

농업해충에 대한 친환경유기농자재들의 살충력 및 섭식저해력 평가

김유화 · 나영은¹ · 김민준 · 최병렬² · 조형찬³ · 김순일*

(주)나리소 연구개발전담팀, ¹농촌진흥청 연구운영과, ²국립농업과학원 작물보호과, ³우석대학교 보건복지대학 재활학과

Evaluation of Insecticidal and Antifeeding Activities of Eco-friendly Organic Insecticides Against Agricultural Insect Pests

Yoo Hwa Kim, Young-Eun Na¹, Min Joon Kim, Byung Ryul Choi², Hyeong-Chan Jo³ and Soon-Il Kim*

Team of Research & Development, Nareso Co., Ltd., Suwon, 441-853 Korea

¹R&D Coordination Division, RDA, Jeonbuk, 565-851 Korea

²National Academy Agricultural Science, Jeonju, Jeonbuk, 565-851 Korea

³Department of Rehabilitation Welfare, College of Health Sciences and Social Welfare, Woosuk University, Jeonbuk, 565-701 Korea

ABSTRACT: Insecticidal and antifeeding activities of 29 commercialized eco-friendly organic products for managing plant diseases and insect pests against *Plutella xylostella* larvae, *Spodoptera exigua* larvae, *Frankliniella occidentalis* adults, and *Myzus persicae* adults were tested using spraying and leaf dipping bioassays under laboratory conditions. Products containing 60% Sophora extract (EOIS) and mixtures (EOISm) with Sophora extract, *Stemona japonica* extract, *Melia azedarach* extract, and *Nepeta cataria* extract as well as mixtures (EOISc) with Sophora extract, *Chenopodium ambrosioides* extract, and *Melia azedarach* extract as active ingredients showed strong insecticidal activity at recommended concentration against *P. xylostella* larvae. At half concentration, their insecticidal activities were decreased under 50%. The EOIS gave good insecticidal activity against *S. exigua* larvae and also showed 85% and 95% insecticidal activity at 24 and 48 hours after treatment to *F. occidentalis* adults, respectively. For *M. persicae* adults, EOISm and mixtures (EOIR) containing rape seed extract, neem extract, and castor oil produced 93% and 68% insecticidal activity, but their activities did not be increased at double concentration. EOISm only showed 100% contact toxicity against *M. persicae* adults exposed to dipping leaves. Interestingly, the insecticidal activity of EOIR and EOICi (citronella oil and derris extract) against *M. persicae* adults was increased with exposed time and concentration. In addition, EOICe (cedar oil), EOIS, EOISm, EOISc, EOIM (microorganism), EOIR, EOIPe (plant extract), and EOIT (tea tree extract) gave strong antifeeding activity against *S. exigua* and *P. xylostella* larvae. EOIB, EOIBs, EOIM, EOICi, and EOIMc showed above 70% antifeeding activity to the lepidopteran larvae. These results indicate that mixtures containing 2 to 3 plant extracts with Sophora extract show good activities against insect pests, although the difference of insecticidal and antifeeding activities was produced depending on both a tested insect species and an active ingredient or concentration.

Key words: Eco-friendly organic insecticides, Plant extract, Insecticidal activity, Antifeeding activity, Sophora mixtures

조 록: 충해 또는 병충해 관리용 친환경유기농자재로 목록공시된 제품 29종의 배추좀나방과 파밤나방 유충, 복숭아혹진딧물 성충, 꽃노랑총채벌레 성충에 대한 살충과 섭식저해활성을 분무법과 잎침지법을 이용하여 실내에서 평가하였다. 배추좀나방 유충에 대해 추천농도 분무 또는 잎침지 시 유효성분으로 고삼 추출물 60% 단제(EOIS)와 고삼의 3종 식물 추출물(백부근, 멀구슬나무, 개박하, EOISm) 및 고삼의 2종 식물추출물(EOISc)을 함유한 혼합제의 살충력이 우수했다. 하지만 반량 처리 시 그 활성은 50% 이하로 감소되었다. 파밤나방 유충에 대해서는 고삼 60% 단제(EOIS)만이 우수한 살충력을 보였고, 비슷하게 꽃노랑총채벌레 성충에 대해 잎침지 후 24시간과 48시간 노출 시 85%와 95%의 살충력을 나타냈다. 복숭아혹진딧물 성충에 대한 분무시험에서 고삼 외 3종 혼합제(EOISm)와 유채의 2종 혼합제(EOIR)가 93%와 68% 살충력을 보였는데, 농도를 배량 증가시켜도 살충력은 크게 향상되지 않는 경향을 보였다. 추천농도 잎침지에서는 고삼의 3종 혼합제(EOISm)만이 100%의 강한 접촉독성을 나타냈는데, 노출 시간과 농도를 증가시키면 시트로넬라오일의 1종(EOICi)과 유채의 2종 혼합제(EOIR)들의 살충력이 증가하였다.

*Corresponding author: weed90@hanmail.net

Y.H. Kim and Y.-E. Na contributed equally to this work.

Received May 8 2015; Revised May 12 2015

Accepted May 15 2015

홍미롭게도 cedar oil 16%(EOICe), 고삼 60% 단제(EOIS), 고삼의 3종 혼합제(EIOSm), 고삼의 2종 혼합제(EOISc), 미생물 89.62%(EOIM), 유채의 2종 혼합제(EOIR), 식물추출물(EOIpe), 차나무추출물 48%(EOIT)제 등은 파밤나방에 대해 분무처리 시 강한 섭식저해활성을 나타냈다. 또한 배추좀나방 유충에 대해서도 이들 혼합제들 이외에 3종 미생물제들(EOIB, EOIM, EOIBs)과 시트로넬라오일의 1종(EOICi), 겨자의 2종(EOIMc) 등의 식물 추출물 혼합제들이 70% 이상의 섭식저해활성을 나타냈다. 이상의 결과, 대상 곤충 종 및 유효성분이나 처리량에 따라 살충력과 섭식저해력이 차이를 보였으나, 전체적으로 고삼추출물의 2-3종 식물추출물을 복합적으로 함유한 혼합제들의 유효력이 우수하게 나타남을 알 수 있었다.

검색어: 친환경유기농자재, 식물 추출물, 살충활성, 섭식저해활성, 고삼 복합제

최근 농산물 안전성에 대한 국민들의 관심이 증가하면서 친환경 농산물의 생산 비중도 전체 농산물 생산량 대비 2005년 4.4%에서 2009년 12.2%로 증가하였다(e-Narajipyo, 2014). 하지만 최근 2013년 7.0%로 감소하였는데, 이는 친환경 농산물 재배 농가에서 활용 가능한 효과적인 방제방법이 미흡하여 해충 발생에 대처하는데 농가들이 애로를 겪고 있기 때문으로 보인다. 일반적으로 친환경 유기 농산물에서 발생하는 해충은 관행농법에 비해 해충 종 및 발생량이 더 많아 피해가 큰 것으로 알려져 있다(Jeon and Kim, 2006). 특히 십자화과작물들에서 배추좀나방(*Plutella xylostella*) 및 과채류에서 복숭아혹진딧물(*Myzus persicae*)과 총채벌레류 등이 주요 경제 해충들이다. 진딧물은 작물을 직접 흡즙해서 피해를 입히고 간접적으로는 그을음병과 바이러스병을 매개하여 2차적인 피해를 가져온다(Kim et al., 1986). 대표적인 농업해충인 복숭아혹진딧물은 기주 범위가 매우 넓어서 방제가 까다로운 해충이고, 배추좀나방은 채소작물의 생장을 방해하고 상품 가치를 떨어뜨려 연간 10억 달러 이상의 피해를 야기한다(Choi et al., 1984; Kim et al., 2006).

