

# 울무에서 조명나방에 대한 몇 가지 살충제의 포장 방제효과

이영수\* · 정진교<sup>1</sup> · 장정희 · 김소희 · 최종윤 · 이현주 · 이상우 · 이영순

경기도농업기술원, <sup>1</sup>국립식량과학원

## Control Efficacy of Several Pesticides against Asian Corn Borer, *Ostrinia furnacalis*, in Job's Tears Fields

Young Su Lee\*, Jin Kyo Jung<sup>1</sup>, Jung Hee Jang, So-Hee Kim, Jong Yoon Choi, Hyun Ju Lee, Sang-Woo Lee and Young Soon Lee

Gyeonggi-do Agricultural Research and Extension Services, Hwaseong 18388, Korea

<sup>1</sup>National Institute of Crop Science, Rural Development Administration, Suwon 16429, Korea

**ABSTRACT:** We investigated the occurrence pattern of the Asian Corn Borer, *Ostrinia furnacalis* in job's tears, and we tested the field control effects of 5 insecticides and 3 eco-friendly materials. Adults of *O. furnacalis* began to occur in May and have passed three generations until the end of October. As results of the field test, five insecticides (novaluron, lufenuron, spinetoram, cyclaniliprole, flufenoxuron) and three eco-friendly materials (gosam extracts 90%, neem extracts 60%, citronella oil 30 + derris extracts 20 + cinnamon extracts 10%) showed high control effects against *O. furnacalis* in two different areas, and no phytotoxicity even at double dose of pesticides.

**Key words:** Job's tears, Asian corn borer, *Ostrinia furnacalis*, Pesticides, Control

**조 록:** 소면적 약용작물인 울무의 주산지인 연천에서 조명나방의 발생 양상을 조사하고, 이를 기반으로 5종의 살충제와 3종의 유기농업 자재에 대한 포장 방제효과를 검정하였다. 조명나방의 성충은 5월부터 발생이 시작되어 10월 하순까지 총 3세대를 경과하였다. 포장시험 결과, 5종의 살충제인 novaluron, lufenuron, spinetoram, cyclaniliprole, flufenoxuron과 3종의 유기농업 자재인 CCBP (gosam extracts 90%), LT (neem extracts 60%), JT (citronella oil 30 + derris extracts 20 + cinnamon extracts 10%)는 울무에 발생하는 조명나방에 대하여 2 지역 모두에서 높은 방제효과를 보였으며, 2배량에서도 약해가 없어 울무 전용 살충제로써 이용이 가능할 것으로 생각된다.

**검색어:** 울무, 조명나방, 살충제, 유기농업 자재, 방제

울무(*Coix lacryma-jobi* L. var. *ma-yuen* Stapf.)는 주로 아시아 열대 및 아열대에 분포하는 1년생 초본식물로, 2020년 국내 울무 재배면적은 543 ha로 소면적 재배작물에 해당하는데, 주요 생산지인 연천을 포함한 경기도가 309 ha (56.9%)를 차지하고 있다(Yoon et al., 1997; MAFRA, 2021). 울무는 필수아미노산과 단백질 등의 영양원을 함유하고 있어 울무쌀이나 울무차 등의 건강보조식품으로 이용되고 있으며, coixenolide 등의 생리활성물질도 함유하고 있어 항산화, 항염증 및 항고혈압 등의

다양한 약리효과도 인정되어 약용작물로 분류되어 있다(Lee et al., 2019).

울무 재배시 발생하는 해충으로 2000년대 이전에는 조명나방, 멸강나방 등이 문제 되었으나, 최근에는 외래해충인 열대거세미나방, 미국선녀벌레 등의 피해도 발생하고 있다(RDA, 2021). 이중 조명나방은 무방제시 종실 수량을 약 24% 감소하는 피해를 주는 등 가장 중요한 해충임에도 불구하고 울무에서의 방제 연구는 매우 미흡한 실정이다(Chang et al., 2000).

