

ORIGINAL ARTICLE

작물별 이화명나방의 발생양상 변동과 생물적 특성 연구

최낙중* · 최준열¹⁾ · 이봉춘 · 김상민 · 나지은 · 백채훈²⁾ · 이종진³⁾

국립식량과학원 작물기초기반과, ¹⁾농촌진흥청 연구운영과, ²⁾국립식량과학원 기획조정과, ³⁾전북대학교 농생물학과

Investigation of Biological Characteristics of Rice Stem Borer (*Chilo suppressalis* Walker) and Variation in its Occurrence Patterns Among Crops

Nak Jung Choi*, June–Yeol Choi¹⁾, Bong–Choon Lee, Sang–Min Kim, Ji–Eun Ra, Chai–Hun Baik²⁾, Jong Jin Lee³⁾

Crop Foundation Research Division, National Institute of Crop Science, Wanju 55365, Korea

¹⁾Research Policy Bureau, Rural Development Administration, Jeonju 54875, Korea

²⁾Planning and Coordination Division, National Institute of Crop Science, Wanju 55365, Korea

³⁾Agricultural Biology, Chonbuk National University, Jeonju 54896, Korea

Abstract

We analyzed the variation in occurrence time and intensity of attacks by the rice stem borer (*Chilo suppressalis* Walker) on several crops. This study aimed to understand how *C. suppressalis* damages crops and to utilize this basic data for the establishment of environment-friendly control methods like pheromone traps. This study surveyed the changes in occurrence patterns of *C. suppressalis*, biological characteristics of overwintering larvae, and the efficacy of different types of pheromone traps the years. We found similar occurrence patterns of *C. suppressalis* in different crops. In addition, occurrence time of the first generation was advanced. Overwintering larvae showed no difference in pupal period and weight compared to the non-overwintering ones. However, the larval period was reduced to 19.1 days in *Miscanthus* field, in contrast to that in the paddy fields. It was confirmed that larvae of *C. suppressalis* generally prefer the lower part of the stems of *Miscanthus*. Efficiency of the emergence trap was confirmed to be greater than that of the delta trap for capturing *C. suppressalis* adults. However, it is necessary to adjust the control period because of the advancement in occurring time of *C. suppressalis* in recent years. The larvae of *C. suppressalis* experience favorable environmental conditions for overwintering in *Miscanthus* fields. The major *Miscanthus* fields are generally located in the areas protected for sources of drinking water, owing to which spraying of chemical pesticides is very limited. The results of this study provide important inputs for the development of environment-friendly control methods.

Key words : Biological characteristic, *Chilo suppressalis*, Delta trap, Emergence trap, *Miscanthus*, Occurrence pattern, Rice

Received 10 October, 2016; Revised 25 October, 2016;

Accepted 7 November, 2016

*Corresponding author: Nak Jung Choi, Crop Foundation Division, National Institute of Crop Science, Wanju 55365, Korea
Phone : +82-63-238-5345
E-mail : njchoi@korea.kr

The Korean Environmental Sciences Society. All rights reserved.
© This is an Open-Access article distributed under the terms of the Creative Commons Attribution Non-Commercial License (<http://creativecommons.org/licenses/by-nc/3.0>) which permits unrestricted non-commercial use, distribution, and reproduction in any medium, provided the original work is properly cited.

1. 서론

이화명나방(*Chilo suppressalis* Walker, rice stem borer) 유충은 벼를 비롯한 피, 갈대, 줄풀, 억새 등 화본과 식물을 가해하는 해충으로, 국내뿐만 아니라 동남아시아, 중국, 일본 및 인도까지 광범위하게 분포하는 대표적인 해충이다. 이화명나방은 국내에서 월동하고 연 2회 발생하는 벼의 해충으로 1960년대 후반까지 전국적으로 매년 대발생하는 가장 중요한 벼의 해충이었다(Paik, 1967; Song et al., 1982). 그러나 1970년대 초부터 통일계 품종의 육성 재배에 따른 조기이앙, 조기수확, 다비밀식, 집중약제방제 등 재배법의 발전으로 발생량이 감소하여(Lee and Park, 1991; Lee, 1999) 1980년대 초반까지 낮은 밀도를 유지하다가 1980년대 후반 소폭 증가를 보였으나 현재까지 낮은 밀도를 보이고 있으며 일부 지역에서만 문제가 되는 국지적 해충이다(Park and Hyun, 1990; Uhm and Gallagher, 1996).

