

열대거세미나방에 대한 옥수수의 요방제 수준 및 약제 살포방법에 따른 방제 효과 비교

이유경¹, 김현주², 최낙중^{1*}, 서보윤¹, 최준열³

¹국립식량과학원 작물기초기반과, ²국립식량과학원 기술지원과, ³전라북도 농업기술원
(2023년 03월 30일 접수; 2023년 06월 07일 수정; 2023년 06월 12일 수락)

Comparison of *Spodoptera frugiperda* Control Effects for Corn According to the Control Thresholds and Chemical Spraying Methods

You Kyoung Lee¹, Hyun Ju Kim², Nak Jung Choi^{1*}, Bo Yoon Seo¹, June Yeol Choi³

¹Crop Foundation Research Division, National Institute of Crop Science, 181 Hyeoksin-ro, Wanju 55365, Korea

²Technology Transfer Division, National Institute of Crop Science, 181 Hyeoksin-ro, Wanju 55365, Korea

³Jeollabuk-Do Agricultural Research and Extension Services, Iksan, 54591, Korea

(Received March 30, 2023; Revised June 07, 2023; Accepted June 12, 2023)

ABSTRACT

As global warming continues, the time of invasion of *Spodoptera frugiperda* has been advanced and the inflow rate has been increasing, leading to great increases in damage to crops. In this study, in order to minimize crop damage caused by *S. frugiperda*, the control period was set for corn fields through control thresholds, and the control effects according to the chemical spraying methods were investigated in forage corn field. Even under the condition of 4% injury level during the corn silking stage, the damage rate of ear was 70%, showing an aspect of extensive damage. The economic injury level of *S. frugiperda* second instar larvae was shown to be 0.7 larvae per stalk, and the control threshold level was shown to be 0.6 larvae. The income was calculated by applying the corn wholesale unit price, and according to the result, even under the condition of injury level of 4%, there was a loss of KRW 895,221/10a, and the higher the injury level, the greater the decrease in income. To control *S. frugiperda*, the insecticidal effects of 10 single formulations registered for *S. frugiperda* were tested, and according to the results, four types(emamectin benzoate, chlorantraniliprole, indoxacarb, and spinetoram) showed high insecticidal activity not lower than 93.3%, and three types (chlorantraniliprole, spinetoram, and indoxacarb) were considered to be effective in controlling *S. frugiperda* as they showed high residual effects through insecticidal effect persistence tests. Therefore, conventional control and aerial control were conducted twice at 7-day intervals with indoxacarb SC and chlorantraniliprol WP, which show high activity against *S. frugiperda*, respectively, prior to the silking of forage corn. As a result, conventional control showed higher control values, 46.3%p in the case of indoxacarb SC and 21.7%p in the case of chlorantraniliprol WP, than aerial control through the primary control. In the secondary control too, higher control values of 26.7%p in the case of indoxacarb SC and 40.4%p in the case of chlorantraniliprol WP were found in conventional control than in aerial control. Therefore, it is considered necessary to prepare measures to improve the control effects in the recent situation where alternative methods for manpower control are widely used.

Key words: *Spodoptera frugiperda*, Invasive pest, Corn, Control thresholds, Chemical control



* Corresponding Author : Nak Jung Choi
(njchoi@korea.kr)

I. 서 론

약 350여종의 식물을 가해하는 광식성 해충인 열대거세미나방(*Spodoptera frugiperda*; Smith, 1797)은 경제적으로 중요한 벼, 옥수수, 감자 등을 포함하여 전 세계적으로 다양한 농작물에 심각한 피해를 주는 것으로 보고되고 있다(Montezano et al., 2018). 이에 따라 열대거세미나방은 FAO(Food and Agriculture Organization)에 의해 세계 10대 식물위해성 해충으로 지정되었는데, 매년 아프리카에서는 옥수수 총 생산량의 20%에 달하는 13.5백만 톤(30억 달러)의 손실을 주며, 태국에서는 옥수수 생산량의 25~45%, 스리랑카에서는 약 10%의 피해가 발생하는 등 국제적으로 100억 달러 상당의 피해가 발생하는 것으로 추정되고 있다(FAO/CABI, 2019). 열대거세미나방은 최근 기후온난화로 인하여 겨울철 온도가 상승하고 중국 내 월동 가능지역이 증가하면서 국내 침입 시기가 빨라지고 유입량도 크게 증가하고 있다. 우리나라에서는 2019년 6월 제주 옥수수 포장에서 처음 발견된 이후, 전남, 경남 등 남부지방을 중심으로 여러 지역의 옥수수 포장에 발생하였으며(Lee et al., 2020), 유입세대에 의한 옥수수 피해주율은 평균 13.2%이며, 유입 후 세대에 의해서는 암이삭의 60% 정도가 피해를 받았다고 보고되어있다(Heo et al., 2021). 2020년에는 5월부터 옥수수 포장에 열대거세미나방이 발생하는 등 해마다 그 피해가 앞당겨져 확산되고 있으며(Moon et al., 2022), Jung et al. (2020)은 성페로몬 트랩에서 관찰된 열대거세미나방 성충의 연중 밀도변동 자료와 온도에 따른 발육과 생식 모델들을 이용하여 국내에 성충이 연중 4회까지 발생할 수 있다는 것을 추정하였다.