조명나방(*Ostrinia furnacalis* Guenée, 1854) (Lepidoptera: Crambidae)은 한국, 중국, 인도, 일본, 대만, 베트남 등 아시아에 주로 분포하며 러시아나 호주 등 일부 유럽과 오세아니아에서도 발견되는 해충이다(CABI, 2021). 주로 옥수수과 수수, 울

\*Corresponding author: yslee75@gg.go.kr

Received January 3 2022; Revised January 27 2022

Accepted February 4 2022

무와 같은 벼과(Gramineae) 작물을 포함하여 목화, 토마토, 고추, 생강 등에 피해를 주는데(Chang et al., 1998; Ishikawa et al., 1999; Caasi-Lit and Fernandez, 2006; Kim et al., 2016; Jung et al., 2021a; Jung et al., 2021b), 전북지역 인삼 재배지에서 발생 보고도 있다(Kim et al., 2008). 조명나방은 5~7령의 유충기를 거치는데 옥수수나 울무의 경우 유충이 식물체의 잎을 비롯해 줄기나 이삭 안으로 파고 들어가 섭식하기 때문에 줄기와 이삭이 꺾여 종실 수확량을 떨어뜨리며(Chang et al., 1998; Kim et al., 2016; Jung et al., 2021b), 피해 부위로 *Fusarium*속 곰팡이의 2차 피해가 발생할 수도 있다(Blandino et al., 2015). 외국에서는 조명나방 피해로 인해 필리핀 20~80%, 태국 50~96%, 인도네시아 80%까지 옥수수 수량이 감소한 사례가 있으며(Daha et al., 2016), 국내에서는 조명나방에 의한 피해주율이 옥수수 94%(Kim et al., 2016), 울무 37.6%(Chang et al., 1998)까지 발생한 사례가 있다. 조명나방은 국내에서는 연중 3세대 발생하는데(Chang et al., 1998; Kim et al., 2016; Jung et al., 2021a), 1세대(6월)와 2세대(7월 중하순) 3령 유충이 줄기에 구멍을 만들어 침입하기 전에 유충의 밀도를 억제하는 것이 매우 중요하다(Jung et al., 2021a). 옥수수에서 조명나방 방제를 위해 성페로몬트랩에 포획된 성충 최대 포획일로부터 carbofuran과 같은 침투이행성 살충제와 ethofenprox를 이용해 최대 82%까지 피해를 낮춘 보고가 있다(Jung et al., 2021b). 현재 국내 조명나방 방제용 약제는 5종의 작물(옥수수, 조, 수수, 울무, 인삼)에 18종의 살충제가 등록되어 있는데, 울무에 등록된 약제는 lambda-cyhalothrin과 flufenoxuron 2종에 불과한 실정이며, 이 약제들도 2000년도 이전에 등록된 것들로서 새로운 살충제의 검증을 통한 추가 등록이 필요한 시점이다(RDA, 2021). 또한 2019년부터 잔류허용기준(Maximum Residue Limit, MRL)에 등록되지 않은 농약은 잔류 기준을 0.01 ppm으로 강화하는 농약 허용물질목록 관리제도(Positive List System, PLS)가 전면 실시된 이후 농업인의 96%가 해당 작물에 등록되지 않은 약제는 사용하지 않는 것을 알고 있다(Lee et al., 2020). 하지만, 수확기가 가

까워졌을 때 새로운 해충이 출현했거나 살포하는 살충제의 비산으로 주변 작물에 농약잔류 문제가 발생할 수 있기 때문에 친환경 방제법이 필요하다.

본 연구는 소면적 약용작물인 울무의 주산지인 연천에서 조명나방의 발생양상을 조사하고, 이를 기반으로 5종의 살충제와 3종의 유기농업 자재에 대한 포장 방제효과 검정을 통하여 종합적 방제 방안을 제시하고자 하였다.

## 재료 및 방법

### 조명나방 발생밀도 조사

조명나방의 방제적기 설정을 위해 성페로몬 트랩을 이용하여 경기도 연천군(38°05'N 127°04'E)에서 5월 1일부터 10월 19일까지 3~4일 간격으로 트랩당 포획된 성충수를 조사하였다. 성페로몬 미끼는 Jung et al. (2021b)에 기술된 방법으로 제조하여 델타형 끈끈이트랩(Greenagrotech, Gyeongsan, Korea)에 장치하고, 트랩은 약 1.5 m 높이로 포장 주변에 2개를 약 15 m 간격으로 설치하였다.

