

식물 및 미생물 유래 유기농자재 살충효과: 단감해충 감꼭지나방, 톱다리개미허리노린재

김종철 · 유정선 · 송민호 · 이미룡 · 김시현 · 이세진 · 김재수*

전북대학교 농업생명과학대학 농생물학과

Eco-Friendly Organic Pesticides (EFOP)-Mediated Management of Persimmon Pests, *Stathmopoda masinissa* and *Riptortus pedestris*

Jong Cheol Kim, Jeong Seon Yu, Min Ho Song, Mi Rong Lee, Sihyeon Kim, Se Jin Lee and Jae Su Kim*

Department of Agricultural Biology, College of Agriculture & Life Sciences, Chonbuk National University, Jeonju 54896, Korea

ABSTRACT: Chemical pesticides have been used to control persimmon pests, however the overuse of the pesticides caused insect resistance, followed by failure in pest management and residual problems. Herein we investigate the potential of eco-friendly organic pesticides (EFOP) on the control persimmon pests, *Stathmopoda masinissa* (persimmon fruit moth) and *Riptortus pedestris* (bean bug). Ten commercially available plant-derived organic pesticides and one microbial pesticide were sprayed on the target insects in laboratory conditions. The chemical pesticide, buprofezin+dinotefuran wettable powder served as a positive control. In the first bioassay against persimmon fruit moth, alternatively *Plutella xylostella* larvae were used due to the lack of persimmon fruit moth population from fields, and three organic pesticides showed high control efficacy, such as pyroligneous liquor (EFOP-1), the mixture of Chinese scholar tree extract, goosefoot and subtripinnata extracts (EFOP-2) and *Bacillus thuringiensis* subsp. *aizawai* NT0423 (EFOP-11). When the three selected organic pesticides were treated on the persimmon fruit moths, the EFOP-2 treatment showed the highest control efficacy: 27.7% (5 days), 13.3% (7 days) and 6.7% (10 days) of survival rates. In the bioassay against bean bugs, the mixture of Chinese scholar tree, goosefoot and subtripinnata extracts (EFOP-2 and EFOP-9) and the extracts of sophora and derris (EFOP-10) showed high control efficacy, particularly the highest in the treatment of EFOP-2: 20.0% (5 days) and 16.7% (10 days) of survival rates. These results suggest that the mixture of Chinese scholar tree, goosefoot and subtripinnata extracts (EFOP-2) has high and multiple potential in the management of the persimmon pests.

Key words: Organic pesticide, Persimmon, *Stathmopoda masinissa*, *Riptortus pedestris*, *Plutella xylostella*

조 록: 단감 해충의 효과적인 방제를 위하여, 현재까지 주로 화학 살충제가 사용되어 왔으나, 최근 화학 살충제의 과다 사용은 해충 저항성과 농약 잔류 문제라는 심각한 문제를 야기하고 있다. 본 연구에서는 친환경 유기농자재 (Eco-Friendly Organic Pesticides; EFOP)의 주요 단감 해충인 감꼭지나방과 톱다리개미허리노린재에 대한 살충 활성을 검토하였다. 현재 유통되고 있는 친환경 유기농자재 11 종을 실험실 조건에서 대상 해충에 분무 처리하였다. 대조 약제는 화학 살충제인 buprofezin+dinotefuran (20+15) 수화제를 사용하였다. 감꼭지나방에 대한 유기농자재의 살충 효과를 평가하는 과정에서, 감꼭지나방 유충의 개체수 부족 문제로 인하여 배추좀나방 유충을 1차 실험충으로 사용하였으며, 세 종류의 친환경 유기농자재를 사전 선발하였다. 선발된 친환경 유기농자재는 목초액 (EFOP-1), 회화나무, 양명이주, 멸구슬나무의 혼합추출물 (EFOP-2), *Bacillus thuringiensis* subsp. *aizawai* NT0423 (EFOP-11)이었으며, 선발된 유기농자재의 감꼭지나방 유충에 대한 살충력 실험 결과, EFOP-2의 처리구에서 생존율이 27.7% (5 일차), 13.3% (7 일차), 6.7% (10 일차)로 가장 높은 살충 효과를 보였다. 톱다리개미허리노린재에 대한 살충 효과 평가에서는 회화나무, 양명이주, 멸구슬나무의 혼합추출물 (EFOP-2, EFOP-9)과 고삼, 데리스의 혼합추출물 (EFOP-10)이 높은 살충 효과를 보였다. 특히 EFOP-2의 처리구에서 생존율이 20.0% (5 일차), 16.7% (10 일차)로 가장 높은 살충 효과를 보였다. 결론적으로, 친환경 유기농자재인 EFOP-2를 이용하여 단감의 주요 해충인 감꼭지나방과 톱다리개미허리노린재를 포함한 다양한 노린재 해충에 대한 방제가 가능할 것으로 판단된다.

검색어: 감꼭지나방, 단감, 배추좀나방, 유기농자재, 톱다리개미허리노린재

*Corresponding author: jskim10@jbnu.ac.kr

Received March 3 2016; Revised August 11 2016

Accepted September 17 2016

우리나라는 2010년 약 3천 농가의 15.2만 km² 면적에서 감을 38만 톤(전 세계 감생산량의 약 10%)을 생산하는 전 세계 제 2의 감 생산국이며, 2009년 이스라엘에 이어 10,255 톤으로 세계 2위 감 수출국이기도 하다(Lee, 2012). 세계적인 단감 생산량과 수출량을 유지, 향상시키기 위해서는 단감의 높은 품질과 생산기술이 요구된다. 하지만, 단감 재배 과정에서 피해를 주는 다양한 병해충은 단감의 생산량 감소와 품질 저하를 야기시키고 있다. 1995년 산림청에서는 단감나무 해충을 8목 53과 181종으로 보고하였으며, 이 중 긴숨까지벌레붙이(*Phenacoccus aceris*), 뽕밀까지벌레(*Ceroplastes pseudoceriferus*), 애기유리나방(*Synanthedon tenuis*), 주머니까지벌레(*Eriococcus largerstroemiae*) 등(Park et al., 1988)과 갈색노린재(*Plautia stali*), 씩덩나무노린재(*Halymorpha mista*), 감꼭지나방(*Stathmopoda masinissa*), 감관총채벌레(*Ponticulothrips diospyrosi*), 차잎말이나방(*Homona magnanima*), 차주머니나방(*Eumeta minuscula*) 등이 단감에 실질적인 피해를 주고 있다(Lee et al., 2002; Park et al., 2009). 또한 최근 문제시 된 갈색날개매미충(*Ricania* sp.)은 2011년 3월에 전라남도 구례군 산동면 외산리 인근의 약 286 ha의 감, 매실, 밤, 산수유 등의 재배지에서 발생하여 피해를 주는 것으로 확인되었다(Choi et al., 2012). 이처럼 다양한 해충이 단감 생산에 영향을 주기 때문에, 이를 방제하기 위해서는 효율적인 관리가 필요하다.