열대거세미나방은 암컷 1마리가 약 1,000개 이상의 알을 낳는 등 번식력이 매우 강하고, 산란 전에 500 km 이상, 제트기류를 타면 최대 1,000 km 이상 이동 가능하며, 미국 미시시피주에서 캐나다까지 30시간 만에 이동할 만큼 이동성이 강한 침입해충으로 알려져 있다(Johnson, 1987). 옥수수, 목화, 수수 등 기주식물의 선호도에 따라 옥수수 계통(corn strain)과 벼와 다양한 목초를 선호하는 벼 계통(rice strain)의 두 계통(strain)이 알려져 있는데(Dumas et al., 2015), 이 중 국내에 침입한 계통은 옥수수 계통으로 추정된다(Lee et al., 2020). 이들은 동족 포식(cannibalism) 성향이 강하기 때문에 부화한 어린 유충이 바람을 이용하여 옥수수 한 포기 당 1~2마리 수준으로 넓게 분산되어 굴을 파고

옥수수 내부로 들어가거나 잎을 말아 외부환경으로부터 몸을 보호하며 발육한다. 노숙유충은 발달 중인 옥수수 열매까지 섭식하여 피해를 주기도 한다(FAO/PPD, 2020).

이러한 열대거세미나방의 피해를 막기 위하여 정밀한 예찰과 함께 화학적 방제, 생물학적 방제, 물리적 방제 등 다양한 방제방법들이 시도되고 있다. 이중 화학적 방제는 성공률이 높아서 해충을 방제하는데 가장 일반적으로 사용할 수 있는 방제 수단으로 알려져 있지만, 살충제의 선택과 적용 및 처리 빈도에 따라 저항성이 발생하여 완벽한 방제효과를 보기 어렵기 때문에 많은 옥수수 농가들이 고충을 겪고 있는 실정이다(Bae et al., 2004). 한편, 2019년부터 전면 시행 중인 농약허용기준강화(PLS, Positive List System) 제도에 따라 병해충 방제를 위해서는 작물별로 등록된 농약을 안전사용기준에 따라 사용하여야 하며, 등록되지 않거나 기준이 없는 경우 0.01 ppm 미만으로 사용하여야 한다. 국내에는 농약안전정보시스템에 2023년 2월 기준으로 옥수수에 발생하는 열대거세미나방에 대해 42건의 약제 정보가 등록되어 있다. 하지만, 열대거세미나방은 2019년 국내에 처음 발생한 해충이므로 발생과 발육 생태 구명, 예찰과 방제법 등에 대한 정보를 확충하기 위하여 종합적인 연구가 필요한 형편이다.

이에 따라 본 연구에서는 옥수수에 발생하는 열대거세미나방 유충의 밀도와 피해량의 관계를 분석하여 요방제 수준과 적정 방제시기를 설정하고, 열대거세미나방 방제용으로 등록된 약제의 살포 방식에 따른 방제효과를 조사하여 현장 적용 가능성을 확인하고자 실험을 수행하였다.

II. 재료 및 방법

2.1. 시험곤충

열대거세미나방은 2020년 충남 서천군 서천읍의 옥수수 포장에 발생한 유충을 채집한 다음, 전북 원주 소재 국립식량과학원 곤충사육실에서 옥수수 유묘를 먹이로 공급하여 사육하였으며, 우화한 암수 성충 한 쌍을 산란상자에 넣고 10% 설탕물을 먹이로 제공하며 산란을 받았다. 사육조건은 온도 25±1°C, 광 16L:8D, 상대습도 50±10%로 설정하여 누대 사육하였다.