배추좀나방은 고령지 재배지에서 토착화하여 극심한 피해를 일으키고 있는데(Kim and Lee, 1991), 가장 큰 문제는 이들이 기존 화학합성 살충제들에 대해 저항성을 보이고 있다는 데 있다. 최근 한 연구에서 배추좀나방 약의 개체군이 indoxacarb (25.3배), abamectin (61.7배), lufenuron (705.2배) 등에 높은 저항성을 갖고 있음이 밝혀졌다(Santos et al., 2011). 그래서 전 세계적인 배추좀나방 저항성 문제를 해결하기 위한 심도 깊은 논의가 이뤄지기도 하였다(Furlong et al., 2013). 저항성 문제는 비단 배추좀나방에게만 해당되는 것이 아니라 총채벌레(Demirozer et al., 2012), 진딧물(Bass et al., 2014) 그리고 파밤나방에 대해서도 잘 알려졌다. 2009년부터 2012년 중국 7개 지역 16개 약의 파밤나방 개체군들의 살충제 저항성 연구에서 chlorfenapyr를 제외한 8종 살충제 특히 cypermethrin (79-1240배)과 chlorpyrifos (8-3080배) 등에서 높은 저항성 출현이 보고되었다(Che et al., 2013). 이와 같은 관행 농법에서의 문제점을 극복하기 위해 일부 연구자들은 식물체를 활용하여 기존 화학합성 살충제들의 단점을 보완하고자 노력하고 있다(Scott et al., 2003).

우리나라 친환경농가에서는 멀구슬나무 열매, 녹차나무 잎, 고추씨 오일, 은행나무 열매, 자리공나무 열매, 매실, 때죽나무 껍질, 여뀌, 어성초, 참나무 오일 그리고 각종 한약재에서 유래된 다양한 식물추출물이 농가에서 병해충 방제용 민간요법으로 활용되고 있다(Kim and Kim, 2009). 하지만 민간요법으로 사용되고 있는 많은 식물 추출물들은 대상 해충에 대한 방제가 나 희석배율이 불명확한 것이 사실이다. 이러한 현실적인 농업 현장에서의 문제점을 극복하기 위해 정부에서는 친환경유기농자재목록공시와 품질인증제 등을 통해 제도권화를 추진하여 많은 유기농자재들이 농업 현장에서 상업적으로 활용되도록 하였다.

이상의 현실적인 면을 고려하여 본 연구는 시중에 유통되고 있는 식물 추출물을 유효성분으로 함유한 유기농자재로서 목록공시된 제품들의 배추좀나방과 파밤나방 유충, 꽃노랑총채벌레와 복숭아혹진딧물 성충에 대한 살충력 및 섭식저해력을 알아봄으로써 친환경 농산물 관련 분야에 활용될 수 있는 정보를 제공하기 위해 수행하였다.

재료 및 방법

시험재료

해충 또는 병해충방제용으로 친환경유기농자재목록공시된 상업용 제품 27종을 구입하여 본 연구에 사용하였다(Table 1). 실험에 활용한 유기농자재는 식물추출물과 미생물자재의 경엽 처리 또는 엽면처리가 가능한 제품들을 선별하여 총해관리용 11종과 병해충관리용 16종이었다. 그 외 유기농자재 선별에 있어 작물과 대상해충에는 기준을 두지 않았고, 유기농자재의 처리 농도는 각 유기농자재별 추천농도를 기준으로 배량 또는 반량 등으로 희석하여 사용하였다.

대상곤충

연구대상 해충들인 꽃노랑총채벌레(*Frankliniella occidentalis*

Table 1. List of tested commercialized eco-friendly organic insecticides (EOIs)

Material ^a	Active ingredients and composition rate	Application crop	Recommended concentration
EOIG	Garlic extract 50%, Chitosan 2%, Chito-oligosaccharide 3%, Vinegar 1%	pepper, lettuce, cucumber, chinese cabbage, legume	foliar 1000×
EOIT	Tea tree extract 48%	cabbage	foliar 500×
EOICe	Cedar oil 16%	rice, legume, pepper, tomato, cucumber	foliar 500×
EOICa	Canola oil 95%	fruits & vegetables, leafy vegetables, fruit tree	foliar 500×
EOIS	Sophora extract 60%	rice, chinese cabbage, tomato, cucumber, legume, eggplant	foliar 660×
EOISm	Sophora extract, Stemona japonica extract, Melia azedarach extract, Nepeta cataria extract 47%	rice, pepper	foliar 800×
EOIMc	Mustard extract 22%, Cinnamon extract 28%, Paraffin liquid 7%	rice	foliar 500×
EOISc	Sophora extract, Chenopodium ambrosioides extract, Melia azedarach extract 90%	vegetables, fruit tree, rice	foliar 1000×
EOIB	<i>Bacillus amyloliquefuciens</i> 25%	tomato, chinese cabbage, pepper, lettuce, cucumber	foliar 500×
EOICi	Citronella oil 70%, Derris extract 10%	pak-choi, cucumber, chinese cabbage, lettuce, pepper, legume	foliar 1000x
EOIR	Rape seed extract 55%, Neem extract 10%, Castar oil 20%	pepper, chinese cabbage, garlic chives, cherry tomato, broccoli, cucumber	foliar 500×
EOISr	<i>Streptomyces rimosus</i> 100%	pepper, chinese cabbage, lettuce, legume, scallion	foliar 100×
EOIM	Microorganism culture liquid 89.62%	pepper, chinese cabbage, lettuce, radish, broccoli	foliar 500×
EOIPv	Plant herb extract, Various mineral oil	fruits & vegetables	foliar 500×
EOIBs	<i>Bacillus subtilis</i> DY6364	cucumber, strawberry, ginseng, rice, pepper, chinese cabbage, lettuce, tomato	foliar 500×
EOICh	Chitosan 2%, Brown rice vinegar 10%	vegetables	foliar 250×
EOITc	Tea tree extract 25%, Cinnamon extract 5%	vegetables	foliar 1000×
EOIGf	Grapefruit seed extract 1.3%, Legume lecithin 0.65%	vegetables	foliar 1000×
EOICa1	Canola oil 95%	citrus, strawberry	foliar 200-400×
EOIGa	Garlic extract 70%, Sulfur 10%	rice, lettuce, cucumber, chinese cabbage, pepper, legume	foliar 1000×
EOIPa	Paraffinic oil 98.5%	citrus, apple tree, apricot tree, pomegranate tree	foliar 300×
EOICj	Camellia japonica seed extract 100%	vegetables	foliar 500×
EOIQ	Quillaia plant dust 33%	vegetables	foliar 2000×
EOISe	Sesame oil 45%, Castar oil 44.75%, Garlic oil 5%, Cinnamon oil 1.5%, Rosemary oil 0.5%, Thyme oil 0.25%	cucumber	foliar 500×
EOICn	Cinnamon extract 25%	pumpkin	drenching 1000×
EOISp	Sophora extract 60%	rice	foliar 1000×
EOIPe	Plant extract	vegetables, fruits & vegetables	foliar 1000×

^aEOI, eco-friendly organic insecticides.