단감 재배 시 기존의 해충 방제는 화학합성 농약을 이용하였지만, 화학합성 농약은 해충들의 저항성 문제와 화학약제에 대한 소비자들의 부정적인 인식을 가지고 있어, 화학 합성 농약의 단점을 보완하고 친환경적인 생산을 위해 식물추출물 등을 활용한 친환경 유기농자재를 이용하려 노력하고 있다(Scott et al., 2003). 농가에서는 민간요법으로 고추씨 오일, 녹차나무 잎, 때죽나무 껍질, 매실, 멸구슬나무 열매, 어성초, 여뀌, 은행나무 열매, 자리공나무 열매, 참나무 오일, 각종 한약재 등 다양한 식물추출물을 활용하고 있다(Kim and Kim, 2009). 친환경 유기농자재의 장점은 이를 이용하여 유기합성농약과 화학비료 등의 화학제품의 사용량을 경감시키고, 작물에 대한 병해충 억제와 작물생육 촉진을 할 수 있다(Lee et al., 2008). 또한, 식물추출물 및 유래 화합물이 배추좀나방 등 나비목 해충에 대해 섭식저해활성이 있는 것으로 밝혀졌다(Lü et al., 2013; Sivasubramanian et al., 2013).

우리나라에서는 1997년 12월 환경농업육성법을 제정하고 친환경 유기농자재를 등록 관리하고 있다(Lee et al., 2009). 2016년 농촌진흥청에서 친환경 유기농자재로 공시한 품목은 1,400 개가 있으며, 이 중 병해충관리용은 420 개의 품목(병해충관리용 146 품목, 총해관리용 154 품목)이 있다. 하지만, 친

환경 유기농자재를 이용한 단감 해충 방제에 대한 연구가 매우 미흡한 실정이며, 친환경 재배로 기존의 합성 농약 사용 시스템을 대체하려 하지만, 병해충에 대한 효과적인 방제 프로그램의 부재로 친환경적인 단감 생산을 하는데 큰 어려움을 가지고 있다. 또한 관행농업에 비해 친환경 유기농산물 생산 과정에서 발생하는 해충의 종류와 발생량이 더 많아 피해가 크다(Jeon and Kim, 2006). 이 때문에, 단감 생산자들은 친환경적인 재배를 기피하게 되었고, 결과적으로 친환경 농산물 생산량은 2009년 2,358 톤으로 농산물 총생산량의 12%였지만 이후 감소하여 2014년 825 톤으로 총생산량의 4.6%로 감소하게 되었다(MAFRA, 2015). 위축된 친환경 농산물 시장을 다시 활성화시키기 위해서는 효율적인 유기농업 종합관리 체계를 구축하여 생산량과 품질을 향상시켜야만 한다.

본 연구에서는 시중에 유통되고 있는 친환경 유기농자재를 이용해 주요 단감 해충인 감꼭지나방과 톱다리개미허리노린재에 대한 살충 효과를 확인하였다. 이를 통해 살충 효과가 높은 친환경 유기농자재를 선발하고 단감 재배에 이용하고자 한다. 최종적으로, 화학 합성 농약의 사용을 경감하여 소비자에게 안전한 단감을 공급하고, 효율적인 약제 사용량을 측정하여 단감 재배시 해충 관리 비용을 절감하기 위해서 연구를 수행하였다.

재료 및 방법

실험 곤충

배추좀나방(*Plutella xylostella* L.)(Lepidoptera: Yponomeutidae)은 (주)팜한농 연구소에서 사육하는 개체를 분양 받았으며, 플라스틱 곤충사육상자(30×30×30 cm³)에서 사육하였다. 실내 사육 조건은 온도 25±1 °C, 습도 40~60%, 광주기 16:8 h(L:D)이며 열무(산나리, 종자업등록번호: 제10-안성-1997-10-01호)를 먹이로 공급하였다. 본 실험에서는 3-4령의 유충을 이용하였다.

톱다리개미허리노린재(*Riptortus pedestris* Fabricius)(Hemiptera: Alydidae)는 (주)팜한농 연구소에서 사육하는 개체를 분양 받았으며, 플라스틱 곤충사육상자(30×30×30 cm³)에서 사육하였다. 실내 사육 조건은 온도 25±1 °C, 습도 40~60%, 광주기 16:8 h(L:D)이며 백태와 강낭콩(웰빙강낭콩, 종자업등록번호: 12-98-13-01)을 키워 먹이로 공급하였다. 본 실험에서는 성충을 이용하였다.

감꼭지나방(*Stathmopoda masinissa* Meyrick)(Lepidoptera: Stathmopodidae) 유충은 2015년 감꼭지나방이 다발생하는 시기인 6월 말~7월 초, 8월 말~9월 초에 담양, 익산, 전주 지역

의 단감 재배지 및 독립수에서 피해 입은 과실과 가지에서 채집하였다. 본 실험에서는 4-5령의 유충을 이용하였다.

유기농자재

단감해충에 대한 친환경 유기농자재의 살충 효과 평가는 시중에 판매되고 있는 상품화된 제품을 구입하여 이용하였다 (Table 1). 살충 효과를 비교하기 위한 화학합성농약(CI)(WP, 목록 번호: 46-살충-288)은 buprofezine+dinotefura(20+15% WP) 이 주성분인 제품을 이용하였다. 11 종의 친환경 유기농자재는 주성분이 *Bacillus thuringiensis* subsp. *aizawai* NT0423(EFOP-11, 목록 번호: 공시-2-5-033)인 미생물 제제 한 종과 식물 추출물인 10 종을 이용하였다. 식물 추출물을 이용한 10 종의 친환경 유기농자재는 목초액(30%)과 식물 추출물(70%)의 혼합물(EFOP-1, 목록 번호: 11-유기-5-367), 회화나무, 양명아주, 멸구슬나무의 혼합 식물 추출물(90%)(EFOP-2, 목록 번호: 11-유기-5-333), 고삼 씨앗 추출물(70%)과 식물 추출물(30%)의 혼합물(EFOP-3, 목록 번호: 공시-2-5-020), 데리스 뿌리 추출물(EFOP-4, 목록 번호: 공시-1-5-011), 식물 추출물(EFOP-5), 님 추출물(60%)과 고삼 씨앗 추출물(40%)의 혼합물(EFOP-6, 목록 번호: 08-유기-5-028), 님 추출물(80%)(EFOP-7, 목록 번호: 공시-2-5-007), 고삼 추출물(95%)과 차나무 추출물(5%)의 혼합물(EFOP-8, 목록 번호: 08-유기-5-021), 회화나무, 양명아주, 멸구슬나무 (80%)의 혼합추출물(EFOP-9, 목록 번호: 공시-2-5-022), 고삼 추출물(20%), 데니스 추출물(10%)과 에틸알코올(47.5%)의

혼합물(EFOP-10, 목록 번호: 공시-2-5-12)를 이용하였다. 각 약제는 증류수를 이용하여 공시된 추천 희석배수, 추천 희석배수의 1/2과 1/4로 희석하여 처리하였다.