### 시험약제

조명나방에 대한 살충활성 검정에 이용한 약제는 총 8종으로 화학농약 5종, 유기농업 자재 3종이었다(Table 1, Table 2). 화학농약의 경우 울무에 미등록된 살충제이며, 유기농업 자재는 해충 방제용으로 시판되는 약제들이었다.

### 방제효과 포장검정

조명나방 포장 방제효과 검정은 경기도 울무 주산지인 연천과 포천 2개소에서 2021년 6월 중순부터 7월 하순에 걸쳐 수행하였다. 울무 품종은 농가에서 일반적으로 재배하고 있는 조숙

**Table 1.** List of the five tested insecticides

Insecticide	AI <sup>a</sup> (%)	Formulation	RC <sup>f</sup> (ppm)	Group
Novaluron	10	SC <sup>b</sup>	50	Benzoylureas
Lufenuron	5	EC <sup>c</sup>	25	Benzoylureas
Spinetoram	5	SC	25	Spinosyns
Cyclaniliprole	4.5	SL <sup>d</sup>	23	Diamides
Flufenoxuron	5	DC <sup>e</sup>	25	Benzoylureas

<sup>a</sup>Active ingredient, <sup>b</sup>Suspension concentration, <sup>c</sup>Emulsifiable concentration, <sup>d</sup>Soluble concentration, <sup>e</sup>Dispersible concentration, <sup>f</sup>Recommended concentration.

**Table 2.** List of the three tested eco-friendly materials (EFM)

EFM	AI (%)	RC <sup>a</sup> (Dilution)
CCBP	Gosam extracts (90)	1,000 ×
LT	Neem extracts (60)	1,000 ×
JT	Citronella oil (30) + derris extracts (20) + cinnamon extracts (10)	1,000 ×

<sup>a</sup>Recommended concentration.

단간 다수성의 ‘조현(Johyun)’을 이용하였다(Jang et al., 2005). 종자는 점파식 인력파종기(HG10A, Pyeongteak, Korea)를 이용해 80×30cm 간격으로 직파하였고(연천, 4월 27일; 포천, 4월 25일), 점적관수로 수분을 공급하였으며 시험약제 외 약제살포 없이 재배하였다. 살충제 살포는 충전식 농약 분무기(KCS-432A, Ansan, Korea)를 사용하여 약액이 충분히 젖도록 처리하였다. 농촌진흥청 고시 「농약 및 원제의 등록기준」에 따라 약제는 1세대 유충의 피해가 보이기 시작하는 6월 하순에 7일 간격으로 2회 경엽처리 하였으며(살충제 6월 14일, 6월 21일; 유기농업 자재 6월 29일, 7월 6일), 최종 약제처리 30일 경과 후 피해경울을 조사하였다(RDA, 2019). 피해경울 조사 샘플수는 살충제, 유기농업 자재 시험에서 각각 260, 440본이었다. 방제가 (Control value, %)는 [(무처리구 피해경울-처리구 피해경울)/무처리구 피해경울]×100으로 산출하였다. 또한 약해시험은 기준량 및 배량의 농도로 처리하고 3, 5, 7일 후 외관상 약해 유무를 조사하였다. 모든 시험은 난괴법 3 반복으로 수행하였다.

## 통계분석

약제별 포장 방제효과 비교는 SAS 통계 프로그램(SAS Institute, 2011)을 이용하여 Duncan’s Multiple Range Test (DMRT)로 평균간 유의성 차이를 검정하였다.