2.2. 방제시기 설정을 위한 요방제 밀도 설정

국립식량과학원 원내 포장에 망실(3.5 m × 4 m)을

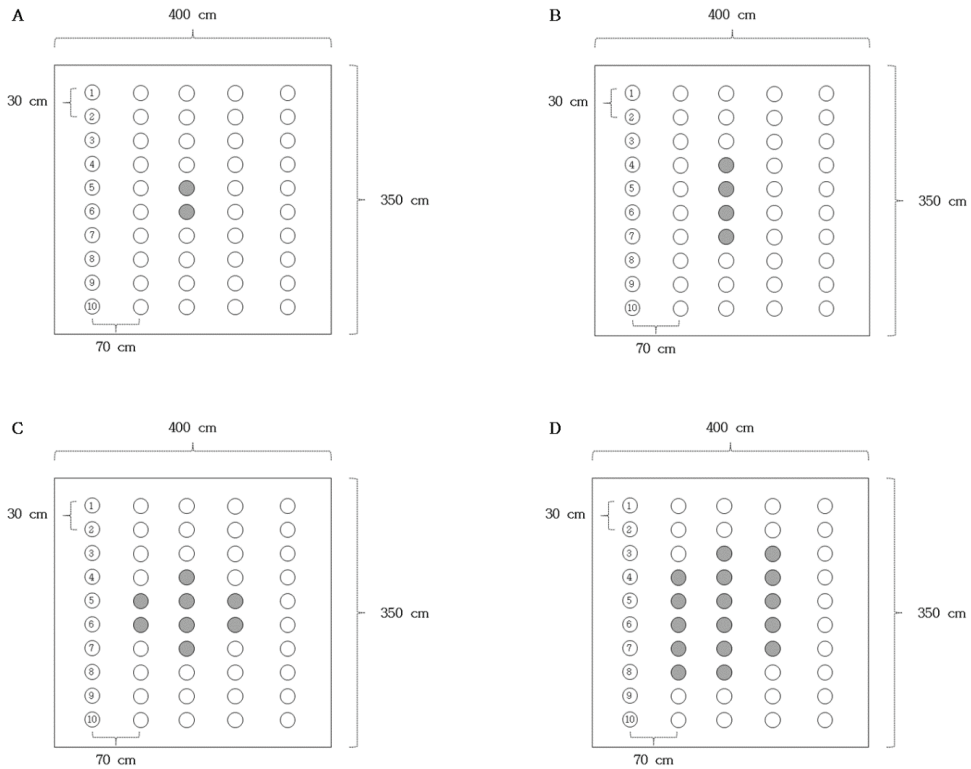


Fig. 1. Injury levels(A: 4%, B: 8%, C: 16%, D: 32%) conditions for setting the control threshold of *S. frugiperda*. Each black circle was inoculated with four larvae.

설치하고, 옥수수 ‘찰옥 4호’ 유묘를 정식하여 요방제 밀도 설정 시험을 수행하였다. 출사 전 찰옥수수 피해 주율을 설정하기 위해 열대거세미나방 2령 유충을 주당 4마리씩 접종하여 5개 조건(0%, 4%, 8%, 16%,

32%)으로 조절하고 3반복 수행하였으며(Fig. 1), 설정 피해주율에 따른 구역 당 피해주율, 피해과율을 조사하고 경제성을 분석하였다. 유충의 접종 밀도별 피해 주율과 피해과율의 관계식은 Excel 프로그램에서 단순

Table 1. List of foliage treatment insecticides used to control *S. frugiperda*

Group	MOA ^a	Insecticides	A.I. (%) ^b	Formulation	Dilution (times)
Avermectins	6	Emamectin Benzoate	2.15	EC	2,000
Benzoylhydrazides	18	Methoxyfenozide	21	SC	4,000
Carbamates	1a	Carbosulfan	20	WP	2,000
Diamides	28	Chlorantraniliprole	4	WP	2,000
		Cyantraniliprole	10.26	OD	4,000
Oxadiazines	22a	Indoxacarb	5	SC	1,000
		Deltamethrin	1	EC	1,000
Pyrethroids	3a	Lambda-cyhalothrin	1	EC	1,000
		Etofenprox	20	EC	1,000
Spinosin	5	Spinetoram	5	SC	2,000

^aMode of action, ^bActive ingredient

선형 회귀분석법을 이용하였다.

2.3. 생물활성 검정

옥수수에 발생하는 열대거세미나방 유충을 방제하기 위해 등록된 화학농약 단체 10종을 대상으로 생물검정을 실시하였다(Table 1). 열대거세미나방 2~3령 유충에 대한 살충 활성을 검정하기 위하여 3엽기의 건전한 옥수수를 채취하여 추천 농도별로 희석한 약제를 분무처리한 후 음건하고 탈지면을 이용하여 옥수수를 시험관에 고정시켰다. 각 시험관 당 2~3령 유충을 10마리씩 접종하고 약제별 3반복으로 5일차까지 살충 효과를 검정하였다. 열대거세미나방 유충에 대한 약제 잔효력 검정은 옥수수에 약제를 7일전, 1일전에 살포한 후 같은 시기에 열대거세미나방 3~4령 유충을 옥수수에 10마리씩 접종하여 4일차에 살충 활성을 조사하였다.

2.4. 인력 및 항공 방제 효과 검정

2.4.1. 시험 포장 및 열대거세미나방의 발생

본 실험은 충청남도 서천군 서면 소재 포장에서 재배중인 사료용 옥수수 ‘신황옥’에서 수행하였다. 시험포장 내에 열대거세미나방은 알부터 성충까지 혼재되어 있으며, 가장 큰 피해를 주는 유충을 대상으로 방제 효과를 검정하였다.