Pergande), 파밤나방(*Spodoptera exigua* Hübner), 배추좀나방 (*Plutella xylostella* L.), 복숭아혹진딧물(*Myzus persicae* Sulzer)

4종을 농과원 작물보호과에서 계대사육 중인 계통으로 2014년 6월 말에 분양 받아 사용하였다. 확보한 해충들에 대한 실내사육

은 배양기(HB-103M, Hanbaek Scientific)에서 온도를 25±1℃로 유지하여 관리하였다.

파밤나방은 콩가루와 밀배아를 기초로 만든 인공사료를 조제하여 공급하였는데, 1-3령까지는 페트리디쉬(4.5×10 cm)에서 사육하였고 동충포식을 예방하기 위해 3-4령기부터는 30-40개체를 단일 사육 용기(18×27×9 cm)에 넣어 사육하였다. 3-4령용 사육용기 바닥에 톱밥을 1.5 cm 깔아두고 인공사료는 건조되면 새로 교체해주었다. 번데기가 되면 종이호일로 성충 용기(17×20.5 cm)를 덮어줘서 우화한 성충이 산란을 했을 때 알집을 분리하기 쉽도록 해 주었다. 성충 용기는 설탕물(5%)도 함께 공급했다. 파밤나방의 알은 2일에 한 번씩 분리하였고, 성충이 된 후 1주일까지만 3회 정도 알을 수집하였다.

배추좀나방 사육용 기주는 유채씨를 사용하였는데, 온실에서 재배한 배추 포트를 사육 상황에 맞춰 공급하기도 하였다. 사육상자(25×25×25 cm)에 유충 밀도에 따라 유채씨의 공급량을 조절하였고, 말령이 되면 유채 공급을 중단하였다. 말령에서 번데기가 된 후 4-5일 이후 우화한 성충을 흡충기로 선별하여 다른 사육상자에 방사해주고 산란용으로 유채씨를 공급했다. 알은 2일 간격으로 받았고, 2일 마다 성충을 새로운 사육상자에 옮겨주었다.

꽃노랑총채벌레의 기주는 강낭콩을 사용하였는데, 미리 싹을 틔운 강낭콩 떡잎을 공급하여 관리하였다. 꽃노랑총채벌레의 사육은 산란용 용기(9×10 cm)와 약충용 용기(10×4.5 cm)를 별도로 하여 활용하였다. 성충이 담긴 산란용 용기에 강낭콩 떡잎을 매일 넣어주고 다음 날 새로운 떡잎으로 교체하여 산란하도록 하였다. 성충용 용기 역시 매일 새로운 떡잎으로 보충해주었고, 떡잎이 건조되면 새 떡잎으로 교체하였다.

복숭아혹진딧물 기주식물은 온실에서 포트에서 재배한 배추(5-6엽기)를 사용하였고, 사육상자(25×25×25 cm)에 배추 포트를 넣어주었다. 기주가 시들거나 식해가 심해지면 새로운 배추 포트를 공급하여 관리하였다.

생물검정

배추좀나방과 파밤나방 유충은 2-3령, 복숭아혹진딧물 성충은 활력이 우수한 개체들을 선별하여 실내검정용으로 활용하였고, 검정은 분무법으로 하였다. 페트리디쉬(직경 5.5 cm) 바닥에 코르크보리로 일정한 크기로 절단한 배추잎을 넣고 시험곤충 10개체를 방사하였다. 준비한 시험액(배량, 추천농도, 반량 등 3-5개 수준의 농도)을 약 30 cm 이격하여 상기 준비한 페트리디쉬 내 절단 잎에 충분히 도포되도록 5회 분무(0.75±0.061 g) 처리하였다. 실험 곤충들이 외부로 탈출하지 않으면

서 공기 유출입이 가능한 뚜껑을 사용하여 페트리디쉬를 덮었다. 시험은 3-5반복으로 실시하였고, 24시간 또는 48시간 노출 후 살충율을 조사하였다. 활성이 우수한 시험약제에 대해서는 섭식저해율을 병행 조사하였다.

또 다른 실내시험은 잎침지법을 활용하였는데, 각 검정대상 곤충들인 배추좀나방 유충과 복숭아혹진딧물 성충은 기주식물인 배추 잎 그리고 파밤나방 유충과 꽃노랑총채벌레 성충은 콩잎(직경 5.0 cm)을 준비한 시험액(배량, 추천농도, 반량 등 3-5개 수준의 농도)에 30초 동안 침지하여 사용하였다. 시험에 사용한 꽃노랑총채벌레 성충은 우화 후 7-12일 된 개체들이었다. 침지 후 각 기주 잎을 철망에 올려두고 2시간 실내에서 음건하여 건조시킨 후, 페트리디쉬(직경 5.5 cm)에 넣고 시험곤충 10개체를 방사하였다. 시험곤충들이 외부로 탈출하지 않도록 공기 유출입이 가능한 페트리디쉬 뚜껑으로 닫았고, 모든 시험은 3-5반복으로 실시하였다. 처리 24시간과 48시간 후 살충율을 조사하였는데, 활성이 우수한 시험약제에 대해서는 대상 약제들의 추천농도에서 섭식저해율도 병행 조사하였다

섭식저해율 % = [(섭식 전 잎 면적-섭식 후 잎 면적)/섭식 전 잎 면적] × 100.

통계처리

실내 검정에서 얻어진 살충율의 평균간 비교는 본페로니법(Bonferroni's test)을 실시하였고 평균 및 표준오차를 제시하였다(SAS Institute, 2004). 또한 파밤나방 및 배추좀나방 유충에 대한 섭식저해율의 비교는 t-test를 활용하였다.

결과 및 고찰

배추좀나방유충

배추좀나방 유충에 대해 친환경 유기농자재목록공시제들에 표기된 추천농도 분무시 유효성분으로 고삼(고삼추출물 60%, EOIS)과 고삼외 3종(백부근추출물, 멸구슬추출물, 개박하추출물, EOISm)을 혼합 함유한 살충제가 각각 97%와 93%의 살충력을 나타냈다(Table 2). 또한 고삼외 2종 식물추출물(EOISc)을 함유한 자재가 73%의 활성을 보였고 나머지 살충제들은 60% 이하의 살충력을 보였다. 이들 식물 추출물들의 살충활성에 관한 연구는 상대적으로 많이 이뤄지지 않은 것으로 보인다. 멸구슬나무와 고삼 식물추출물을 유효성분으로 한 KNI3126의 오이총채벌레 및 배추좀나방에 대한 살충활성이 알려졌고

Table 2. Insecticidal activity (% mortality, mean \pm SE)^a of eco-friendly organic insecticides (EOIs) against *Plutella xylostella* larvae using spraying method, 24 h