## 결과 및 고찰

### 조명나방 발생양상

경기도 울무 주산지인 연천에서 조명나방의 성충은 5월부터 발생이 시작되어 10월 하순까지 총 3세대가 경과한 것을 확인할 수 있었다(Fig. 1). 1세대는 가장 높은 성충 밀도를 보인 가운데, 5월 상순(5월 7일)에 처음 관찰되어 6월 중순에 피크를 보이다가 7월 중순에 밀도가 낮아지는 경향을 보였다. 2, 3세대의 성충 밀도는 1세대 대비 크게 낮았던 가운데 2세대는 7월 중순

부터 8월 중순, 3세대는 8월 중순부터 10월 하순까지 관찰되었다. 1998년 연천에서 조명나방의 세대별 발생 기간은 1세대 5월 중순-6월 하순, 2세대 7월 하순-8월 중순, 3세대 8월 하순-9월 중순이었다는 보고가 있었고(Chang et al., 1998), 23년 후 같은 지역에서 조명나방의 최초 발생 시기가 5월 상순으로 빨라졌으며, 3세대는 10월 하순까지 발견되는 것으로 보아 전체 발생시기가 길어진 것으로 조사되었다. 이는 동절기 온도의 상승 등 기후변화의 영향을 받은 것으로 추정되나, 앞으로 추가 연구가 필요한 부분이라 생각된다. 조명나방의 피해를 최소화하기 위해서는 성충 밀도가 가장 높은 1세대를 방제하는 것이 매우 중요한데, 1세대 조명나방의 방제적기는 최대 발생일로부터 13일 전후라는 선행 연구결과를 감안할 때(Lee et al., 1980), 연천지역에서 방제적기는 6월 중하순이라 할 수 있다.

### 방제효과 포장검정

경기도 울무 주산지인 연천과 포천 2개소에서 살충제 5종에 대한 방제효과 시험을 하였다. 연천, 포천지역의 조명나방 유충에 의한 무처리구 평균 피해경율은 각각 28.0, 18.9%로 시험수행을 위한 무처리구 최소 피해경율인 5%를 만족하였다(RDA, 2019). 조명나방 유충에 의한 울무의 피해는 옥수수와 유사하여 부화 유충이 잎을 가해하다가 줄기 속으로 파고 들어가 섭식을 하며 이 과정에서 배설물은 밖으로 배출하며 피해 줄기는 고사하거나 꺾이는 증상(Chang et al., 1998; Kim et al., 2016; Jung et al., 2021b)을 보였다(Fig. 2). 연천지역 시험에서 novaluron SC (50 ppm), lufenuron EC (25 ppm), spinetoram SC (25 ppm), cyclaniliprole SL (23 ppm), flufenoxuron DC (25 ppm)의 조명나방에 대한 방제효과는 각각 92.0, 94.6, 93.2, 92.3, 90.7%로 높게 나타났다(Table 3). 포천지역에서 시험한 결과는 Table 4와 같다. 포천지역에서도 5종의 살충제는 울무 조명나방에 대하여 90% 이상의 방제효과를 보여 연천지역의 시험결과와 유사한 경향을 보였다.

3종 유기농업 자재의 울무 조명나방에 대한 방제효과를 2개소에서 검정하였다(Table 5). 포천지역에서 CCBP와 LT가 각각 75.0, 84.6%의 방제효과를 나타낸 것을 제외하면 모든 처리에서 살충제와 유사한 90% 이상의 높은 방제효과를 보였다. 연천, 포천지역의 조명나방 유충에 의한 무처리구 평균 피해경율은 각각 76.8, 69.3%로 매우 높게 나타난 것은 약제살포 시기가 살충제 처리보다 늦었고 피해경율 조사 과정에서 샘플수를 높였기 때문으로 보이며, 울무에서 조명나방에 대한 무방제시 심각한 피해가 우려된다는 것을 의미하기도 한다. 살충제 처리구에서의 평균 피해경율이 1.6%이었던 것에 반해 유기농업 자재

처리구에서는 13.3%로 높았다. 이는 식물성 재료로 구성된 유기농업 자재의 유효성분이 살충제보다 빨리 분해된 것으로 생각되며(Srivastava and Srivastava, 2011), 피해가 우려되는 지역의 경우 약제의 살포 간격 및 횟수를 조정해야될 것으로 생각된다.