배추좀나방에 대한 살충력 검정

배추좀나방 유충은 감꼭지나방 유충의 대체충으로 이용하였는데, 감꼭지나방 유충에 대한 친환경 유기농자재 11 종의 살충 효과를 평가하기에 감꼭지나방 유충의 개체수 확보가 용이하지 않아, 먼저 배추좀나방 유충에 대해서 살충 효과가 높은 친환경 유기농자재를 선발하였다. 선발된 친환경 유기농자재는 감꼭지나방 유충에 대한 살충 효과 평가 실험에 이용하였다.

배추좀나방 유충에 대한 친환경 유기농자재의 살충성 검정은 먼저, 깨끗한 petri dish(60×15 mm²)에 filter paper(직경 60 mm)을 깔아주고 증류수를 200 μl를 처리해 습도를 유지하였다. 배추 잎(서울배추, 종자업등록번호: 경기 10-2006-10-37)을 직경 50 mm 크기로 자르고, 뒷면에 먼저 공시된 추천 희석 비율의 정량, 1/2, 1/4로 희석된 친환경 유기농자재 및 합성농약 살충제를 분무(0.25 ml/plate) 처리 하고, 처리된 부분을 filter paper와 접하게 올려주었다. 배추 잎 위에 배추좀나방 유충(3-4령)을 10 마리를 옮겨 주고, 바로 앞서 처리한 약제를 배추 잎 윗면과 배추좀나방에 골고루 처리 될 수 있도록 분무(0.25 ml) 처리하였다. 대조구는 증류수를 처리하여 비교하였다. 매일 24시간 주기로 3일 동안 생충율을 확인하였다. 모든 처리는 25±2℃와 습도 60±5%의 실험실 조건에서 3 반복으로 진행하였다.

Table 1. List of eco-friendly organic pesticides and chemical insecticide tested in this study

Agent	Recommended concentration	Active ingredients and composition rate
CI*	2000×	Buprofezin (20%), Dinotefuran (15%), surfactant, Diluent (65%)
EFOP-1**	1000×	Pyroligneous liquor (30%), Plant extract (70%)
EFOP-2	1000×	Plant extract (Chinese scholar tree, Goosefoot, Subtripinnata) (90%)
EFOP-3	1000×	Sophora seed extract (70%), Plant extract (30%)
EFOP-4	1000×	Derris extract
EFOP-5	1000×	Plant extract
EFOP-6	2000×	Neem extract (60%), Sophora seed extract (40%)
EFOP-7	1000×	Neem extract (80%), etc (20%)
EFOP-8	1000×	Sophora extract (95%), Tea tree extract (5%)
EFOP-9	1000×	Plant extract (Chinese scholar tree, Goosefoot, Subtripinnata) (80%)
EFOP-10	1000×	Sophora extract (20%), Derris extract (10%), Ethyl alcohol (47.5%)
EFOP-11	500×	<i>Bacillus thuringiensis</i> subsp. <i>aizawai</i> NT0423, Diluent (90%)

*CI: chemical insecticide (Buprofezin + dinotefuran 20+15 WP)

**EFOP: eco-friendly organic pesticide

톱다리개미허리노린재에 대한 살충력 검정

톱다리개미허리노린재에 대한 친환경 유기농자재의 살충성 검정은 다음과 같이 진행하였다. 깨끗한 breeding dish(100×40 mm²)에 filter paper(직경 90 mm)를 깔아주고 증류수를 200 µl를 처리해 습도를 유지하였다. 이 breeding dish에 톱다리개미허리노린재 성충 10 마리를 넣어주고, 매주콩 2 개를 넣어주었다. Breeding dish에 공시된 추천 희석비율의 정량, 1/2, 1/4로 희석된 친환경 유기농자재 및 합성농약 살충제를 0.5 ml 분무 처리하였다. 대조구는 증류수를 처리하여 비교하였다. 매일 24 시간 주기로 10 일 동안 생충율을 확인하였다. 모든 처리는 25±2℃와 습도 60±2%의 실험실 조건에서 3 반복으로 진행하였다.

감꼭지나방에 대한 살충력 검정

감꼭지나방 유충에 대한 친환경 유기농자재의 살충성 검정은 배추좀나방 유충과 톱다리개미허리노린재에 대해 살충 효과평가를 통해 선발한 유기농자재를 이용하였다. 감꼭지나방 유충에 대한 검정은 filter paper(직경 60 mm)를 깔아준 깨끗한 petri dish(60×15 mm²)에 1 cm³ 크기의 인공 먹이(Park, 2002) 1개를 넣어 주고, 감꼭지나방 유충 5 마리를 넣어주었다. Petri dish 안의 감꼭지나방 유충과 5 cm 떨어진 거리에서 분무기로

공시된 추천 희석배수의 정량, 1/2, 1/4로 희석하여 1.0 ml 분무 처리해주었다. 대조구는 증류수를 처리하여 비교하였다. 매일 24시간 주기로 10 일 동안 생충율을 확인하였다. 모든 처리와 25±2℃와 습도 60±2%의 실험실 조건에서 3 반복으로 진행하였다.

통계분석

배추좀나방, 감꼭지나방, 톱다리개미허리노린재에 대한 친환경 유기농자재 및 합성농약 살충제의 살충 효과 검정 실험에서 확보한 생충율에 대하여 요인분석(ANOVA)과 Tukey's HSD test로 처리평균간 유의성 차이를 검정하였다. 유의성은 α=0.05에서 검정하였으며 분석 결과는 평균±표준 편차로 표기하였다(SPSS, 2003).