억새(*Miscanthus*)는 화본과에 속하는 C4 식물로 한국, 중국, 일본 및 동남아시아에서 분포하는 대표적인 섬유질계 바이오에너지작물 중의 하나이다(Greef et al., 1997; Lewandowski et al., 2000; Koonin, 2006; Jezowski, 2008; Atkinson, 2009; An et al., 2013). 최근 농촌진흥청에서 개발한 한국형 바이오에너지작물 ‘거대 1호’(*Miscanthus saccharilforus* cv. Geodae 1)는 물억새의 일종으로 생산량이 ha 당 최대 30 톤이나 되어 유럽, 미국 등에서 바이오에탄올 생산용으로 재배하고 있는 3배체 억새(*M. × giganteus*)와 비교하여 뒤지지 않고 습지에서도 생육이 양호하다(Moon et al., 2010). 이런 장점으로 ‘거대 1호’ 식재면적이 2010년에 4지역에서 0.5 ha로 시작되어 2012년에는 22지역에서 약 200 ha로 크게 늘어났으며 앞으로 계속 증가할 것으로 전망된다.

최근 거대 1호를 집단 재배하는 시험포장의 일부에서 억새 줄기를 가해하는 이화명나방 유충이 발견되었다(An et al., 2014). 억새밭의 이화명나방의 발생을 억제하기 위해서는 그간 벼에 발생하는 이화명나방을 대상으로 얻어진 정보에 의존하여 방제를 실시할 수밖에 없는 형편이었다. 억새밭에서의 해충의 서식 및 생태 변화에 대한 정보가 전혀 없고 주요 억새 식재지

가 농약살포가 어려운 상수도보호구역 등에 주로 분포되어 해충의 친환경 방제기술 개발이 필요한 상황이다. 본 연구는 이화명나방의 작물별 발생시기 및 발생량 변동을 분석하고, 억새를 기주로 한 이화명나방의 가해습성을 파악하고 유인트랩별 효율성을 비교하여 이화명나방 친환경방제방법 체계 확립에 기초자료로 활용코자 수행하였다.

2. 재료 및 방법

2.1. 작물별 이화명나방의 발생 비교

이화명나방의 월별 발생 변화 패턴과 발생량 변동을 분석하고, 발생 최성기를 확인하기 위하여 2014년부터 2016년에 걸쳐 각각 논(익산, 군산)과 억새(익산) 포장에 대상으로 조사를 실시하였다. 이화명나방을 포획하기 위해 시중에서 판매하고 있는 페로몬트랩을 사용하였고, 이화명나방을 유인하는 물질로는 이화명나방 성페로몬 루어(그린아그로텍 제품)를 사용하였다. 트랩운용기간은 2014년과 2015년은 5월부터 10월까지 6개월 간, 그리고 2016년은 3월부터 9월까지 7개월 동안 운용하였다. 조사지역 당 3반복 설치하였고 주 1회 조사를 실시하였다.

2.2. 이화명나방 월동유충의 유충기간, 용기간 조사

이화명나방의 월동유충이 성충 발생 패턴에 영향을 미치는지를 확인하기 위해 포장별로 월동유충을 채집하여 유충기간, 용기간 등을 조사하였다. 논포장 조사는 2016년 2월 16일부터 4월 14일까지 총 5회 채집을 실시하였고, 억새포장은 2016년 2월 23일부터 3월 24일까지 총 7회 실시하였다. 채집한 유충은 사육실내 항온항습조건(25±2℃, 60±5% RH, 16 L:8 D)에서 인공먹이(Han et al., 2012)를 이용하여 개체사육을 실시하였다.

2.3. 이화명나방 유충의 억새 줄기 가해 습성 조사

이화명나방 유충이 억새를 가해하는 습성을 파악하기 위해 억새를 임의적으로 선발하여 줄기 표면을 관찰하면서 유충의 침입 흔적인 침입공을 육안으로 조사하였다. 침입공 조사는 2015년과 2016년 7월, 연도별로 1회씩 실시하였다. 억새는 다년생 작물로 피해가 누적되어 나타나므로 억새 수확 후 새 줄기가 올라와

이화명나방 유충의 피해가 누적되지 않은 억새만을 조사대상으로 설정하였다. 억새 줄기를 지표면에서 절단하여 침입공의 수와 높이를 조사하여 가해 특성을 확인하였다.

