gland of *Spodoptera exigua* (Hübner) (Lepidoptera: Noctuidae). Appl. Entomol. Zool. 28, 489-496.

Ortiz, A., Noguera, M., Sanchez, A. 2002. Estrategias para el control integrado de *Euzophera pinguis* Haw. utilizando su feromona I. J. ITT Sect. Oleicola. 107-110.

Park, C.G., Kwon, J.H., Lee, D.W., 2015. An Illustrated Color Guide Book to Insect Pests and Diseases of Persimmon in Korea. Animal and Plant Quarantine Agency, Anyang, Korea.

Tamaki, Y., Yushima, T., Oda, M., Kida, K., Kitamura, K., Yabuki, S., Tumlinson, H.H. 1977. Attractiveness of 3,13-octadecadienyl acetates for males of clearwing moths. Jpn. J. Appl. Entomol. Zool. 21, 106-107.

Wakamura, S. 1987. Sex pheromone of the beet armyworm, *Spodoptera exigua* (Hübner) (Lepidoptera: Noctuidae): Field attraction of male moths in Japan to (Z,E)-9,12-tetradecadienyl acetate and (Z)-9-tetradecen-1-ol. Appl. Entomol. Zool. 22, 348-351.

Wen, X., Kalinova, B., Liu, M., Hoskovec, M., 2009. Candidate sex pheromone components of persimmon bark borer, *Euzophera batangensis*. Sci. Silvae Sin. 45, 83-89.

Yamaguchi, A., Otake, A. 1986. Diseases and Invertebrate Pests of Fruit Trees. Zenkoku Noson Kyoiku Kyokai Publishing Co., Ltd., Tokyo, Japan.

Yang, C.Y., Lee, H.S., Park, C.G. 2012. Sex pheromone of the smaller clearwing moth *Synanthedon tenuis* (Butler). J. Chem. Ecol. 38, 1159-1162.