결과

배추좀나방에 대한 살충 효과

친환경 유기농자재 선발을 위해서 각 친환경 유기농자재의 추천배수로 희석하여 배추좀나방 유충에 대한 살충 효과를 확인한 결과(Fig. 1a), 처리 후 3일차에 EFOP-1, EFOP-2, EFOP-11 처리구에서 배추좀나방 유충의 생충율이 10% 미만으로 확인

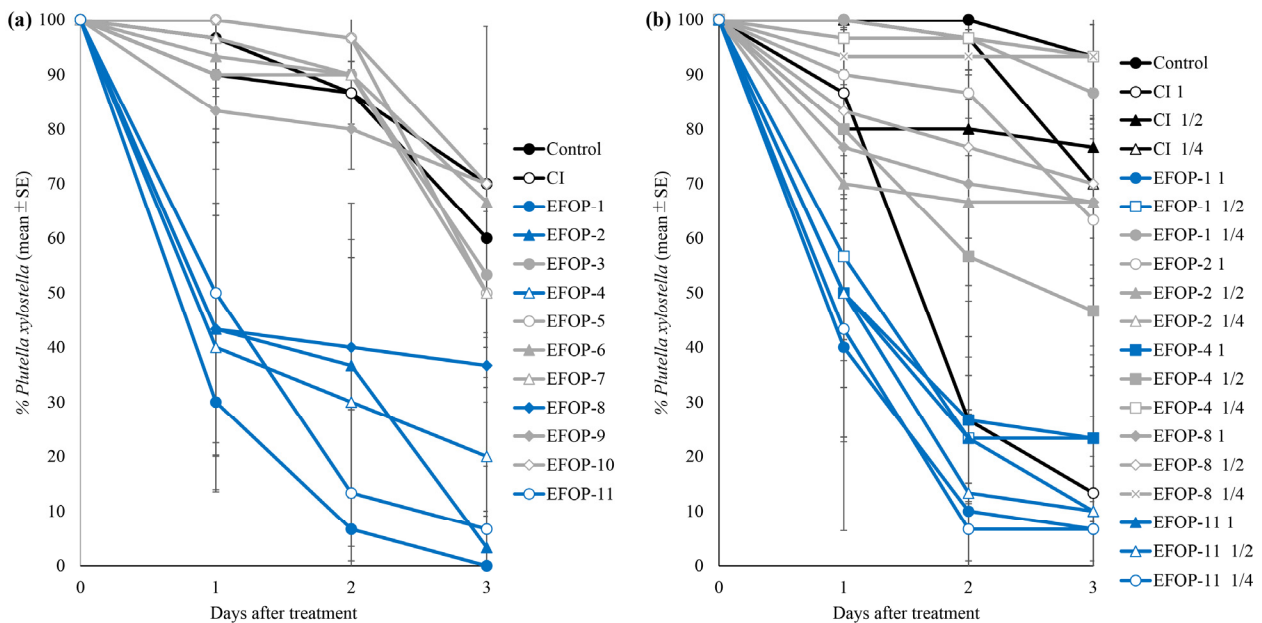


Fig. 1. Insecticidal activity of plant-derived biopesticides and microbial pesticide against *Plutella xylostella* larvae (Mean survival rate ± SE) in laboratory conditions. (a) spray at recommended dilution rates and (b) spray at recommended rate (RR), 1/2 and 1/4 of the RR.

되었고, EFOP-4과 EFOP-8의 처리구에서는 각각 20%, 37%의 생충율을 보여 높은 살충 효과를 보였다. 하지만, 화학약제인 CI와 여섯 종의 친환경 유기농자재(EFOP-3, EFOP-5, EFOP-6, EFOP-7, EFOP-9, EFOP-10)의 처리구에서는 3일차에 50% 이상의 배추좀나방의 생충율을 보여 낮은 살충 효과를 보였다 ($F_{12,104} = 29.751, p < 0.001$). 높은 살충 효과를 보인 EFOP-1, EFOP-2, EFOP-4, EFOP-8, EFOP-11은 희석 배율에 따른 배추좀나방 유충에 대한 살충 효과를 평가하기 위하여 선발하였다.

선발된 다섯 종의 친환경 유기농자재의 희석 배율에 따른 배추좀나방 유충에 대한 살충 효과를 확인한 결과(Fig. 1b), 처리 후 3일차에 EFOP-2와 EFOP-8은 모든 희석 처리구에서 생충율이 63.3% 이상으로 살충 효과가 낮았으며, EFOP-1은 추천 배수 희석 처리구에서 생충율이 6.7%로 나타났고, EFOP-11은 모든 희석 처리구에서 생충율이 10.0% 이하로 나타나 높은 살충 효과를 보였다($F_{18,228} = 37.075, p < 0.001$).

본 실험을 통해 EFOP-1, EFOP-11가 배추좀나방에 대한 높은 살충 효과가 확인되었으며, 이 결과를 바탕으로 감꼭지나방에 대한 친환경 유기농자재 살충 효과 평가를 위한 실험 약제를 EFOP-1과 EFOP-11로 최종 선발하였다.

톱다리개미허리노린재에 대한 살충 효과

공시된 추천배수 정량으로 희석한 친환경 유기농자재의 톱다리개미허리노린재 성충에 대한 살충 효과 평가를 진행한 결

과(Fig. 2a), 처리 후 7일차에 생충율은 EFOP-2 처리구에서 0.0%, EFOP-9 처리구에서 6.7%, EFOP-10 처리구에서 13.3%로 높은 살충효과를 확인하였다. 반면, 이외의 친환경 유기농자재 처리구에는 생충율이 40.0%로 낮은 살충효과를 확인하였다($F_{12,286} = 26.506, p < 0.001$). 높은 살충 효과를 보인 EFOP-2, EFOP-9, EFOP-10은 희석 배율에 따른 톱다리개미허리노린재 성충에 대한 살충 효과를 평가하기 위하여 선발하였다.

선발된 세 종의 친환경 유기농자재의 희석 배율에 따른 배추좀나방 유충에 대한 살충 효과를 확인한 결과, 처리 후 7일차에 생충율은 EFOP-2의 추천 배수 정량 희석 처리구에서 20.0%로 가장 높은 살충 효과를 보였고, 이외의 처리구에서는 43.3% 이상으로 낮은 살충 효과를 보였다($F_{12,286} = 73.513, p < 0.001$). 이 결과를 통해 톱다리개미허리노린재 성충에 대한 살충 활성이 높은 친환경 유기농자재는 회화나무, 양명아주, 멸구슬나무의 혼합 식물 추출물(90%)인 EFOP-2를 확인하였고, 감꼭지나방에 대한 살충 효과를 평가를 하기 위해 선발하였다.