2.4. 이화명나방 트랩별 포획효과 조사

트랩별 이화명나방 성충의 포획효과를 비교하기 위해 억새포장을 대상으로 델타트랩(그린아그로텍 제품)과 변형된 우화트랩(BugDorm 제품, 곤충용 우화트랩에 이화명나방 페로몬 루어를 부착하고, 트랩을 지상에서 50 cm 높이에 설치한 형태의 트랩, 본 논문에서는 우화트랩으로 명칭함)을 설치하여 이화명나방 성충의 포획수를 비교하였다. 성충을 유인하는 성페

로몬 루어는 두 트랩 동일한 루어(그린아그로텍 제품)를 사용하였고, 트랩의 운용시기는 2015년 5월부터 10월, 2016년 3월부터 9월까지 2년 동안 각각 6개월, 7개월 동안 조사하였다. 억새포장에 3반복 설치하여 2015년은 주 1회, 2016년은 10일간 간격으로 조사를 실시하였다. 델타트랩과 우화트랩에서의 이화명나방 성충의 포획수를 비교하여 두 트랩간의 포획효과를 비교하였다.

3. 결과

3.1. 작물별 이화명나방의 발생양상 비교

서식 환경에 따른 이화명나방의 발생변화를 알아

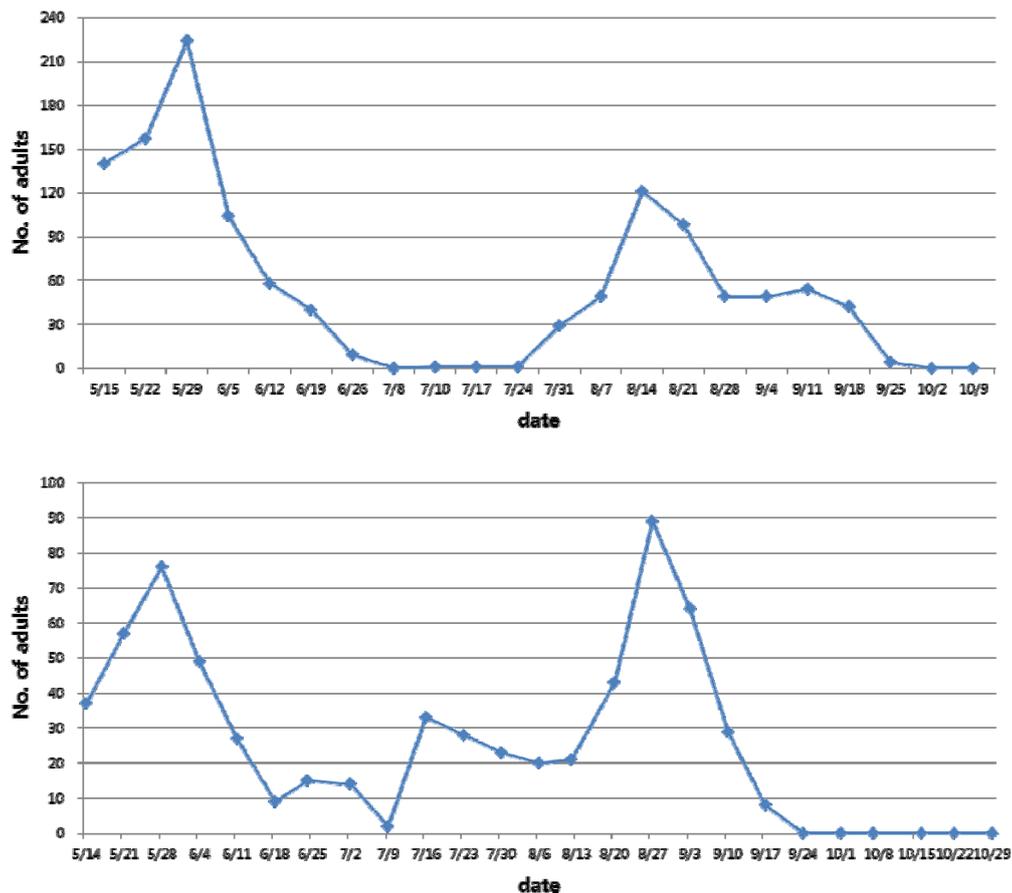


Fig. 1. Changes in occurrence of *C. suppressalis* in the paddy field (top, 2014) and *Miscanthus* field (bottom, 2015).