5종의 살충제와 3종의 유기농업 자재의 추천량과 배량의 농도에서 울무(조현)에 대한 약해를 검정한 결과, 모든 처리에서 약해가 관찰되지 않았다(Table 6). 이를 통해 살충제인 novaluron SC (50 ppm), lufenuron EC (25 ppm), spinetoram SC (25 ppm), cyclaniliprole SL (23 ppm), flufenoxuron DC (25 ppm)과 유기

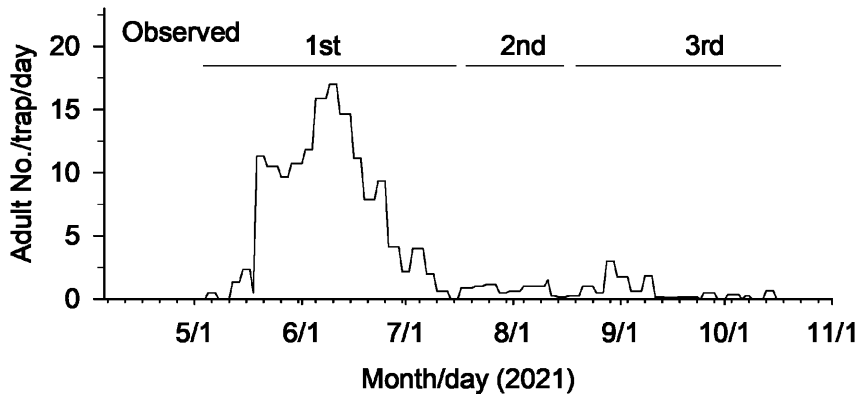


Fig. 1. Seasonal occurrence of Asian corn borer, *Ostrinia furnacalis* in the northern part of Gyeonggi province (Yeoncheon) in 2021.



Fig. 2. Damages of the Job's tears by Asian corn borer, *Ostrinia furnacalis* and the appearance of pesticide field test.

Table 3. Control effect of five insecticides against *Ostrinia furnacalis* in Job's tears field, Yeoncheon after 30 days of final treatment

Insecticide	Damaged Stem rate (%)				Control value (%)	DMRT <sup>b</sup>
	I	II	III	Mean <sup>a</sup>		
Novaluron	1.4	4.0	1.4	2.3	92.0	b
Lufenuron	1.7	2.0	0.8	1.5	94.6	b
Spinetoram	2.1	1.8	1.8	1.9	93.2	b
Cyclaniliprole	2.1	3.0	1.4	2.2	92.3	b
Flufenoxuron	3.6	2.9	1.3	2.6	90.7	b
Control	33.8	30.4	19.7	28.0	-	a

<sup>a</sup>Coefficient of variation: 44.7

<sup>b</sup>Means followed by the same letters are not significantly different at  $p < 0.05$  by Duncan's Multiple Range Test (SAS Institute, 2011).

**Table 4.** Control effect of five insecticides against *Ostrinia furnacalis* in Job's tears field, Pocheon after 30 days of final treatment

Insecticide	Damaged Stem rate (%)				Control value (%)	DMRT <sup>b</sup>
	I	II	III	Mean <sup>a</sup>		
Novaluron	1.1	0.9	1.3	1.1	94.3	b
Lufenuron	1.2	0.7	0.4	0.8	95.8	b
Spinetoram	0.4	1.1	0.3	0.6	96.9	b
Cyflumetofen	2.6	1.2	1.0	1.6	91.4	b
Flufenoxuron	1.2	1.4	1.7	1.4	92.5	b
Control	15.0	24.1	17.6	18.9	-	a

<sup>a</sup>Coefficient of variation: 49.2<sup>b</sup>Means followed by the same letters are not significantly different at  $p < 0.05$  by Duncan's Multiple Range Test (SAS Institute, 2011).**Table 5.** Control effect of three tested eco-friendly materials (EFM) against *Ostrinia furnacalis* in two Job's tears fields after 30 days of final treatment