Material	2 \times ^c	1 \times	0.5 \times	0.25 \times
EOIT	nd ^b	20 \pm 10.0cde		
EOICe	nd	17 \pm 3.3cde		
EOISm	nd	93 \pm 3.3a	57 \pm 3.3ab	43 \pm 3.3b
EOIM	70 \pm 0c	53 \pm 12.0abcd	3 \pm 3.3d	
EOIPv	nd	20 \pm 5.7cde		
EOIB	nd	77 \pm 12.0ab	17 \pm 3.3bcd	
EOIG	nd	23 \pm 6.7bcde		
EOISr	nd	10 \pm 10.0de		
EOIS	100 \pm 0a	97 \pm 3.3a	83 \pm 8.2a	67 \pm 3.3a
EOIN	93 \pm 3.3ab	67 \pm 3.3abc	63.3 \pm 3.3a	
EOISc	73 \pm 3.bc	73 \pm 6.7abc	50 \pm 10.0abc	47 \pm 3.3ab
EOICi	nd	37 \pm 6.7bcde		
EOICa1	nd	10 \pm 5.7de		
EOIMc	nd	30 \pm 5.8bcde		
EOIBs	nd	0 \pm 0e		
Control	3 \pm 3.3d	10 \pm 5.8de	10 \pm 0cd	20 \pm 5.8c

^aMeans within a column followed by the same letter are not significantly different ($P=0.05$, Bonferroni's test) (SAS, 2004).

^bnd, Not determined.

^c2 \times means 2 times recommended rate.

(Hwang et al., 2009), 최근에 온실 포트시험에서 황련과 고추 씨 추출물이 각각 배추좀나방 유충에 대해 73%와 70%의 살충력을 나타냈다(Choi et al., 2013). 그런데 본 연구와 달리 아프리카 식물체 9종의 배추좀나방 유충에 대한 야외살충력 검정에서 castor oil의 활성이 밝혀졌고(Amoabeng et al., 2013), Cedar 오일을 잎침지하였을 때 배추좀나방 유충에 대해 살충활성이 보고되었는데(Chaudhary et al., 2011), 이러한 차이는 식물 종 (*Cedrus deodara*) 또는 실험 방법의 차이에서 기인한 결과로 여겨진다.

배추좀나방 유충에 대해 분무시험에서 60% 이상의 살충력을 나타낸 살충제들을 대상으로 잎침지법이 추천농도 및 반량 희석 농도에서 고삼 60% 단독 함유제(EOIS)가 100%를 나타냈고, 고삼 외 3종(백부근추출물, 멸구슬추출물, 개박하추출물, EOISm)을 혼합 함유한 제제가 90% 그리고 미생물 추출물 (89.62%, EOIM) 역시 100% 살충력을 보였으나, 반수로 희석 하면 50% 이하의 감소된 활성을 나타냈다(Table 3). 국내 고삼과 차이는 있으나 고삼속인 중국 *Sophora* 식물(*Sophora alopecuroids*)의 메탄올 추출물이 배추좀나방 유충에 생장 및 발육, 산란저해활성을 나타냈고(Yu et al., 2007), 멸구슬나무 추출물이 섭식 선호도 및 산란행동에 있어 기피력을 나타냄이 알려졌다(Charleston et al., 2005).

Table 3. Insecticidal activity (% mortality, mean \pm SE)^a of 4 eco-friendly organic insecticides (EOIs) against *Plutella xylostella* larvae using leaf dipping method, 24 h

Material	1 \times	0.5 \times
EOISm	90 \pm 5.8a	63 \pm 14.5ab
EOIM	100 \pm 0a	47 \pm 3.3b
EOIS	100 \pm 0a	97 \pm 3.3a
EOISc	37 \pm 3.3b	37 \pm 8.8b
Control	13 \pm 8.8b	17 \pm 8.8b

^aMeans within a column followed by the same letter are not significantly different ($P=0.05$, Bonferroni's test) (SAS, 2004).

파밤나방

친환경유기농자재들의 파밤나방 유충에 대한 추천농도 및 반량 희석 처리구들 모두에서 처리 24시간 후 고삼 60% 단독제(EOIS)가 100%의 강한 살충력을 보였고 고삼외 2종 추출물 (EOISc)을 함유한 제제가 47% 활성을 보였으며, 그 외 살충제 들에서는 처리 48시간 후에도 살충력을 기대하기 어려웠다 (Table 4). 이와 비슷하게 멸구슬나무(*Melia azedarach*) 잎 추출물의 잎 침지로 파밤나방 유충에 대해 carboxylesterase와 glutathione-s-transferase 효소의 저해를 통해 살충력을 발휘함이 밝혀졌고(Rachokarn et al., 2008), 개박하(*Nepeta cataria*)

Table 4. Insecticidal activity (% mortality, mean \pm SE)^a of eco-friendly organic insecticides (EOIs) against *Spodoptera exigua* larvae using spraying method

Material	24h		48h	
	1 \times	0.5 \times	1 \times	0.5 \times
EOIT	0 \pm 0d		3 \pm 3.3d	
EOICe	0 \pm 0d		0 \pm 0d	
EOISm	3 \pm 3.3d	0 \pm 0b	7 \pm 6.7cd	0 \pm 0a
EOIM	0 \pm 0d		0 \pm 0d	
EOIPv	0 \pm 0d		0 \pm 0d	
EOIB	0 \pm 0d		0 \pm 0d	
EOIG	0 \pm 0d		0 \pm 0d	
EOISr	0 \pm 0d		0 \pm 0d	
EOIS	100 \pm 0a	100 \pm 0a		
EOIN	3 \pm 3.3d		3 \pm 3.3d	
EOISc	47 \pm 8.8b	0 \pm 0b	63 \pm 6.7a	0 \pm 0a
EOICi	0 \pm 0d		0 \pm 0d	
EOICa	3 \pm 3.3d		3 \pm 3.3d	
EOIMc	0 \pm 0d		0 \pm 0d	
EOIBs	3 \pm 3.3d		3 \pm 3.3d	
EOISe	7 \pm 3.3cd		13 \pm 3.3bcd	
EOICn	13 \pm 3.3bcd		27 \pm 3.3abc	
EOISp	13 \pm 8.8cd		13 \pm 8.8bcd	
EOICh	3 \pm 3.3d		2 \pm 2.0d	
EOIGa	2 \pm 2.0d		0 \pm 0d	
EOITc	6 \pm 4.0d		2 \pm 2.0d	
EOIGf	0 \pm 0d		0 \pm 0d	
EOICa1	10 \pm 4.5d		2 \pm 2.0d	
EOIPa	0 \pm 0d		0 \pm 0d	
EOICj	0 \pm 0d		0 \pm 0d	
EOIPe	27 \pm 3.3bc		40 \pm 5.7ab	
EOIQ	3 \pm 3.3d		2 \pm 2.0d	
Control	0 \pm 0d	0 \pm 0b	2 \pm 2.0d	0 (\pm 0)a

^aMeans within a column followed by the same letter are not significantly different ($P=0.05$, Bonferroni's test) (SAS, 2004).

정유의 *Spodoptera littoralis*에 대한 혼증활성도 보고되었다 (Pavela, 2005). 또한 친환경농자재를 식물에 처리하고 톱다리 개미허리노린재 성충을 방사한 후 살충력을 비교한 연구에서도 고삼 추출물 처리구가 120시간 후 55% 살충력을 보인 반면 나머지 자재들을 전혀 효과를 나타내지 않았다(Kwon et al., 2011).