2.4.2. 화학농약 처리 방법 및 방제 효과 조사

인력방제와 멀티콥터를 이용하여 PLS에 따라 옥수수의 열대거세미나방에 등록되어 있는 인독사카브 액상수화제와 클로란트라닐리프를 입상수화제 2종의 화학농약을 대상으로 실험을 수행하였다. 인력방제는 2종의 화학농약을 추천농도로 희석하여 20L 배부식 분무기를 이용하여 7일 간격으로 2회 살포하였다. 멀티콥

터(DJI MG-1, 8엽기)는 인독사카브 액상수화제 16배, 클로란트라닐리프를 입상수화제를 32배로 희석하여 살포높이 2m, 진행속도 3m/s, 7일 간격으로 2회 살포하였다. 방제효과 검정을 위하여 구당 3지점, 지점당 50주에서 약제 처리 전 및 처리 후 7일 차 생충수를 조사하였다.

III. 결과 및 고찰

3.1. 요방제 밀도 수준을 통한 방제 시기 설정

열대거세미나방 2~3령 유충이 주로 발견되어 피해를 많이 주는 옥수수 출사기에 가해 수준이 옥수수의 수량에 미치는 영향을 조사하여 수량 감소율에 따른 요방제 수준을 설정하였다. 열대거세미나방을 출사 전에 접종하여 피해를 인위적으로 각각 0, 4, 8, 16, 32%로 조절한 후 수확기 옥수수의 피해주율과 수량을 조사하였다. 모든 처리구에서 높은 피해 양상이 나타났으며, 피해를 4%로 조절한 처리구에서도 전체 피해주율이 74%인 점을 보면 출사기에서 수확기의 기간 동안 열대거세미나방 유충의 피해가 매우 빠르게 확산되는 것을 확인할 수 있었다(Table 2). 이 결과를 바탕으로 열대거세미나방 유충의 접종밀도별 회귀 분석을 통해 피해주율은 $y = 1.01x + 44.38$ ($R^2=0.47$), 피해과율은 $y = 1.05x + 41.04$ ($R^2=0.53$)의 식을 얻을 수 있었다(Fig. 2). 이 값에 근거하여 열대거세미나방 2령 유충의 경제적 피해수준(Economic injury level)을 산출한 결과, 주당 0.7마리로 나타났으며, 경제적 피해수준의 80%를 요방제 수준으로 설정하면 0.6마리로 나타났다. 2021년 기준 옥수수 도매 단가인 2,027,838원/10a을 적용하여 소득을 산출한 결과(RDA, 2022), 처리별 소득차는 피해를 4%에서 총 금액 1,132,617원/10a이며, 손실액은 895,221원으로 조사되었다. 피해율이 4%를 초과하는 경우 소득 감소는 매우 크게 조사되어 판매

Table 2. Corn plant damage rate and ear damage rate of corn fields with artificially adjusted injury levels

Injury level (%)	Damaged plant (no./50 plant)	Rate of damaged plant(%)	No. of ear	Rate of damaged ear(%)
0	2.0	4.0	73.0	3.7
4	37.0	74.0	79.0	70.0
8	43.3	86.7	76.0	82.9
16	40.3	80.7	68.0	75.5
32	49.0	98.0	78.7	98.7

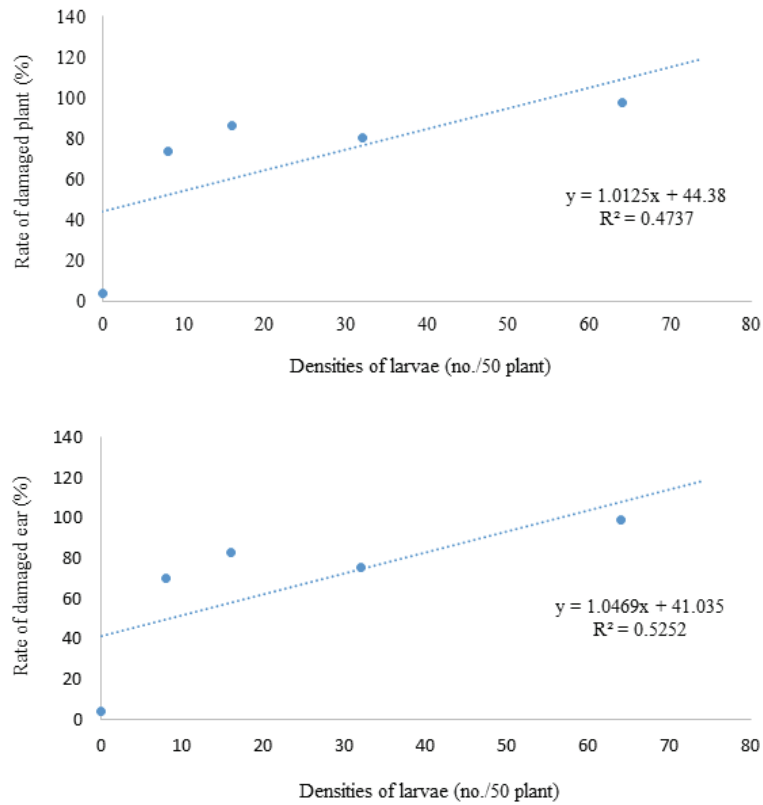


Fig. 2. Linear regression analysis of corn plant damage rates and ear damage rates by *S. frugiperda* larvae inoculation density.