Region	EFM	Damaged Stem rate (%)				Control value (%)	DMRT <sup>b</sup>
		I	II	III	Mean <sup>a</sup>		
Yeoncheon	CCBP	5.0	24.0	19.6	16.2	94.3	b
	LT	34.2	15.5	10.0	19.9	95.8	b
	JT	8.7	4.9	9.1	7.6	96.9	b
	Control	56.3	88.9	85.2	76.8	-	a
Pocheon	CCBP	8.0	24.0	20.0	17.3	75.0	b
	LT	8.0	12.0	12.0	10.7	84.6	b
	JT	17.9	4.0	8.0	8.0	90.4	b
	Control	60.0	56.0	92.0	69.3	-	a

<sup>a</sup>Coefficient of variation: Yeoncheon 44.08, Pocheon 40.33<sup>b</sup>Means followed by the same letters are not significantly different at  $p < 0.05$  by Duncan's Multiple Range Test (SAS Institute, 2011).**Table 6.** Phytotoxicity of seven pesticides to in Job's tears in two regions after 3, 5, and 7 days of treatment

Pesticides	Crop (Cultivar)	Phytotoxicity (0-5)	
		Recommended concentration	Double concentration
Insecticide	Novaluron	0	0
	Lufenuron	0	0
	Spinetoram	0	0
	Cyflumetofen	0	0
	Flufenoxuron	0	0
EFM	CCBP	0	0
	LT	0	0
	JT	0	0

농업 자재인 CCBP (gosam extracts 90%), LT (neem extracts 60%), JT (citronella oil 30 + derris extracts 20 + cinnamon extracts 10%)는 울무에 발생하는 조명나방에 대하여 2지역 모두에서 높은 방제효과를 보였으며, 2배량에서도 약해가 없어

울무 전용 살충제로써 이용이 가능할 것으로 생각된다. 본 연구에서는 울무 주요 해충인 조명나방 방제용으로 2000년도 이전에 등록된 살충제들에 추가하여 조명나방 발육과 번식을 떨어뜨리는 것으로 알려진 novaluron, lufenuron과 같은 benzoylurea

계통 등 작용기작이 다른 새로운 살충제들이 등록될 수 있는 기초자료를 제공하고 있다(You et al., 2012). 이로써 작용기작이 다른 약제들의 교호 살포가 가능할 것이며, 조명나방의 살충제 저항성 획득의 가능성을 낮출 수 있을 것으로 생각한다. 또한 친환경 농산물의 요구 증가에 맞춰 3종의 유기농업 자재를 제시하고 있다. 유기농업 자재의 활용은 2019년부터 전면 시행되고 있는 PLS 제도에 효율적으로 대응할 수 있을 뿐만 아니라, 조명나방 외 다른 해충의 밀도도 낮출 수 있는 효과도 기대할 수 있다. 조명나방의 종합적 방제(IPM)를 고려해 볼 때 성충의 예찰에 따른 방제적기의 결정, 방제용 살충제와 필요시 유기농업 자재의 활용이 가능해졌다고 의미를 둘 수 있다. 국내외에서 조명나방의 방제를 위해 품종간 특성을 이용한 내충성 품종의 개발, 조명나방의 발생을 억제할 수 있는 기피식물 또는 휘발성 물질(Volatile organic chemicals, VOCs), 곤충병원성 미생물과 기생성 알벌 등을 이용한 생물적 방제기술 개발 등 다양한 연구가 진행되고 있다(Jung et al., 2005; Gardner et al., 2011; Tan et al., 2011; Wang et al., 2012; Doha et al., 2016; Calumpang and Navasero, 2017; Alviar et al., 2021). 향후 각 방법들에 대한 실용성 검증을 바탕으로 유효한 방법들의 종합적 활용에 관한 추가 연구가 진행되어야 할 것으로 생각된다.

## Statements for Authorship Position & Contribution

- Lee, Y.S.: Gyeonggi-do Agricultural Research and Extension Services, Researcher; Designed the research, conducted experiments, analyzed the results, and wrote the manuscript.
- Jung, J.K.: National Institute of Crop Science, Researcher; Investigated insect density fluctuation, and edited the manuscript.
- Jang, J.H.: Gyeonggi-do Agricultural Research and Extension Services, Researcher; Validated ecofriendly materials efficiency, and edited the manuscript.
- Kim, S-H.: Gyeonggi-do Agricultural Research and Extension Services, Researcher; Validated insecticide efficiency.
- Choi, J.Y.: Gyeonggi-do Agricultural Research and Extension Services, Researcher; Validated statistics analysis.
- Lee, H.J.: Gyeonggi-do Agricultural Research and Extension Services, Researcher; Validated insecticide efficiency.