파밤나방 유충에 대해 분무법에서 활성을 나타낸 고삼 60% 함유제(EOIS)와 고삼 외 2종 식물 추출물(EOISc)을 함유한 제

Table 5. Insecticidal activity (% mortality, mean \pm SE)^a of two eco-friendly organic insecticides (EOIs) against *Spodoptera exigua* larvae using leaf dipping method, 24 h

Material	2 \times	1 \times	0.5 \times
EOIS	100 \pm 0a	100 \pm 0a	100 \pm 0a
EOISc	97 \pm 3.3a	80 \pm 11.5a	56 \pm 5.8b
Control	0 \pm 0b	0 \pm 0b	0 \pm 0c

^aMeans within a column followed by the same letter are not significantly different ($P=0.05$, Bonferroni's test) (SAS, 2004).

Table 6. Insecticidal activity (% mortality, mean \pm SE)^a of eco-friendly organic insecticides (EOIs) against *Frankliniella occidentalis* adults using leaf dipping method, 24h

Material	1 \times	0.5 \times	0.25 \times
EOIT	10 \pm 5.8bc		
EOICe	0 \pm 0c		
EOIS	87 \pm 3.3a	50 \pm 0a	47 \pm 5.8a
EOISm	13 \pm 3.3b	3 \pm 3.3b	
EOIM	0 \pm 0c		
EOIN	0 \pm 0c		
EOISc	10 \pm 0b		
EOICi	10 \pm 0b		
EOICa	0 \pm 0c		
EOIMc	3 \pm 3.3bc		
EOIBs	0 \pm 0c		
EOITc	3 \pm 3.3bc		
EOICa1	0 \pm 0c		
EOIPa	0 \pm 0c		
EOIQ	0 \pm 0c		
Control	0 \pm 0c	0 \pm 0b	0 \pm 0b

^aMeans within a column followed by the same letter are not significantly different ($P=0.05$, Bonferroni's test) (SAS, 2004).

제들을 대상으로 배량, 추천량, 반량의 농도에 잎침지를 실시하였다. 고삼 60% 단독제제(EOIS)는 반량처리구에서도 100% 살충력을 나타낸 반면, 고삼외 2종 혼합제(EOISc)는 배량 처리에서 97%, 추천량에서 80%의 살충력을 나타냈다(Table 5). 다른 연구들에서 파밤나방 유충에 대한 식물 추출물들의 섭식저해활성 연구는 미흡한 것이 사실이다. 파밤나방 유충에 대한 *Hymenoxys robusta* 메탄올 추출물의 살충 및 섭식저해활성 (Juárez et al., 2014) 그리고 *Jatropha gossypifolia* 잎 에틸아세테이트 또는 에탄올 추출물의 살충(Khumrunsee et al., 2010) 및 섭식저해활성(Panvongsa et al., 2012) 등이 알려졌다.

꽃노랑총채벌레

꽃노랑총채벌레 성충에 대한 살충력은 잎침지만을 실시하여 24시간과 48시간 노출 후 조사하였다. 김정에 활용한 15종 유기농자재들 중 고삼 60% 단제(EOIS) 만이 추천농도에서 87% 활성을 나타냈다(Table 6). 그 외 식물 추출물들을 유효성분으로 함유한 제제들에서는 유의할만한 살충력을 나타내지 않았다. 식물 추출물 중 canola, coriander, neem, eugenol, peppermint 그리고 citronella oil 등을 단독이 아닌 혼합제로 함유한 제품이 꽃노랑총채벌레에 대해 80% 이상의 우수한 살충

력을 보였다(Cloyd et al., 2009). 이와 같은 식물 오일들의 살충 활성은 훈증력으로 발휘되었다(Janmaat et al., 2002).

복숭아혹진딧물

친환경유기농자재들의 복숭아혹진딧물 성충에 대한 추천농도 분무시험에서 유효성분으로 고삼 외 3종(백부근추출물, 멀구슬추출물, 개박하추출물, EOISm)을 혼합 함유한 제제가 90%의 강한 살충력을 보였고 유채외 2종 추출물(EOIR)에서도 47%의 활성이 나타났다(Table 7). 흥미롭게도 이들 제제는

Table 7. Insecticidal activity (% mortality, mean \pm SE)^a of eco-friendly organic insecticides (EOIs) against *Myzus persicae* adults using spraying method

Material	2×		1×		0.5×		0.25×	
	24h	48h	24h	48h	24h	48h	24h	48h
EOIT	3 \pm 3.3d	27 \pm 3.3cde	3 \pm 3.3d	3 \pm 3.3d				
EOICe	0 \pm 0d	7 \pm 6.7e	3 \pm 3.3d	3 \pm 3.3d				
EOISm	90 \pm 5.8a	100 \pm 0a	90 \pm 10a	100 \pm 0a	57 \pm 8.8a	67 \pm 3.3a	37 \pm 3.3a	70 \pm 5.8a
EOIM	0 \pm 0d	17 \pm 3.3cde	3 \pm 3.3d	3 \pm 3.3d				
EOIPv	10 \pm 10.0d	30 \pm 25.2cde	0 \pm 0d	0 \pm 0d				
EOIB	7 \pm 3.3d	17 \pm 3.3cde	10 \pm 5.8bcd	10 \pm 5.8cd				
EOIG	10 \pm 10.0d	23 \pm 12.0cde	0 \pm 0d	0 \pm 0d				
EOISr	10 \pm 5.8d	27 \pm 12.0cde	0 \pm 0d	13 \pm 8.2cd				
EOIS	27 \pm 3.3bcd	80 \pm 0abc	0 \pm 0d	3 \pm 3.3d				
EOIR	63 \pm 18.6abc	87 \pm 8.2ab	47 \pm 3.3b	80 \pm 11.5ab	40 \pm 5.8a	63 \pm 3.3a	17 \pm 3.3b	53 \pm 3.3a
EOISc	73 \pm 3.3ab	77 \pm 3.3abcd	40 \pm 15.3bc	57 \pm 3.3bc	23 \pm 8.8a	50 \pm 5.8a		
EOICi	13 \pm 3.3cd	23 \pm 3.3cde	10 \pm 0bcd	33 \pm 3.3bcd				
EOICa	3 \pm 3.3d	23 \pm 13.3cde	0 \pm 0d	3 \pm 3.3d				
EOIMc	7 \pm 6.7d	23 \pm 6.7cde	3 \pm 3.3d	3 \pm 3.3d				
EOIBs	0 \pm 0d	23 \pm 6.7cde	0 \pm 0d	0 \pm 0d				
EOISe	0 \pm 0d	20 \pm 10cde	0 \pm 0d	3 \pm 3.3d				
EOICn	7 \pm 3.3d	27 \pm 6.7cde	3.3 \pm 3.3d	7 \pm 3.3cd				
EOISp	10 \pm 5.8d	20 \pm 0cde	7 \pm 3.3cd	23 \pm 8.8bcd				
EOICh	0 \pm 0d	17 \pm 6.7cde	3 \pm 3.3d	7 \pm 3.3cd				
EOIGa	0 \pm 0d	10 \pm 0e	0 \pm 0d	13 \pm 8.8cd				
EOITc	0 \pm 0d	10 \pm 0e	10 \pm 5.8bcd	10 \pm 5.8cd				
EOIGf	3 \pm 3.3d	17 \pm 8.8cde	3 \pm 3.3d	17 \pm 8.8cd				
EOICa1	10 \pm 5.8d	40 \pm 5.7bcde	0 \pm 0d	7 \pm 3.3cd				
EOIPa	3 \pm 3.3d	30 \pm 15.3bcde	0 \pm 0d	13 \pm 8.8cd				
EOICj	3 \pm 3.3d	27 \pm 14.5cde	0 \pm 0d	13 \pm 8.8cd				
EOIPe	0 \pm 0d	27 \pm 3.3cde	0 \pm 0d	3 \pm 3.3d				
EOIQ	3 \pm 3.3d	37 \pm 3.3bcde	7 \pm 6.7cd	20 \pm 10.0cd				
Control	0 \pm 0d	3 \pm 3.3e	3 \pm 3.3d	3 \pm 3.3d	0 \pm 0b	3 \pm 3.3b	0 \pm 0c	7 \pm 3.3b