가능한 찰옥수수 생산을 위해서는 열대저세미나방의 피해를 방지하기 위한 살충제 살포 등의 대책을 마련해야 할 것으로 분석된다(Table 3). 열대저세미나방에 의한 옥수수의 수량 피해는 영양생장단계에 따라 크게

달라지는데, 발아 후 6엽기까지의 초기에는 피해가 적고, 7엽기에서 이삭 출현기인 후기에는 피해가 가장 큰 것으로 알려져 있다. 옥수수의 영양생장 후기(8~12엽기)에 열대저세미나방 유충이 주당 0.2~0.8마리일 경

Table 3. Economic threshold levels at which pesticides sprayed against *S. frugiperda* in corn can be compensated based on cost/benefit analysis

Injury level (%)	No. of ear (no./10a)	Price (won/each)	Income (won/10a)	Gap of income ^a (won)	Cost of control (won/10a)
0	5,022		3,359,718	+1,331,880	
4	1,693		1,132,617	-895,221	
8	929	669	621,501	-1,406,337	44,170
16	1,143		764,667	-1,263,171	
32	71		47,499	-1,980,339	
Standard of income ^b	3,030		2,027,838	-	

^aGap of income: Income(won) - Standard of income(won)

^b2021 regional income data of agricultural product(corn in Chungcheongbuk-do, KOREA)

우 수량이 5~20% 감소된다는 결과도 보고되어 있다 (Marenco *et al.*, 1992). 따라서 본 시험에서 설정된 요방제 수준은 시험환경(품종, 옥수수 가격, 농약비용, 시험 포장 환경 등)에 따라 달라질 수 있으므로 접종시기와 장소를 다르게 하여 여러 번의 반복 시험을 거쳐 보완되어야 신뢰할 수 있는 자료가 될 것으로 사료된다.

3.2. 화학농약에 대한 살충효과

국내에서 열대거세미나방 방제용으로 등록된 단제 10종을 대상으로 2~3령 유충을 이용하여 살충효과를 검정하였다. 옥수수에 약제를 처리한 후 5일차 살충 활성을 조사한 결과, 에마멕틴벤조에이트, 클로란트라닐리프롤, 인독사카브, 스피네토람 약제는 93.3% 이상의 높은 살충 활성을 나타낸 반면 카보설판, 델타메트린, 에토펜프록스, 람다사이할로트린 약제는 3.3% 이하로 살충효과가 없었다(Table 4). 한편 옥수수에 약제를 처리하고 1일, 7일 후에 유충을 접종한 다음 4일차의 약효 지속성을 검정한 결과, 클로란트라닐리프롤, 스피네토람, 인독사카브 약제에 93.3% 이상으로 높은 살충효과가 나타났고, 람다사이할로트린 및 에토펜프록스는 13.3% 이하로 나타났다(Fig. 3). 작용기작이 다른 농약계통에 대한 열대거세미나방의 살충 활성을 검정한 결과, 카바메이트계, 합성 피레스로이드계 등을 포함한 6종 농약에서 살충률이 53.3% 이하로 낮게 나타났다.

리프롤, 인독사카브, 스피네토람 약제는 93.3% 이상의 높은 살충 활성을 나타낸 반면 카보설판, 델타메트린, 에토펜프록스, 람다사이할로트린 약제는 3.3% 이하로 살충효과가 없었다(Table 4). 한편 옥수수에 약제를 처리하고 1일, 7일 후에 유충을 접종한 다음 4일차의 약효 지속성을 검정한 결과, 클로란트라닐리프롤, 스피네토람, 인독사카브 약제에 93.3% 이상으로 높은 살충효과가 나타났고, 람다사이할로트린 및 에토펜프록스는 13.3% 이하로 나타났다(Fig. 3). 작용기작이 다른 농약계통에 대한 열대거세미나방의 살충 활성을 검정한 결과, 카바메이트계, 합성 피레스로이드계 등을 포함한 6종 농약에서 살충률이 53.3% 이하로 낮게 나타났다.

Table 4. Insecticidal activity of 10 insecticides with different modes of action against *S. frugiperda* larvae

Group	Insecticides	Dilution (times)	Mortality (Mean±SE)		
			1 DAT ^a	3 DAT	5 DAT
Avermectins	Emamectin Benzoate EC	2,000	20.0±26.5 c	96.7±5.8 a	100.0±0.0 a
Benzoylhydrazides	Methoxyfenozide SC	4,000	0.0±0.0 d	23.3±20.8 b	53.3±25.2 b
Carbamates	Carbosulfan WP	2,000	0.0±0.0 d	0.0±0.0 d	0.0±0.0 d
Diamides	Chlorantraniliprole WP	2,000	3.3±5.8 d	86.7±5.8 a	93.3±11.5 a
	Cyantraniliprole OD	4,000	0.0±0.0 d	16.7±15.3 bc	33.3±5.8 c
Oxadiazines	Indoxacarb SC	1,000	56.7±5.8 b	90.0±10.0 a	96.7±5.8 a
	Deltamethrin EC	1,000	0.0±0.0 d	0.0±0.0 d	3.3±5.8 d
Pyrethroids	Etofenprox EC	1,000	3.3±5.8 d	3.3±5.8 cd	3.3±5.8 d
	Lambda-cyhalothrin EC	1,000	0.0±0.0 d	0.0±0.0 d	0.0±0.0 d
Spinosin	Spinetoram SC	2,000	80.0±10.0 a	100.0±0.0 a	100.0±0.0 a
Control	-	-	0.0±0.0 d	0.0±0.0 d	0.0±0.0 d