Lee, S-W.: Gyeonggi-do Agricultural Research and Extension Services, Researcher; Edited the manuscript.

Lee, Y.S.: Gyeonggi-do Agricultural Research and Extension Services, Researcher; Edited the manuscript.

All authors read and approved the manuscript

## Literature Cited

- Alviar, K.B., Duza, G.M., Mainem, C.A.T., Alcalde, G.T., 2021. Resistance mechanism exhibited by selected maize varieties to Asian corn borer *Ostrinia furnacalis* Guenee (Lepidoptera: Crambidae), Philippines. *AGRIVITA: J. Agric. Sci.* 43, 390-397.
- Blandino, M., Scarpino, V., Vanara, F., Suliyok, M., Krska, R., Reyneri, A., 2015. Role of the European corn borer (*Ostrinia nubilalis*) on contamination of maize with 13 *Fusarium* mycotoxins. *Food Addit. Contam. A*, 32, 533-543.
- Caasi-Lit, M.T., Fernandez, E.C., 2006. Survey of alternate host plants of Asian corn borer [*Ostrinia furnacalis* (Guenee)] in major corn production areas in the Philippines. *Asian Int. J. Life Sci.* 15, 47-71.
- CABI, 2021, *Ostrinia furnacalis* (distribution table). <https://www.cabi.org/isc/datasheet/38026> (accessed on 30 December, 2021).
- Calumpang, S.M.F., Navasero, M.M., 2017. Chemical basis for repellency of *Sargassum cinctum* J. Agardh (Sargaceae) against Asian corn borer, *Ostrinia furnacalis* (Guenee)(Lepidoptera: Crambidae). *J. ISSAAS.* 23, 103-113.
- Chang, S.W., Kim, H.D., Kang, C.S., Kim, S.K., 2000. Control system of Asian corn borer, *Ostrinia furnacalis* (Guenee) in *Coix lacryma-jobi* L. var. *ma-yuen* Stapf. *Korean J. Medicinal Crop Sci.* 8, 74-78.
- Chang, S.W., Yi, E.S., Kim, K.J., Lee, H.S., 1998. Occurrence and ecological characteristics of *Ostrinia furnacalis* Guenee, in adlay field. *Korean J. Medicinal Crop Sci.* 6, 328-332.
- Doha, L., Amin, N., Abdullah, T., 2016. The study on the roles of predators on Asian corn stem borer, *Ostrinia furnacalis* Guenee (Lepidoptera: Pyralidae). *Online J. Biol. Sci.* 6, 49-55.
- Gardner, J., Hoffmann, M.P., Pitcher, S.A., Harper, J.K., 2011. Integrating insecticides and *Trichogramma ostrinae* to control European corn borer in sweet corn: economic analysis. *Biol. Control.* 56, 9-16.
- Ishikawa, Y., Takanashi, T., Kim, C.G., Hoshizaki, S., Tatsuki, S., Huang, Y., 1999. *Ostrinia* spp. in Japan: their host plants and sex pheromones. In *Proceedings of the 10th International Symposium on Insect-Plant Relationships.* 91, 237-244.
- Jang, J.H., Yi, E.S., Choi, B.Y., Kim, I.J., Park, J.S., Kim, S.K., Kim, H.D., 2005. New variety "Johyun" of *Coix lacryma-jobi* var. *mayuen* Stapf with early maturity and short plant height. *Korean*