감꼭지나방에 대한 살충 효과

감꼭지나방 유충에 대한 살충 효과는 1차적으로 배추좀나방 유충을 이용해 선발된 EFOP-1, EFOP-11을 이용하였다. 선발한 EFOP-1과 EFOP-11의 희석 배율에 따른 감꼭지나방 유충에 대한 살충효과를 확인한 결과(Fig. 3a and Fig. 4), 모든 처리구에서 5일차까지 생충율이 70%로 살충 효과가 낮았으며 처리

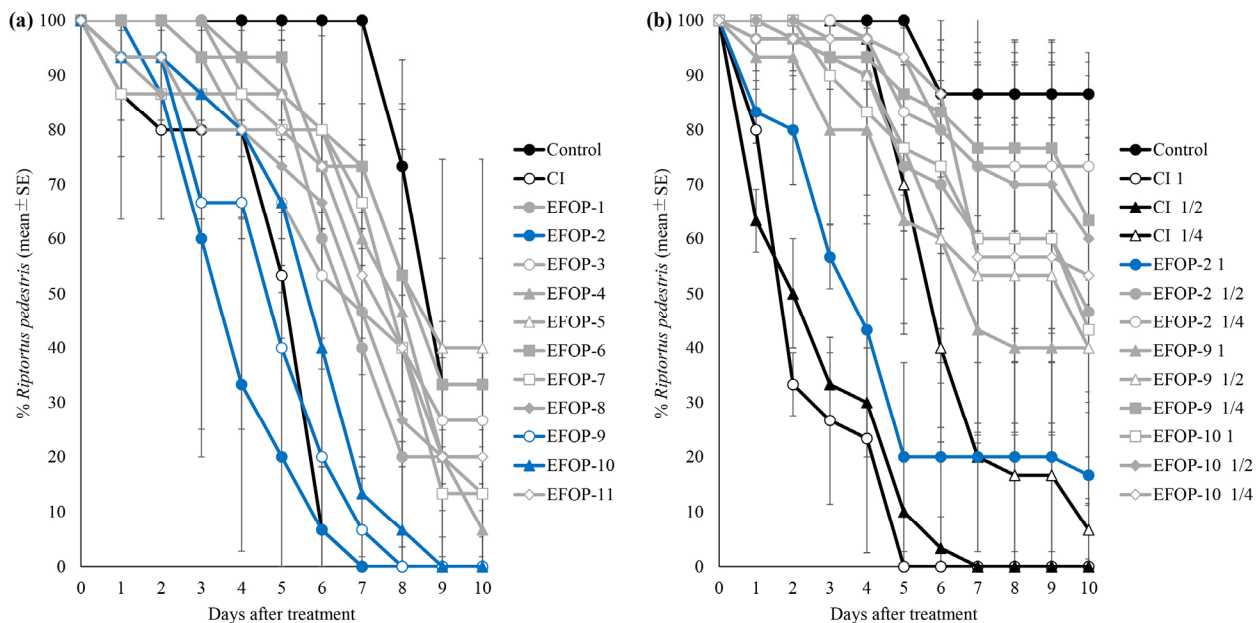


Fig. 2. Insecticidal activity of plant-derived biopesticides and microbial pesticide against *Riptortus pedestris* adults (Mean survival rate ± SE) in laboratory conditions. (a) spray at recommended dilution rates and (b) spray at recommended rate (RR), 1/2 and 1/4 of the RR.

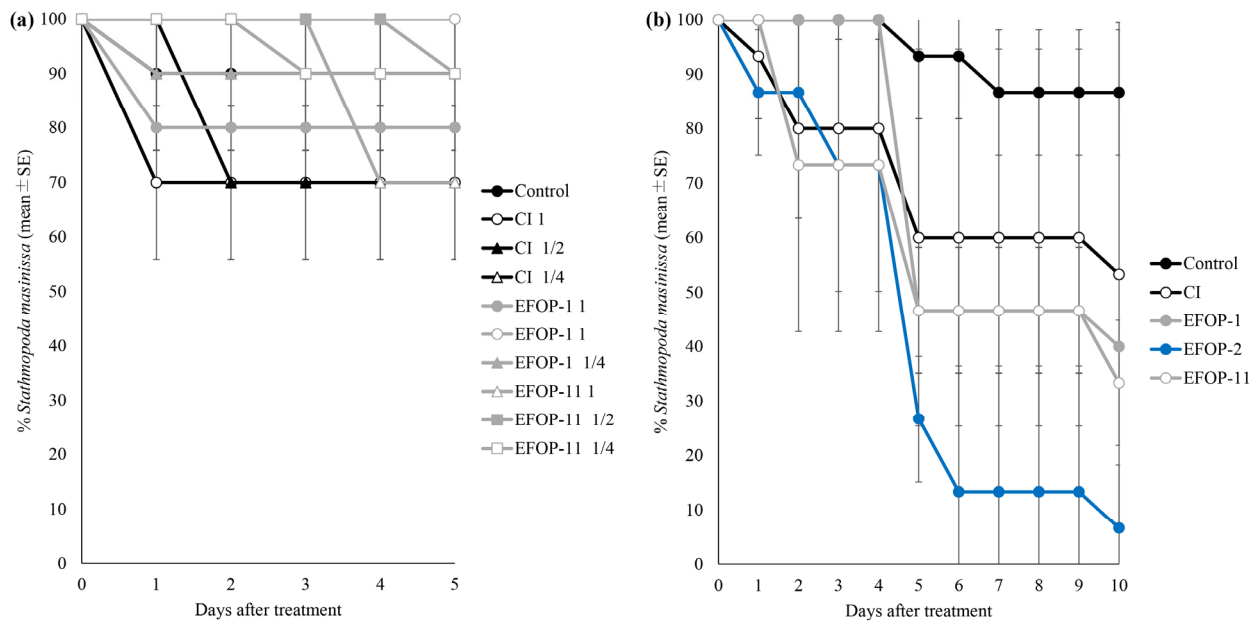


Fig. 3. Insecticidal activity of plant-derived biopesticides and microbial pesticide against *Stathmopoda masinissa* larvae (Mean survival rate \pm SE) in laboratory conditions. (a) spray at recommended dilution rates and (b) spray at recommended rate (RR), 1/2 and 1/4 of the RR.

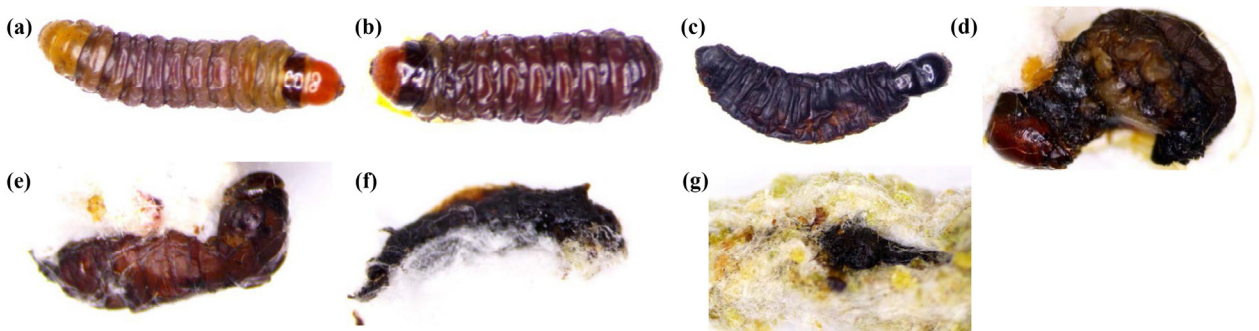


Fig. 4. Symptoms of eco-friendly organic material-treated *Stathmopoda masinissa* larvae. (a), D.W. (control); (b), CI (buprofezine+dinotefuran WP) at recommend rate (RR); (c), CI at 1/2 of RR; (d), EFOP-1 at RR; (e), EFOP-1 at 1/2 of RR; (f), EFOP-11 at RR and (g), EFOM-11 at 1/2 of RR.