^aDays after treatment

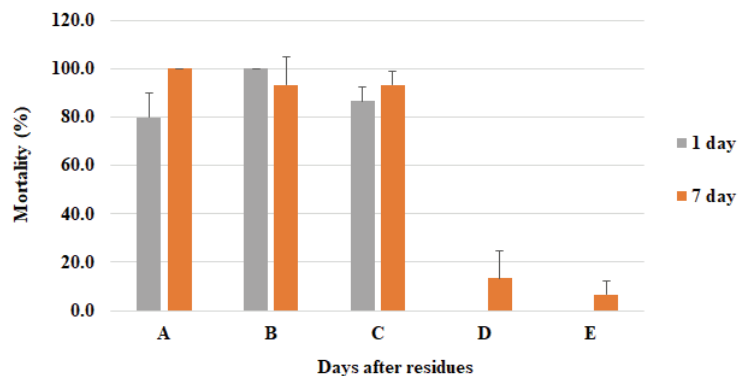


Fig. 3. Insecticidal effect persistence on day 4 after inoculation with the *S. frugiperda* larvae one day and seven days after pesticide treatment of corn. A: Chlorantraniliprole WP, B: Spinetoram SC, C: Indoxacarb SC, D: Lambda-cyhalothrin EC, E: Etofenprox EC.

디아마이드 계통 약제인 클로란트라닐리프롤은 낮은 농도에서 소화 섭식이나 효소 활성, 발육 등을 저하하는 것으로 알려져 있으며(He *et al.*, 2019), 같은 계통인 사이안트라닐리프롤 약제보다 살충효과가 높은 것으로 나타났다. 이를 통해 작용기작이 다른 4개 계통을 활용하는 것이 적절한 것으로 생각되며, 앞으로 약제 저항성을 최소화할 수 있는 종합 방제 프로그램 구축 시 교호 살포할만한 약제를 이용해야 할 것으로 사료된다.

3.3. 약제 살포 방법에 따른 방제 효과

열대거세미나방은 옥수수 재배기간 동안 지속적으로 발생하여 세대가 중첩되면서 다양한 발육태가 혼재되므로 밀도가 높지 않은 발생 초기에 집중 관리하지 않으면 방제하기가 매우 어려워진다. 그렇기 때문에 옥수수 포장에 발생한 열대거세미나방을 효과적으로 방제하기 위해 열대거세미나방에 등록된 화학농약 중 높은 살충 활성을 나타내며 옥수수에 사용이 가능한 인독사카브 액상수화제와 클로란트라닐리프롤 입상수화

제를 대상으로 배부식 분무기를 이용한 관행 방제와 멀티콥터를 이용한 항공 방제를 통해 효과를 검증하였다. 1차 약제 살포 7일 후 2개 약제 모두 관행 방제에서는 50% 이상의 방제가가 나타났지만, 항공 방제에서는 28.3% 이하의 낮은 방제가를 보였다. 2차 약제 살포 7일 후 관행 방제에서 인독사카브 액상수화제는 67.8%, 클로란트라닐리프롤 입상수화제는 98.1%의 높은 방제가가 조사되었다. 항공 방제에서 인독사카브 액상수화제는 40.5%, 클로란트라닐리프롤 입상수화제는 57.7%의 방제가가 조사되어 1차 약제 살포에서보다는 높아졌지만 관행 방제보다는 낮은 수준의 방제가를 나타내었다 (Table 5, Fig. 4). 이는 인력, 비용, 시간이 많이 소요되는 기존의 방제방식을 대체하기 위하여 항공방제를 활용하려는 노력이 계속적으로 시도되고 있지만(Jeong and Cho, 2022), 작물별 방제법과 사용기준이 아직 부족한 실정이며, 열대거세미나방의 특성으로 인해 멀티콥터를 이용한 항공 방제 시 열대거세미나방이 약제에 노출될 가능성이 낮았기에 효과가 적었던 것으로 생각