- J. Medicinal Crop Sci. 13, 122-125.
- Jung, J.K., Park, J.H., Iim, D.J., Han, T.M., 2005. Parasitism of *Trichogramma evanescens* and *T. ostriniae* (Hymenoptera: Trichogrammatidae) to eggs of the Asian corn borer, *Ostrinia furnacalis* (Lepidoptera: Pyralidae). Korean J. Appl. Entomol. 44, 43-50.
- Jung, J.K., Seo, B.Y., Kim, E.Y., 2021a. Effects of temperature on survival, development, and reproduction of the non-diapause Asian corn borer, *Ostrinia furnacalis* (Lepidoptera: Crambidae). Korean J. Appl. Entomol. 60(4), 449-462.
- Jung, J.K., Seo, B.Y., Jung, I-H., Kim, E.Y., Lee, S.W., 2021b. Application timings of insecticides to control the first generation of the Asian corn borer, *Ostrinia furnacalis* in waxy maize fields. Korean J. Appl. Entomol. 60, 431-448.
- Kim, H.J., Cheong, S.S., Kim, D.W., Park, J.S., Ryu, J., Bea, Y.S., Yoo, S.J., 2008. Investigation into disease and pest incidence of *Panax ginseng* in Jeonbuk province. Korean J. Medicinal Crop Sci. 16, 33-38.
- Kim, M.J., Yoon, S.T., Lee, H.K., Jo, H.C., Kim, S.I., 2016. Characterization of *Ostrinia furnacalis* (Lepidoptera: pyralidae) occurrence against maize and sorghum varieties in a paddy-upland rotation field. Korean J. Appl. Entomol. 55, 329-336.
- Lee, H.J., Lee, J.H., Jung, J.T., Lee, Y.J., Oh, M.W., Chang, J.K., Jeong, H.S., Park, C.G., 2019. Changes in free sugar, coixol contents and antioxidant activities of adlay sprout (*Coix lacryma-jobi* L. var. ma-yuen Stapf.) according to different growth stage. Korean J. Medicinal Crop Sci. 27, 339-347.
- Lee, Y.B., Hwang, C.Y., Choi, K.M., 1980. Study on efficient control timing of *Ostrinia furnacalis*. in: Research Report, Agricultural Sciences Institute, Rural Development Administration, Suwon. pp. 472-479.
- Lee, Y.D., Ahn, I., Lee, I.A., Jung, M.K., Choi, J.H., Joo, J.H., 2020. Awareness and pesticide use patterns of farmers after positive list system (PLS). J. Agri. Life Environ. Sci. 32, 425-435.
- MAFRA, 2021. Production performance of special crop 2020. Ministry of Agriculture, Food and Rural Affairs. p. 251.
- RDA, 2019. Agrochemicals management act. Rural Development Administration. Jeonju, Korea.
- RDA, 2021. Pesticide safety information system. Rural Development Administration. <https://psis.rda.go.kr> (accessed on 30 December, 2021).
- SAS Institute, 2011. SAS user's guide: statistics, version 9.3. SA Institute Inc. Cary, NC.
- Srivastava, S., Srivastava, A., 2011. Stability enhancement of Azadirachtin (a biopesticide) produced in vitro against atmospheric degradation. In Annual International Conference on Advances in Biotechnology. pp. 978-981.
- Tan, S.Y., Cayabyab, B.F., Alcantara, E.P., Ibrahim, Y.B., Huang, F., Blankenship, E.E., Siegfried, B.D., 2011. Comparative susceptibility of *Ostrinia furnacalis*, *Ostrinia nubilalis* and *Diatraea saccharalis* (Lepidoptera: Crambidae) to *Bacillus thuringiensis* Cry1 toxins. Crop Prot. 30, 1184-1189.
- Wang, Y., Yu, R., Zhao, X., Chen, L., Wu, C., Cang, T., Wang, Q., 2012. Susceptibility of adult *Trichogramma nubilale* (Hymenoptera: Trichogrammatidae) to selected insecticides with different modes of action. Crop Prot. 34, 76-82.
- Yoon, W.B., Kim, B.Y., Shin, D.H., 1997. Viscosity and dynamic rheological properties of Job's-tears as a function of moisture content. Korea J. Food Sci. Technol. 29, 932-938.
- You, L., Tian, S., Liu, W., Wei, H., Wang, G., 2012. Effects of benzoylphenylurea insecticides on the development and reproduction of the Asian corn borer, *Ostrinia furnacalis*. Chinese J. Appl. Entomol. 49, 1565-1571.