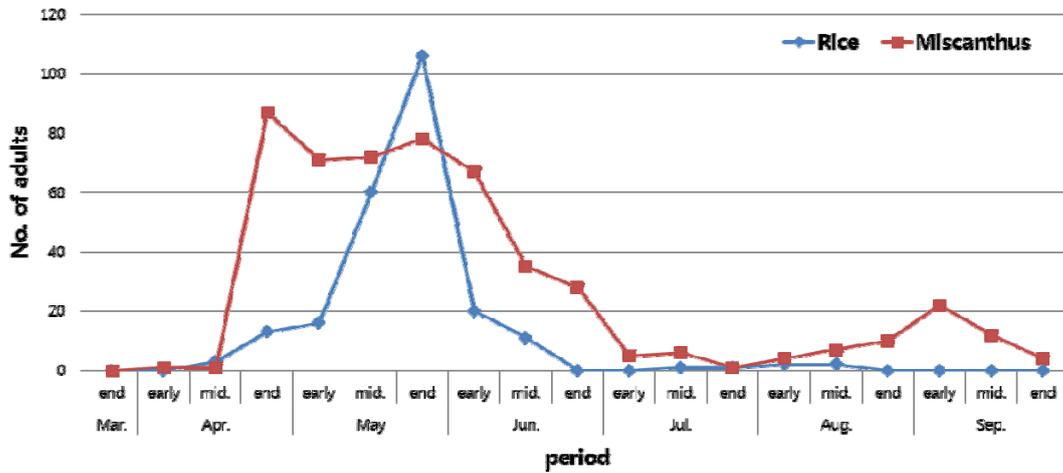


Fig. 2. Changes in occurrence of *C. suppressalis* in paddy and *Miscanthus* field (2016).

보기 위하여 벼에서 이화명나방의 발생은 2014년 5월 부터 10월까지 전북 익산시 송학동 포장, 2016년 3월 부터 9월까지 전북 군산시 성산면에 위치한 논에 페로 문 트랩을 설치하여 조사하였다. 역새에서 이화명나 방의 발생은 2015년 5월부터 10월까지, 2016년 3월부 터 9월까지 전북 익산시 용안면에 위치한 역새밭에 트 랩을 설치하여 조사하였다.

이화명나방의 총 채집수는 2014년 논에서 1,230마 리, 2015년 역새에서 644마리, 2016년 논과 역새밭에 서 각각 235마리, 511마리를 포획하였다. 이화명나방 의 발생수는 점차 줄어드는 경향을 보였다. 2015년에 논에서 조사를 하지 못해 연속적인 변화를 비교하기 어렵지만, 논외의 경우 매년 유사한 환경에서 재배하는 특징을 가지고 있으며 특히, 2012년 벼멸구의 대발생 이 후 해충발생률이 지속적으로 낮게 조사되어 해충 발생에 큰 변화가 없을 것으로 예상하였다. 2014년과 2015년 조사결과를 바탕으로 판단하여 벼와 역새에 서 이화명나방의 발생 패턴은 유사한 것으로 나타났 고(Fig. 1), 2016년 조사에서는 벼보다 역새에서의 발 생이 한 달 빠르게 나타났다(Fig. 2). 2014년부터 2016 년까지의 조사 결과, 이화명나방 1화기의 최성기는 6 월 중순 경인 것으로 보고되어 있으나, 이번 조사에서 는 벼와 역새에서 5월 하순 경으로 나타났는데, 2016 년 역새포장에서의 성충 발생은 4월 하순에 급격히 증

가하여 5월 하순까지 높은 발생 밀도를 보였다. 2014 년과 2015년의 조사에서 이화명나방 2화기의 발생 시 기는 벼에서는 8월 중순에 나타났으나, 역새에서는 9 월 초로 조사되었다. 2016년 조사에서 벼와 역새 모두 이화명나방 2화기의 발생량이 극히 낮았다.