구 간의 큰 차이는 보이지 않았다($F_{9, 60} = 7.615, p < 0.001$).

2차 실험에서는 배추좀나방 유충과 톱다리개미허리노린재 성충에 대한 살충 효과를 확인한 EFOP-1, EFOP-2, EFOP-11를 이용하였다. 추천 배수의 정량으로 희석하여 살충 효과를 평가한 결과(Fig. 3b), 약제 처리 후 5일차에 CI, EFOP-1, EFOP-11에서는 생충율이 46.7%로 낮은 살충 효과를 보였으나, EFOP-2에서는 약제 처리 5일차에 생충율이 26.7%를 보여 가장 높은 살충 효과를 확인하였다($F_{4, 110} = 31.156, p < 0.001$).

고찰

감꼭지나방 유충의 개체수를 확보하기 위하여 채집을 진행한 결과, 대규모 농장에서는 개체수를 확보하기 어려웠지만 길

가의 독립수나 소규모로 감을 재배하는 농장에서는 개체수를 확보할 수 있었다. 감꼭지나방 유충은 감꼭지 부분부터 과육을 파먹고 들어가 피해를 주어 과실을 조기에 낙과시키며 식입 구멍으로 배설물을 배출을 하는데(Bae, 1997), 채집시 피해 과실이나 배설물이 보이는 가지 부분에서 감꼭지나방을 확보할 수 있었다. 단감 한 그루당 5~20 개체의 감꼭지나방의 유충이 채집되었다.

본 실험에서는 다량의 감꼭지나방 유충의 개체수 확보가 어려워, 1차적으로 같은 나비목 곤충인 배추좀나방 유충(접촉독과 섭식독을 모두 평가할 수 있는 실험 곤충)을 대체 실험 곤충으로 하여 실험 유기농자재들의 살충효과를 평가하였다. 선발된 유기농자재를 이용하여 확보 가능한 수준의 감꼭지나방에 대한 살충 효과를 평가하여, 최종적으로 회화나무, 양명아주,

멸구슬나무의 혼합추출물인 유기농자재 EFOP-2를 선발하였다. 본 spray assay 방법을 통하여 효과가 확인된 유기농자재는 실제 단감 포장조건에서 감꼭지나방이 부화하여 유충이 감 표면에 존재하는 경우와 감꼭지나방 유충이 약제가 살포된 감 꼭지부분이나 과실 표면을 섭식하는 경우에 살충효과를 기대할 수 있다. 상기 식물추출물은 접촉독과 섭식독이 있는 성분들을 가지고 있으며, 식물 추출물의 특성상 기존의 피레스린 계열과 마찬가지로 광에 의한 불활성화가 빠르게 나타날 수도 있는 가능성이 있으나, 현재 다른 원예작물의 주요 해충 방제에 널리 사용되는 점을 감안한다면, 급격한 약효 감소는 일어나지 않을 것으로 판단된다. 현재 포장 조건에서의 약효 평가가 진행중이며, 이를 바탕으로 최종적인 적용 가능성을 검토할 수 있을 것으로 기대된다.

감꼭지나방 유충에 대한 친환경 유기농자재의 살충 효과 평가 결과에서 배추좀나방 유충에 비해 살충 효과가 낮게 나타나는 것을 확인할 수 있었다. 2차에 걸쳐 감꼭지나방에 대한 친환경 유기농자재의 살충 효과를 확인한 결과, 1차 실험에서는 배추좀나방 유충에 대한 살충 효과 평가에서와 같이 0.5 ml의 약제 처리를 하였지만, 약제 처리구에서 5일차에 생충율이 70% 이상으로 낮은 살충 효과를 보였다. 2차 실험에서는 1 ml의 약제 처리를 통해 살충 효과를 평가한 결과, 약제 처리구에서 5일차에 26.7-60.0%의 생충율을 보여, 살충 효과가 증가한 것을 확인하였다. 이는 감꼭지나방이 다른 실험충보다 약제에 대한 감수성이 낮은 것으로 보여 처리량을 2배수로 증가시켜 실험을 진행한 결과이다. 또한 감꼭지나방 유충의 경우 감을 가해하고 과실 안쪽으로 들어가므로 약제 처리를 하여도 직접적인 접촉이 어려워 방제하는데 어려움을 겪을 것으로 보인다. 이러한 이유로 감꼭지나방을 방제하기 위해서는 발생시기에 맞춰 성충을 방제하거나 유충을 직·간접적으로 방제할 수 있는 방법을 모색해야 할 것이다.

본 실험에서 사용된 화학합성농약(CI)은 감꼭지나방과 배추좀나방에 대한 살충력이 낮은 것으로 확인되었지만, 톱다리개미허리노린재의 경우 정량, 1/2 희석 처리구는 5일차에 10% 미만, 1/4 희석 처리구는 7일차에 20%의 생충율을 보여 높은 살충 효과를 확인할 수 있었다. 이는 주성분 중 buprofezin (2-tert-butylimino-3-isopropyl-5-phenyl-3,4,5,6-tetrahydro-2-thiadiazine-4-one)이 노린재목 해충에 대해 효과적인 살충성을 가지고 있기 때문인 것으로 판단된다(Ishaaya et al., 1989). CI의 성분인 buprofezin과 dinotefuran(MTI-446, 1-methyl-2-nitro-3-(tetra-hydro-3-furylmethyl)guanidine)은 넓은 범위의 곤충에 대해서 살충력을 가지고 있는데(Ishaaya et al., 1989; Yamada et al., 1999), 본 실험에서는 배추좀나방과 감꼭지나방에 대해서

높은 살충 효과를 보여주지는 못하였다. 이는 차후 실험에서의 화학합성농약 중 나비목 해충을 포함한 넓은 범위의 살충성이 있는 약제를 이용해야 할 것으로 보인다.