^aMeans within a column followed by the same letter are not significantly different ($P=0.05$, Bonferroni's test) (SAS, 2004).

처리 수준을 2배로 하였을 때, 노출시간이 증가할수록 살충력이 증가하는 경향을 보였으나 농도 증가로 현저히 증가된 살충력을 기대하기는 어려웠다. 기타 식물 추출물을 유효성분으로 한 제제들의 복숭아혹진딧물 성충에 대한 살충력은 미미했다. 고삼 추출물의 이러한 효과는 다른 연구들에서도 비슷하게 고삼과 멀구슬나무 추출성분으로만 이루어진 EFAM-B 약제가 처리 7일후에 17%의 낮은 생충률을 보이며 또한 3일 후 7일 후에 각각 86%와 84%의 방제가를 보였다(Ryu et al., 2013). 고삼 추출물은 복숭아혹진딧물(*Myzus persicae*)을 비롯한 목화진딧

물(*Aphis gossypii*), 점박이응애(*Tetranychus urticae*), 톱다리개미허리노린재(*Riptortus pedestris*) 성충에 대해 높은 살충력을 갖는다(Kim et al., 2005; Kim et al, 2009; Kwon et al., 2011). 그리고 식물 추출물들 중 neem, capsiacin 또는 양명아주(*Chenopodium ambrosioides*) 정유 기반 0.5% 유제의 복숭아혹진딧물에 대해 강한 살충활성을 나타냈고(Edelson et al., 2002; Chiasson et al., 2004), 굴거리나무(*Daphniphyllum macropodum*) 껍질 유래 2종 알칼로이드들은 배추좀나방 유충에 대해 살충력을 발휘했다(Li et al., 2009). 또한 본 연구의 혼합제에 함유되

Table 8. Insecticidal activity (% mortality, mean \pm SE)^a of eco-friendly organic insecticides (EOIs) against *Myzus persicae* adults using leaf dipping method

Material	24h	48h	24h	48h	24h	48h	24h	48h	24h	48h
	2×		1×		0.5×		0.25×		0.125×	
EOIT	0 \pm 0c	13 \pm 8.8bc								
EOICe	0 \pm 0c	17 \pm 8.8abc								
EOISm	100 \pm 0aw		100 \pm 0a		100 \pm 0a		53 \pm 3.3a	97 \pm 3.3a	33 \pm 6.7a	47 \pm 3.3a
EOIM	0 \pm 0c	13 \pm 8.8bc								
EOIPv	0 \pm 0c	13 \pm 8.8bc								
EOIB	3 \pm 3.3c	10 \pm 5.8c								
EOIG	0 \pm 0c	7 \pm 3.3c								
EOISr	3 \pm 3.3c	13 \pm 8.8bc								
EOIS	3 \pm 3.3c	17 \pm 6.7abc								
EOIR	33 \pm 13.3b	70 \pm 10.0a	10 \pm 0bc	50 \pm 5.8a	0 \pm 0c	0 \pm 0b				
EOISc	10 \pm 5.8bc	40 \pm 17.3abc	3 \pm 3.3c	7 \pm 3.3b	10 \pm 5.8bc	23 \pm 3.3a	0 \pm 0b	23 \pm 8.8b		
EOICi	37 \pm 8.8b	67 \pm 12.0ab	30 \pm 5.8b	50 \pm 15.3a	17 \pm 3.3b	37 \pm 3.3a	7 \pm 3.3b	33 \pm 3.3b		
EOICa	3 \pm 3.3c	17 \pm 3.3abc								
EOIMc	0 \pm 0c	13 \pm 3.3abc								
EOIBs	0 \pm 0c	3 \pm 3.3c								
EOISe	0 \pm 0c	13 \pm 3.3abc								
EOICn	0 \pm 0c	0 \pm 0c								
EOISp	0 \pm 0c	13 \pm 3.3abc								
EOICh	3 \pm 3.3c	10 \pm 5.8c								
EOIGa	3 \pm 3.3c	17 \pm 8.8abc								
EOITc	0 \pm 0c	7 \pm 0c								
EOIGf	3 \pm 3.3c	10 \pm 0abc								
EOICa1	0 \pm 0c	17 \pm 12.0abc								
EOIPa	3 \pm 3.3c	20 \pm 0abc								
EOICj	0 \pm 0c	17 \pm 3.3abc								
EOIPe	3 \pm 3.3c	7 \pm 3c								
EOIQ	0 \pm 0c	23 \pm 6.7abc								
Control	0 \pm 0c	13 \pm 3.3abc	3 \pm 3.3c	3 \pm 3.3b	3 \pm 3.3bc	3 \pm 3.3c	0 \pm 0b	3 \pm 3.3c	0 \pm 0b	0 \pm 0b

^aMeans within a column followed by the same letter are not significantly different (P = 0.05, Bonferroni's test) (SAS, 2004).

었던 백부근 뿌리와 앞에서 분리한 2종 성분들이 곤충 니코틴 아세틸콜린 수용체에 대한 전기생리학적 *in vitro* 시험에서 이 수용체 억제활성 및 복숭아혹진딧물에 대한 살충활성이 보고되었다(Tang et al., 2008).

복숭아혹진딧물 성충에 대한 추천농도 잎침지 검정에서 24 시간 노출 시, 유효성분으로 고삼 외 3종(백부근추출물, 멀구슬 추출물, 개박하추출물, EOISm)을 혼합 함유한 제제만이 100%의 강한 접촉독성을 나타냈고, 나머지 시험 제제들은 살충력을 기대하기 어려웠다(Table 8). 이러한 경향은 2배로 농도를 증가하여 노출시켜도 비슷하였다. 복숭아혹진딧물 성충에 대한 추천농도 잎침지 시험에서 48시간 노출 시, 유효성분으로 시트로넬라오일 외 1종(EOICi)을 혼합 함유한 제제가 50% 그리고 유채의 2종(EOIR)을 함유한 제제가 50%의 증가된 살충력을 나타냈다(Table 8). 또한 이들을 2배로 농도를 증가시켜 처리하면 살충력은 67%와 70%의 증가된 활성을 보였다. 즉, 살충력은 농도 및 노출시간에 의존적인 양상을 나타냈다.