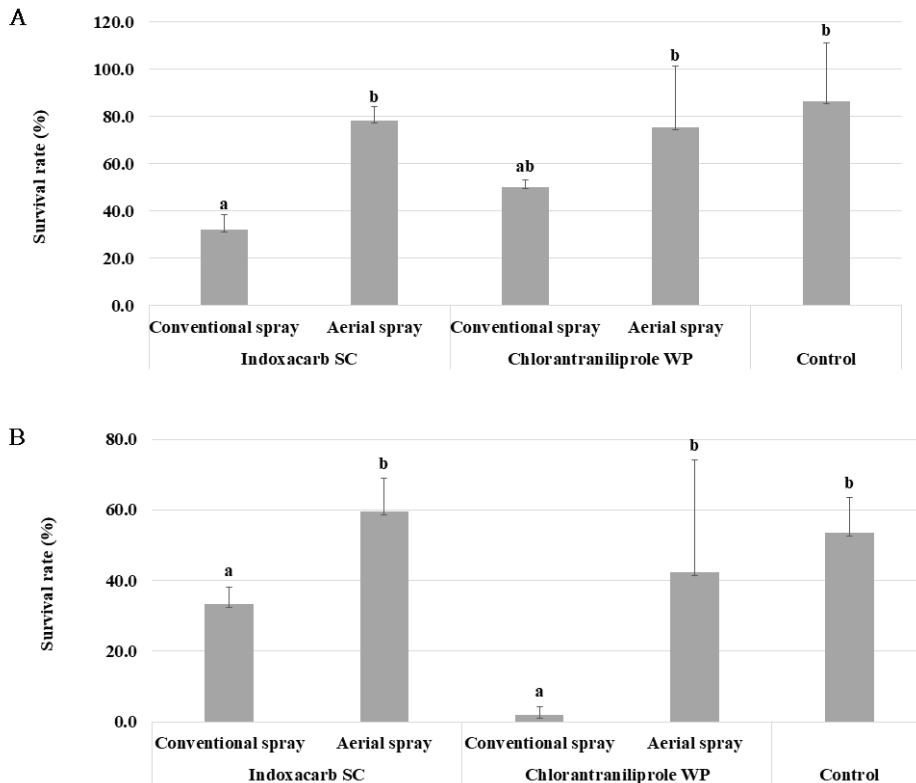


Fig. 4. Survival rates of *S. frugiperda* larvae after conventional spray and aerial spray. A: Survival rate 7 days after 1st spray, B: Survival rate 7 days after 2nd spray.

Table 5. Control effect after insecticide treatment on forage corn fields twice at 7-day intervals

Insecticides and formulation	Control method	Control effect of 7 DAS ^a	
		1st spray	2nd spray
Indoxacarb SC	Conventional spray	68.0	66.7
	Aerial spray	21.7	40.5
Chlorantraniliprole WP	Conventional spray	50.0	98.1
	Aerial spray	28.3	57.7

^aDays after spray

된다. 열대거세미나방은 기후온난화의 영향으로 서식지가 확대되고 있으며 중국 남부와 미얀마로부터 기류를 타고 국내로 유입되어(Li *et al.*, 2020), 향후 지속적으로 국내의 농작물 재배 포장에 매년 발생하여 피해가 예상되므로 이에 대한 대비가 필요하다.

따라서 농촌의 인력 부족, 고령화, 옥수수 재배 확대 가능성 등을 고려할 때 광식성인 열대거세미나방의 피해를 최소화하기 위하여 열대거세미나방의 철저한 예찰과 함께 발생밀도와 피해량의 관계를 분석하여 보다 정밀한 요방제 수준을 통해 적정 방제시기를 설정하고 좋은 방제 효과를 얻을 수 있는 효율적인 항공방제수단을 확충하려는 지속적인 연구와 노력이 필요한 시점으로 사료된다.

적 요

기후온난화가 지속되면서 국내에도 열대거세미나방의 침입 시기가 빨라지고 유입량도 증가하여 작물에 대한 피해도 크게 증가하고 있는 실정이다. 본 연구는 열대거세미나방에 의한 작물의 피해를 최소화하고자 옥수수 포장에 요방제 수준을 통한 방제시기를 설정하고 사료용 옥수수 포장에서 약제 살포 방법에 따른 방제 효과를 조사하였다. 옥수수 출사기에 피해율 4% 조건에서도 피해과율은 70%로 높은 피해 양상을 나타내었다. 열대거세미나방 2령 유충의 경제적 피해수준은 주당 0.7마리로 나타났으며, 요방제 수준은 0.6마리로 나타났다. 옥수수 도매 단가를 적용하여 소득을 산출한 결과, 피해율 4% 조건에서도 895,221원/10a 손실액이 났으며, 피해율이 높아질수록 소득 감소는 매우 큰 것으로 나타났다. 이를 방제하기 위하여 열대거세미나방에 등록된 단제 10종에 대해 살충효과를 검정한 결과, 4종 약제(에마멕틴벤조에이트, 클로란트라닐리프롤, 인독사카브, 스피네토람)에 대해 93.3% 이상의 높은

살충 활성을 나타내었으며, 약효 지속성 검정을 통해 3종 약제(클로란트라닐리프롤, 인독사카브, 스피네토람)에서 높은 잔류 효과로 열대거세미나방의 방제에 효과적인 것으로 생각된다. 따라서 열대거세미나방에 높은 활성을 나타내는 인독사카브 액상수화제, 클로란트라닐리프롤 입상수화제를 대상으로 사료용 옥수수의 출사 전에 관행방제와 항공방제를 각각 7일 간격으로 2회 실시하였다. 그 결과, 1차 방제를 통해 항공방제보다 관행방제에서 인독사카브 액상수화제 46.3%p, 클로란트라닐리프롤 입상수화제 21.7%p의 높은 방제가를 나타내었다. 2차 방제에서도 항공방제보다 관행방제에서 인독사카브 액상수화제 26.7%p, 클로란트라닐리프롤 입상수화제 40.4%p의 높은 방제가가 조사되었다. 이에 따라 인력방제 대체 수단을 많이 사용하는 최근 상황에서 방제 효과를 제고할 수 있는 방안 마련이 필요한 것으로 사료된다.