본 연구를 통해 미생물제제 EFOP-11의 주성분인 *Bacillus thuringiensis*는 비교적 넓은 기주범위를 가지고 있지만, 주로 나비목, 딱정벌레목, 파리목에 생물농약으로 이용되고 있다(Höfte and Whiteley, 1989). 본 실험에서는 나비목인 배추좀나방에 대한 살충 효과는 높았으며, 감꼭지나방에 대한 살충 효과는 10일차에 33.3%의 생충율으로 크게 높지는 않았다. 톱다리개미허리노린재에 대한 살충 효과가 낮은 것으로 확인되어, *B. thuringiensis*가 노린재류에서는 낮은 살충력을 가지는 것을 확인하였다. 때문에 단감해충 중 노린재류 해충에는 방제하기 위한 약제로는 적합하지 않을 것으로 판단된다. 미생물제제를 이용하고자 한다면 살충 스펙트럼이 넓은 미생물제제를 이용하는 것이 해충방제의 한 방법으로 이용할 수 있을 것이다. 이들 미생물제제 중 스펙트럼이 넓은 곤충병원성 진균을 이용하는 것이 한 방법이 될 수 있을 것으로 보이지만, 환경조건 의존성, 농약에 의한 억제 등 환경에 따라 효과의 차이가 크기 때문에 실제 포장에서 활용하기 위한 연구가 필요하다(Faria and Wraight, 2001).

또한 본 실험에서 감꼭지나방 유충과 톱다리개미허리노린재 성충에 대해서 가장 높은 살충 효과를 보인 친환경 유기농자재는 회화나무, 양명아주 그리고 멸구슬나무의 혼합추출물을 주성분으로 하는 EFOP-2이었다. 또한 EFOP-9도 EFOP-2와 같은 성분을 가진 혼합추출물을 이용하는데, EFOP-9의 경우 톱다리개미허리노린재에 대한 살충성은 높았지만 감꼭지나방 유충의 대체충인 배추좀나방 유충에 대한 살충 효과가 낮아 선발되지 않았다. 이는 같은 추출물로 제조된 약제이지만, EFOP-2의 경우 성분의 90%가 혼합추출물이고, EFOP-9의 경우 성분의 80%가 혼합추출물인 것을 확인할 수 있다. 멸구슬나무와 고삼을 주원료로 하는 자재의 경우 조합된 비율에 따라 다른 살충 활성이 나타날 수 있다고 보고 되어 있는데(Hwang et al., 2009), 이는 EFOP-2와 EFOP-9가 같은 성분을 함유하지만 성분의 비율에 따라 각기 다른 살충성을 보이는 것에 대한 이유를 설명할 수 있다.

본 연구에서 EFOP-2가 감꼭지나방과 톱다리개미허리노린재에 대한 높은 살충 효과가 있는 것을 확인하였다. EFOP-2는 회화나무, 양명아주, 멸구슬나무의 식물 추출물을 활용한 친환경 유기농자재인데, 멸구슬나무의 추출물은 오이충채벌레와 배추좀나방에 대한 살충활성이 있다고 보고 되었고(Hwang et al., 2009), 양명아주의 추출물은 복숭아혹진딧물에 대한 강한 살충활성을 가졌다(Chiasson et al., 2004). 회화나무(*Sophora*

japonica)는 고삼(*Sophora flavescens*)과 같은 *Sophora* 속에 속하는데, 고삼 추출물을 함유한 제제들은 섭식저해 활성과 살충력이 높다고 보고되어 있는데, 목화진딧물(*Aphis gossypii*), 복숭아혹진딧물(*Myzus persicae*), 배추좀나방(*P. xylostella*), 점박이응애(*Tetranychus urticae*), 툭다리개미허리노린재(*R. pedestris*) 등 다양한 해충에 살충활성을 나타내는 것이 보고되었다(Kim et al., 2015). 보고된 것과 같이 다양한 해충에 대해서 살충활성이 높았던 식물 추출물을 혼합하여 활용하였기 때문에 본 실험의 해충에 대한 살충활성도 높았던 것으로 생각된다. 이는 다양한 해충에 대한 방제가 필요한 단감 포장에 적용하기에 적합한 제제로 활용할 수 있을 것이다. 하지만 친환경 유기농자재가 무당벌레(Banken and Stark, 1997), 이리응애(Hwang et al., 2009) 등과 같은 천적과 화분매체충인 꿀벌에도 영향을 미쳐 밀도의 감소와 활동성이 저하되기도 하기 때문에 이들 유용 곤충에 대한 친환경 유기농자재의 살충 효과도 평가하는 것 또한 필요할 것으로 보인다(Abrol and Andotra, 2001; Lee et al., 2008). 이러한 이유로 친환경 유기농자재를 실제 단감 포장에서 적용시키기 위해서는 다양한 해충에 높은 살충 효과를 보이며, 꿀벌과 천적 등 유용 곤충에 대한 살충 효과가 낮아야 한다. 또한 해충의 발생 양상과 유용 곤충들의 활동 시기를 파악하여 적절한 시기에 약제를 이용하는 방법을 통해 해충 방제 효과에 대하여 연구를 진행해야 할 것이다.

하지만, 기존에 이용되어 온 화학 합성 농약을 친환경 유기농자재로 바로 대체할 수 없기 때문에 단계적인 대체를 해야 할 것이다. 이는 친환경 유기농자재를 이용한 해충 방제는 다소 효과가 낮기 때문이며, 이를 보완하기 위해 화학 합성 농약은 이용하지만 화학 합성 농약 처리량을 줄이고 친환경 유기농자재로 줄인 처리량을 대체하는 것이 한 방법일 것이다. 이를 확인하고자, 현재 단감포장에서 본 연구를 통하여 선발된 친환경 유기농자재와 화학 합성 농약의 교호 살포 횟수에 따라 발생하는 단감 해충의 발생 빈도를 확인하고 있으며, 이를 통해 효과적인 교호 살포 비율을 산출할 수 있을 것이다. 적은 양의 화학 합성 농약을 이용해 효과적인 단감 해충 방제한다면, 안전하고 높은 품질의 단감을 생산할 수 있고 친환경 재배에 대한 소비자의 인식을 변화시켜 단감 소비를 증진시킬 수 있을 것이다. 이를 통해 농민은 소득 증대 효과를 기대할 수 있으며, 소비자는 안전한 식품을 공급받을 수 있을 것이다.

결론적으로, 단감을 재배하기 위해서는 많은 부분을 고려하여 병해충 방제를 해야 하며, 본 연구를 통해 단감 해충에 적용할 수 있는 친환경적 방제제를 이용하여 기존에 유기화학합성 농약에 대한 의존도를 단계적으로 줄여 안전한 단감을 생산하고 생산에 대한 경쟁력을 증가시키는데 기여하고자 한다. 또한

친환경적인 생산을 통해 소비자들의 안정성에 대한 욕구를 충족시켜 소비를 증대시킬 수 있을 것이다.