두 작물간 이화명나방의 발생 패턴은 유사하다고 볼 수 있는데, 벼는 지속적으로 방제를 실시하는 환경 이고 역새의 경우 방제가 불가능한 지역에서 재배되 기 때문에 작물의 재배환경의 차이와 기후변화에 따 라 발생량과 발생 시기는 달라질 수 있으며, 이화명나 방 1화기의 발생 시기는 과거에 비해 빨라지고 있는 것을 확인하였다.

3.2. 이화명나방 월동유충의 유충기간, 용기간, 변태기 무게

작물별로 이화명나방의 월동유충을 채집하여 우화 율을 비교하였다. 벼포장에서는 벼의 그루터기에서 월동하는 유충을 채집하였고, 역새포장에서는 역새의 지하경을 포함한 역새줄기 속에 월동하는 유충을 채 집하여 각각 126마리, 103마리를 확보하였다. 채집한 월동유충은 곤충실험실내 사육실에서 인공먹이를 이 용하여 개체사육을 하였다.

사육실에서 개체사육을 통하여 유충기간, 용기간, 변태기무게를 조사하였는데, 유충기간은 벼와 역새에서

Table 1. Survey of biological characteristics of overwintering *C. suppressalis* larva in crop fields

Crop	No. of collecting	Larval period (day±SD)	Pupal period (day±SD)	Pupal weight (mg±SD)
Rice	126	39.9±14.13	10.1±2.29	58.5±14.29
<i>Miscanthus</i>	103	20.8±14.05	11.0±2.98	69.1±28.63

각각 39.9일(39.9±14.13), 20.8일(20.8±14.05), 용기간은 10.1일(10.1±2.29), 11.0일(11.0±2.98), 번데기 무게는 58.5 mg(58.5±14.29), 69.1 mg (69.1±28.63) 조사되었다(Table 1). 용기간과 번데기 무게는 차이가 없었으나, 유충기간은 벼보다 억새에서 19.1일이 짧게 조사되었다. 이것으로 억새포장이 논포장보다 이화명나방 유충이 월동할 수 있는 유리한 환경조건으로 판단되며, 유충기간의 차이가 2016년 벼와 억새에서 이화명나방 성충의 발생 시기가 다른 것에 대한 원인으로 파악된다.

3.3. 이화명나방의 억새줄기 가해 특성

억새 줄기를 가해하는 이화명나방 유충의 가해특성을 분석하고자 2015년과 2016년 7월, 2회에 걸쳐 억새 줄기 침입공을 조사하였다. 억새 수확 후 새줄기

가 올라와 이화명나방 유충의 피해가 누적되지 않은 억새만을 조사대상으로 설정하여 각각 240주, 300주를 조사하였다. 총 540주 중 190주에서 침입공을 발견하여 35.2%의 피해율을 보였다.

줄기 높이별로 조사한 침입공은 지표면에서 높아질수록 침입공의 수가 줄어드는 경향을 보였다(Table 2). 지표면으로부터 높이 10 cm까지의 억새줄기에서 침입공의 수가 26.1%를 차지하여 줄기 부분에서 피해가 가장 높은 부위로 조사되었다. 또한 줄기 30 cm 이하에서 침입공이 62.6%를 차지하여 이화명나방 유충은 일반적으로 억새 줄기 아랫부분을 선호하는 것으로 판단된다. 이처럼 이화명나방 유충은 억새 줄기의 아랫부분을 집중적으로 가해하여 바람에 의해 억새 줄기가 꺾이는 피해를 입게 되는 주요한 원인 중의 하나이다.

Table 2. Survey of invasion hole of larvae of *C. suppressalis*

Height of invasion hole (cm)	Year		Total
	2015	2016	
~10.0	23* (31.5)**	39 (23.6)	62 (26.1)
10.0~20.0	19 (26.0)	29 (17.6)	48 (20.2)
20.0~30.0	14 (19.2)	25 (15.2)	39 (16.4)
30.0~40.0	10 (13.7)	19 (11.5)	29 (12.2)
40.0~50.0	2 (2.7)	19 (11.5)	21 (8.8)
50.0~60.0	3 (4.1)	13 (7.9)	16 (6.7)
60.0~70.0	1 (1.4)	4 (2.4)	5 (2.1)
70.0~80.0	1 (1.4)	12 (7.3)	13 (5.5)
80.0~90.0	0 (0.0)	1 (0.6)	1 (0.4)
90.0~100.0	0 (0.0)	2 (1.2)	2 (0.8)
100.0~	0 (0.0)	2 (1.2)	2 (0.8)
total	73 (100.0)	165 (100.0)	238 (100.0)

* Number of invasion hole

** Ratio of invasion hole



Fig. 3. Invasion hole (left) and larvae of *C. suppressalis* (right) in *Miscanthus*.