섭식저해활성

파밤나방에 대한 시험 농자재들의 추천농도로 분무처리 후 섭식저해활성을 조사한 결과, 무처리구 대비하여 통계적($P=0.5$)으로 유의한 활성을 나타낸 자재들은 cedar oil 16% (EOICe), 고삼 60% 단제(EOIS), 고삼의 3종 혼합제(EOISm), 고삼의 2종 혼합제(EOISc), 미생물 89.62%(EOIM), 유채의 2종 혼합제(EOIR), 식물추출물(EOIPv), 차나무추출물 48%(EOIT)제 등으로 나타났다(Fig. 1). 특히 고삼 추출물을 함유한 제제들에서 우수한 섭식저해 활성을 보였다. 배추좀나방 유충에 대해서도 고삼 추출물 함유제들의 활성이 높게 나타났다. 이와 같은 우수한 섭식저해활성은 상대적으로 높은 살충력으로 인해 나타난 결과로 여겨진다. 또한 배추좀나방 유충에 대해서는 cedar oil 16%(EOICe), 미생물 함유제(EOIBs), 고삼 60% 단제(EOIS), 고삼의 3종 혼합제(EOISm), 미생물 25%(EOIB), 미생물 89.62%(EOIM), 유채의 2종 혼합제(EOIR), 고삼의 2종 혼합제(EOISc), 시트로넬라오일의 1종(EOICi), 겨자외 2종(EOIMc), 식물추출물(EOIPv), 차나무추출물 48%(EOIT)제 등이 70% 이상의 강한 섭식저해활성을 보였다. 배추좀나방을 포함한 나비목 해충에 대한 식물 추출물 및 유래 화합물들의 섭식저해활성(Lü et al., 2013; Sivasubramanian et al., 2013) 그리고 파밤나방에 대한 일부 식물체들의 섭식저해 활성이 밝혀졌다(Panvongsa et al., 2012; Huang et al., 2014; Juárez et al., 2014). 비록 일부 식물체들의 나비목 해충들에 대한 섭식저해활성에 대한 연구가 이뤄졌을지라도 상대적으로 살충활성에 대한 연구에 비해 미흡하였다.

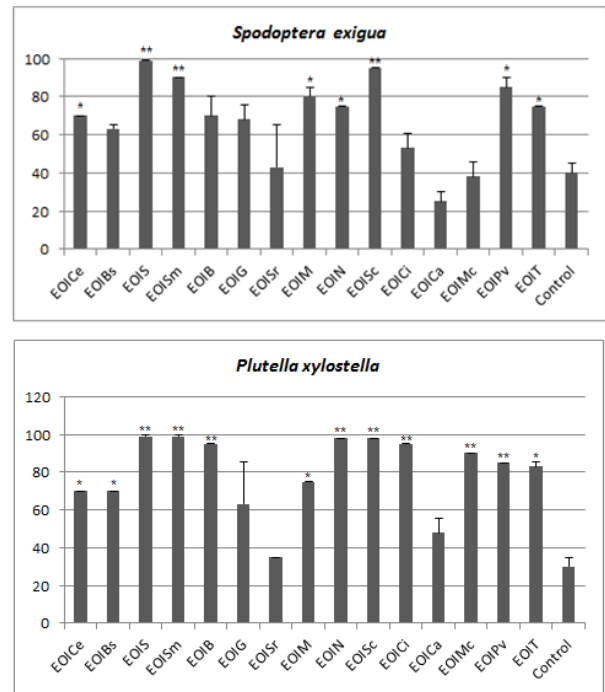


Fig. 1. Antifeeding activity of eco-friendly organic insecticides (EOIs) against *Spodoptera exigua* and *Plutella xylostella* larvae using spraying method at recommended rate for 24 hours. Significant difference was observed at t-test (*, $P = 0.05$; **, $P = 0.01$). Detail description of tested insecticides was shown in table 1.

식물 추출물에 비해 상대적으로 식물체 정유들의 해충에 대한 살충 및 섭식저해활성이 더 많은 연구가 이뤄졌고 상업적으로도 많은 제품들이 개발되어 활용되고 있으나, 약해에 대한 문제를 완전히 극복한 것은 아니라고 보인다(Cloyd et al., 2009). 비록 식물체 유기 용매 추출물이나 식물체 정유들의 유효성 및 경제성이 유기화합성 살충제들에 비해 경쟁력이 약할지라도, 향후 이들은 저항성 종들의 관리 측면에서 기존 유기화합성제들에 대한 의존도를 줄이고 소비자들의 안전성에 대한 욕구를 충족시켜줄 수 있는 유기농산물들의 생산을 위한 수단으로서 활용 빈도가 증가할 것으로 기대한다.

사사

본 연구는 농촌진흥청 연구사업(PJ010496)의 지원에 의해 수행되었다.

Literature Cited

Amoabeng, B.W., Gurr, G.M., Gitau, C.W., Nicol, H.I., Munyakazi, L., Stevenson, P.C., 2013. Tri-trophic insecticidal effects of African