감사의 글

이 논문은 농촌진흥청 시험연구사업(PJ01534202)의 지원으로 수행되었습니다.

REFERENCES

Bae, S. D., H. J. Kim, Y. K. Hong, and H. J. Cho, 2004: Effects of sublethal concentration of insecticides on the pupal duration, emergence, adult longevity and oviposition of tobacco cutworm, *Spodoptera litura* (Fab.) (Lepidoptera: Noctuidae). *Korean Journal Applied Entomology* **43**, 175-180.

Dumas, P., F. Legeai, C. Lemaitre, E. Scaon, M. Orsucci, K. Labadie, S. Gimenez, A. L. Clamens, H. Henri, F. Vavre, J. M. Aury, P. Fournier, G. J. Kergoat, and E. d'Alençon, 2015: *Spodoptera frugiperda* (Lepidoptera: Noctuidae) host-plant

- variants: Two host strains or two distinct species? *Genetica* **143**, 305-316.
- Food and Agriculture Organization of the United Nations & CAB International. Community-based fall armyworm (*Spodoptera frugiperda*) Monitoring, Early warning and Management. *Training of Trainers Manual, First Edition. Digitized by Google*, 112pp.
- Food and Agriculture Organization of the United Nations & Plant Protection Division. 2020: Manual on Integrated Fall Armyworm Management.
- Hardke, J. T., J. H. Temple, D. R. Leonard, and R. E. Jackson, 2011: Laboratory toxicity and field efficacy of selected insecticides against fall armyworm (Lepidoptera: Noctuidae). *Florida Entomologist* **94**, 272-278.
- He, F., S. Sun, H. Tan, X. Sun, C. Qin, S. Ji, X. Li, J. Zhang and X. Jiang, 2019: Chlorantraniliprole against the black cutworm *Agrotis ipsilon* (Lepidoptera: Noctuidae): From biochemical/physiological to demographic responses. *Scientific Reports* **9**, 1-17.
- Heo, J. W., S. B. Kim, and D. S. Kim, 2021: Migratory and subsequent generation-related damage patterns of *Spodoptera frugiperda* in corn plants in Jeju, South Korea. *Korean Journal Applied Entomology* **60**, 221-228.
- Jeong, G. Y., and Y. Y. Cho, 2022: A study on efficient methods of pesticide control using agricultural unmanned aerial vehicles. *Journal of Internet of Things and Convergence* **8**, 35-40.
- Johnson, S. J., 1987: Migration and the life history strategy of the fall armyworm, *Spodoptera frugiperda* in the Western Hemisphere. *International Journal of Tropical Insect Science* **8**, 543-549.
- Jung, J. K., E. Y. Kim, I. H. Kim, and B. Y. Seo, 2020: Species identification of noctuid potential pests of soybean and maize, and estimation of their annual adult emergence in Suwon, Korea. *Korean Journal Applied Entomology* **59**, 93-107.
- Lee, G. S., B. Y. Seo, J. H. Lee, H. J. Kim, J. H. Song, and W. H. Lee, 2020: First report of the fall armyworm, *Spodoptera frugiperda* (Smith, 1797) (Lepidoptera, Noctuidae), a new migratory pest in Korea. *Korean Journal Applied Entomology* **59**, 73-78.
- Li, X. J., M. F. Wu, J. Ma, B. Y. Gao, Q. L. Wu, A. D. Chen, J. Liu, Y. Y. Jiang, B. P. Zhai, R. Early, J. W. Chapman, G. Hu, 2020: Prediction of migratory routes of the invasive fall armyworm in eastern China using a trajectory analytical approach. *Pest Management Science* **76**, 454-463.
- Marengo, R. J., R. E. Foster, and C. A. Sanchez, 1992: Sweet corn response to fall armyworm (Lepidoptera: Noctuidae) damage during vegetative growth. *Journal of Economic Entomology* **85**, 1285-1292.
- Moon, H. C., M. K. Choi, S. J. Jang, J. H. Lee, J. H. Kim, and H. G. Chon, 2022: The effect of temperature on the development of *Spodoptera frugiperda* (Lepidoptera: Noctuidae). *Korean Journal Applied Entomology* **61**, 349-356.
- Rural Development Administration. 2022: 2021 regional income data of agricultural product, 101pp.