사 사

본 연구는 농촌진흥청 연구사업(과제번호: PJ011399012015, 과제명: 단감 안전생산을 위한 합성농약 사용 경감기술 개발)의 지원으로 수행한 결과입니다.

Literature Cited

- Abrol, D.P., Andotra, R.S., 2001. Field toxicity of pesticides to honeybee, *Apis mellifera* L. Foragers. Korean J. Apic. 16, 19-26.
- Bae, S.D., 1997. Comparison in damaged aspect of wild persimmon fruit by second generation larva of persimmon fruit moth, *Stathmopoda masinissa* Meyrick. RDA. J. Crop. Prot. 39, 57-60
- Banken, J.A.O., Stark, J.D., 1997. Stage and age influence on the susceptibility of *Coccinella septempunctata* (Coleoptera: Coccinellidae) after direct exposure to meemix, a neem insecticide. J. Econ. Entomol. 90, 1102-1105.
- Chiasson, H., Vincent, C., Bostanian, N.J., 2004. Insecticidal properties of a Chenopodium-based botanical. J. Econ. Entomol. 97, 1378-1383.
- Choi, D.S., Kim, D.I., Ko, S.J., Kang, B.R., Lee, K.S., Park, J.D., Choi, K.J., 2012. Occurrence ecology of *Ricania* sp. (Hemiptera: Ricaniidae) and selection of environmental friendly agricultural materials for control. Kor. J. Appl. Entomol. 51(2), 141-148.
- Faria, M., Wraight, S.P., 2001. Biological control of *Bemisia tabaci* with fungi. Crop Protect. 20, 767-778.
- Forestry Research Institute, 1995. A list of insect pests of trees and shrubs in Korea. Forestry Research Institute, Seoul.
- Höfte, H., Whiteley, H.R., 1989. Insecticidal crystal proteins of *Bacillus thuringiensis*. Microbiol. Rev. 53, 242-255.
- Hwang, I.C., Kim, J., Kim, H.M., Kim, D.I., Kim, S.G., Kim, S.S., Jang, C., 2009. Evaluation of toxicity of plant extract made by neem and matrine against main pests and natural enemies. Korean J. Appl. Entomol. 48, 87-94.
- Ishaaya, I., Blumberg, D., Yarom I., 1989. Buprofezin - a novel IGR for controlling whiteflies and scale insects. Med. Fac. Landbouww. Rijksuniv. Gent. 54, 1003-1008.
- Jeon, H.Y., Kim, H.H., 2006. Damage and seasonal occurrence of major insect pests by cropping period in environmentally friendly lettuce greenhouse. Korean J. Appl. Entomol. 45, 275-282.
- Kim, I.S., Kim, I.S., 2009. Status and future prospects of pest control agents in environmentally-friendly agriculture, and importance of their commercialization. Korean J. Environ. Agric. 28, 301-309.
- Kim, Y.H., Na, Y.E., Kim, M.J., Choi, B.R., Jo, H.C., Kim, S.I.,

2015. Evaluation of insecticidal and antifeeding activities of eco-friendly organic insecticides against agricultural insect pests. *Korean J. Appl. Entomol.* 54(2), 99-109.
- Lee, D.H., Kang, E.J., Kang, M.K., Lee, H.J., Seok, H.B., Seo, M.J., Yu, Y.M., Youn, Y.N., 2008. Effects of environment friendly agricultural materials to insect natural enemies at small green houses. *Kor. J. Appl. Entomol.* 47(1), 75-86.
- Lee, D.W., Choi, H.C., Kim, T.S., Park, J.K., Park, J.C., Yu, H.B., Lee, S.M., Choo, H.Y., 2009. Effect of some herbal extracts on entomopathogenic nematodes, silkworm and ground beetles. *Korean J. Appl. Entomol.* 48(3), 335-345.
- Lee, K.C., Kang, C.H., Lee, D.W., Lee, S.M., Park, C.G., Choo, H.Y., 2002. Seasonal occurrence trends of hemipteran bug pests monitored by mercury light and aggregation pheromone traps in sweet persimmon orchards. *Korean J. Appl. Entomol.* 41: 233-238.
- Lee, S.C., 2012. Sweet persimmon science and health. Cheongwoon Publishing Co, Jinju, Gyeongnam.
- Lü, M., Wu, W., Liu, H., 2013. Insecticidal and feeding deterrent effects of fraxinellone from *Dictamnus dasycarpus* against four major pests. *Mol.* 18, 2754-2762.
- MAFRA (Ministry of agriculture, food and rural affairs), 2015. The certificated amount of eco-friendly agricultural products. (in Korean) www.mafra.go.kr
- Park, E.C., 2002. Ecological Characteristics of the Persimmon Fruit Moth, *Stathmopoda masinissa* Meyrick (Lepidoptera; Stathmopodidae), a Major Insect Pest of *Diospyros kaki*. Unpublished master's thesis, Chongbuk National University, Cheongju.
- Park, J.G., Lim, T.H., Choi, Y.H., Jung, Y.H., Park, C.G., Choo, H.Y., Lee, D.W., 2009. Occurrence and damage of Japanese gall-forming thrips, *Ponticulothrips diospyrosi* Haga et Okajima (Thysanoptera: Thripidae) in persimmon orchards. *Korean J. Appl. Entomol.* 48, 431-437.
- Park, Y.H., Choi, K.M., Lee, Y.I., Lee, M.H., Han, S.C., Ahn, S.B., Park, C.S., Lee, S.W., 1988. Ecology and control of fruit tree insect pests with colour plates. Agricultural Sciences Institute, Suwon, Korea.
- Scott, I.M., Jensen, H., Scott, J.G., Isman, M.B., Arnason, J.T., Philogène, B.J., 2003. Botanical insecticides for controlling agricultural pests: piperamides and the Colorado Potato Beetle *Leptinotarsa decemlineata* say (Coleoptera: Chrysomelidae). *Arch. Insect Biochem. Physiol.* 54, 212-225.
- Sivasubramanian, A., Gadepalli, N.K., Rathnasamy, R., Campos, A.M., 2013. A new antifeedant clerodane diterpenoid from *Tinospora cordifolia*. *Nat. Prod. Res.* 27, 1431-1436.
- SPSS Institute, 2003. SPSS version 12.0. SPSS Inc. Chicago, IL., U.S.A.
- Yamada, E., Kodaka, K., Kinoshita, K., Wakita, T., Kawahara, N., Yasui N., 1999. Synthesis and activity of novel insect control compound MTI-446 and its derivatives, Annual Meeting of Pesticide Science Society of Japan (Abstracts), pp. 86.