- plants against cabbage pests. PLoS One. 8(10), e78651 (doi: 10.1371/journal.pone.0078651).
- Bass, C., Puinean, A.M., Zimmer, C.T., Denholm, I., Field, L.M., Foster, S.P., Gutbrod, O., Nauen, R., Slater, R., Williamson, M.S., 2014. The evolution of insecticide resistance in the peach potato aphid, *Myzus persicae*. Insect Biochem. Mol. Biol. 51, 41-51.
- Charleston, D.S., Kfir, R., Vet, L.E., Dicke, M., 2005. Behavioural responses of diamondback moth *Plutella xylostella* (Lepidoptera: Plutellidae) to extracts derived from *Melia azedarach* and *Azadirachta indica*. Bull. Entomol. Res. 95, 457-465.
- Chaudhary, A., Sharma, P., Nadda, G., Tewary, D.K., Singh, B., 2011. Chemical composition and larvicidal activities of the Himalayan cedar, *Cedrus deodara* essential oil and its fractions against the diamondback moth, *Plutella xylostella*. J. Insect Sci. 11, 1-10.
- Che, W., Shi, T., Wu, Y., Yang, Y., 2013. Insecticide resistance status of field populations of *Spodoptera exigua* (Lepidoptera: Noctuidae) from China. J. Econ. Entomol. 106, 1855-1862.
- Chiasson, H., Vincent, C., Bostanian, N.J., 2004. Insecticidal properties of a Chenopodium-based botanical. J. Econ. Entomol. 97, 1378-1383.
- Choi, H.K., So, I.Y., Park, K.H., 1984. Studies on the correlation between virus -iseases and aphid vectors in radish fields. Korean J. Appl. Entomol. 23, 28-36.
- Choi, I.J., Kwon, H.H., Lee, H.H., Son, H.G., Hong, S.K., Kang, J.W., Park, Y.S., 2013. Evaluation of insecticidal activity of plant extracts against the diamondback moth, *Plutella xylostella* (Lepidoptera: Plutellidae) on Vegetable Plant. Korean J. Plant Res. 26, 19-25.
- Cloyd, R.A., Galle, C.L., Keith, S.R., Kalscheur, N.A., Kemp, K.E., 2009. Effect of commercially available plant-derived essential oil products on arthropod pests. J. Econ. Entomol. 102, 1567-1579.
- Demirozer, O., Tyler-Julian, K., Funderburk, J., Leppla, N., Reitz, S., 2012. *Frankliniella occidentalis* (Pergande) integrated pest management programs for fruiting vegetables in Florida. Pest Manag. Sci. 68, 1537-1545.
- Edelson, J.V., Duthie, J., Roberts, W., 2002. Toxicity of biorational insecticides: activity against the green peach aphid, *Myzus persicae* (Sulzer). Pest Manag. Sci. 58, 255-260.
- e-Narajipyo, 2014. The index of agricultural section: the trend of production of eco-friendly agricultural products. http://index.go.kr/potal/main/EachDtlPageDetail.do?idx_cd=1292
- Furlong, M.J., Wright, D.J., Dossall, L.M., 2013. Diamondback moth ecology and management: problems, progress, and prospects. Annu. Rev. Entomol. 58, 517-541.
- Huang, S.H., Xian, J.D., Kong, S.Z., Li, Y.C., Xie, J.H., Lin, J., Chen, J.N., Wang, H.F., Su, Z.R., 2014. Insecticidal activity of pogostone against *Spodoptera litura* and *Spodoptera exigua* (Lepidoptera: Noctuidae). Pest Manag. Sci. 70, 510-516.
- 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.
- Janmaat, A.F., de Kogel, W.J., Woltering, E.J., 2002. Enhanced fumigant toxicity of p-cymene against *Frankliniella occidentalis* by simultaneous application of elevated levels of carbon dioxide. Pest Manag. Sci. 58, 167-173.
- 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.
- Juárez, Z.N., Fortuna, A.M., Sánchez-Arreola, E., López-Olguín, J.F., Bach, H., Hernández, L.R., 2014. Antifeedant and phagostimulant activity of extracts and pure compounds from *Hymenoxys robusta* on *Spodoptera exigua* (Lepidoptera: Noctuidae) larvae. Nat. Prod. Commun. 9, 895-888.
- Khumrungsee, N., Pluempanupat, W., Kainoh, Y., Saguangpong, U., Bullangpotin, V., 2010. Toxicity of ethyl acetate extract from *Jatropha gossypifolia* senescent leaves against *Spodoptera exigua* Hübner (Lepidoptera: Noctuidae) and *Meteorus pulchricornis* (Hymenoptera: Braconidae). Commun. Agric. Appl. Biol. Sci., 75, 405-410.
- Kim, H.H., Cho, S.R., Lee, D.W., Jeon, H.Y., Park, C.G., Choo, H.Y., 2006. Biological control of diamondback moth, *Plutella xylostella* with Korean isolates of entomopathogenic nematodes (Steinernematid and Heterorhabditid) in greenhouse. Korean J. Appl. Entomol. 45, 201-209.
- 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, M.H., Lee, S.C., 1991. Bionomics of diamond-back moth, *Plutella xylostella* (Lepidoptera: Plutellidae) in southern region of Korea. Korean J. Appl. Entomol. 30, 169-173.
- Kim, S.H., Lee, S.W., Kim, I.S., Lee, M.H., 1986. Colonizing aphid species and their seasonal fluctuations on some fruit trees in Suwon. Korean J. Appl. Entomol. 25, 209-213.
- Kim, T.S., An, T.J., Jung, J.K., Bang, J.K., Chung, H.G., 2005. Research for the development of repellents and pesticidal materials originated by natural products. Treat. Crop. Sci. 6, 615-619.
- Kim, S.K., Jin, J.H., Lim, C.K., Hur, J.H., Cho, S.Y., 2009. Evaluation of insecticidal efficacy of plant extracts against major insect pests. Kor. J. Pestic. Sci. 13, 165-170.
- Kwon, H.R., Kim, S.H., Park, M.W., Jo, S.H., Shin, H.S., Cho, H.S., Seo, M.J., Yu, Y.M., Youn, Y.N., 2011. Environmentally-friendly control of *Riptortus pedestris* (Hemiptera: Alydidae) by environmental friendly agricultural materials. Korean J. Pestic. Sci. 38, 413-419.
- Li, Z.Y., Gu, Y.C., Irwin, D., Sheridan, J., Clough, J., Chen, P., Peng, S.Y., Yang, Y.M., Guo, Y.W., 2009. Further *Daphniphyllum*

- alkaloids with insecticidal activity from the bark of *Daphniphyllum macropodum* M(IQ). Chem. Biodivers. 6, 1744-1750.
- 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.
- Panvongsa, W., Preedawan, T., Boonsoong, B., Bullangpoti, V., 2012. Antifeedant effect of *Jatropha gossypifolia* senescent leaf extract on *Spodoptera exigua*. Commun. Agric. Appl Biol Sci. 77, 715-719.
- Pavela, R., 2005. Insecticidal activity of some essential oils against larvae of *Spodoptera littoralis*. Fitoterapia. 76, 691-696.
- Rachokarn, S., Piyasaengthong, N., Bullangpoti, V., 2008. Impact of botanical extracts derived from leaf extracts *Melia azedarach* L. (Meliaceae) and *Amaranthus viridis* L. (Amaranthaceae) on populations of *Spodoptera exigua* (Hübner) (Lepidoptera: Noctuidae) and detoxification enzyme activities. Commun. Agric. Appl Biol. Sci. 73, 451-457.
- Ryu, T.H., Park, S.E., Ko, N.Y., Kim, J.G., Shin, H.S., Kwon, H.R., Kim, Y.G., Lee, B.H., Seo, M.J., Yu, Y.M., Youn, Y.N., 2013. Seasonal occurrences of insect pests and control effects of eco-friendly agricultural materials (EFAMs) in the field of *Lycium chinense* under environment-friendly management. Korean J. Pestic. Sci. 17, 402-410.
- Santos, V.C., de Siqueira, H.A., da Silva, J.E., de Farias, M.J., 2011. Insecticide resistance in populations of the diamondback moth, *Plutella xylostella* (L.) (Lepidoptera: Plutellidae), from the state of Pernambuco, Brazil. Neotrop. Entomol. 40, 264-270.
- SAS Institute, 2004. SAS OnlineDoc1, Version 8.01. Statistical Analysis System Institute, Cary, North Carolina.
- 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.K, Rathnasamy, R., Campos, A.M., 2013. A new antifeedant clerodane diterpenoid from *Tinospora cordifolia*. Nat. Prod. Res. 27, 1431-1436.
- Tang, C.P., Chen, T., Velten, R., Jeschke, P., Ebbinghaus-Kintscher, U., Geibel, S., Ye, Y., 2008. Alkaloids from stems and leaves of *Stemona japonica* and their insecticidal activities. J. Nat. Prod. 71, 112-116.
- Yu, T.C., Luo, W.C., Ding, J., Yan, L., Xiao, T., Niu, H.T., 2007. Effects of applying *Sophora alopecuroids* extracts and emamectin on the growth, development, and fecundity of diamondback moth *Plutella xylostella*. Ying Yong Sheng Tai Xue Bao. 18, 2791-2794.