3.4. 이화명나방의 트랩별 포획효과

국내 주요 억새 식재지는 농약살포가 어려운 상수도보호구역 등에 주로 분포되어 이화명나방 뿐만 아니라 억새에 피해를 주는 해충에 대한 방제가 어려운 실정이다. 그래서 억새밭에 발생하는 해충에 대한 친

환경 방제기술 개발이 시급히 필요하다. 억새를 기주로 한 이화명나방의 친환경적 방제체계 확립을 위한 기초자료로서 트랩별 포획효과를 비교하기 위해 델타 트랩과 우화트랩간의 이화명나방 성충의 포획수를 비교하였다(Fig. 4).

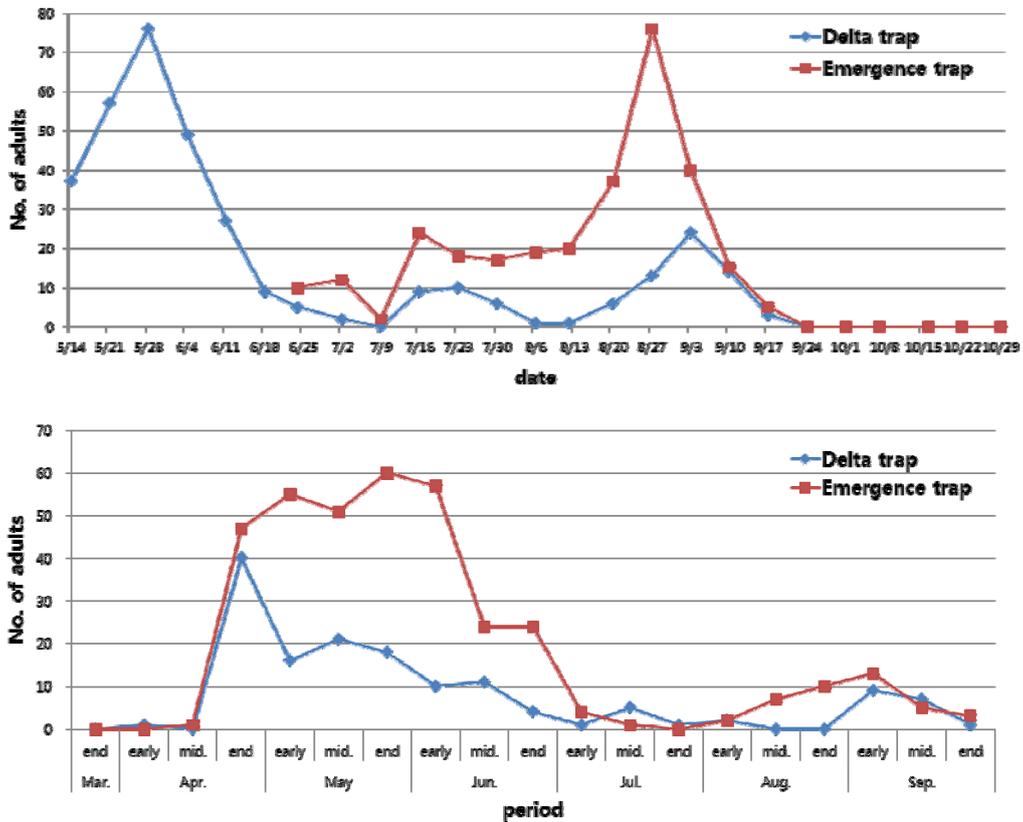


Fig. 4. Comparison of number of collecting adults of *C. suppressalis* (top: 2015, bottom: 2016) in the traps.



Fig. 5. An emergence trap (left) and a delta trap (right).

전북 익산 용안에 있는 역사재배단지 내에 델타트랩과 우화트랩을 2015년은 5월부터 10월까지, 2016년은 3월부터 9월까지 설치하여 이화명나방의 유인효과를 비교하였다. 델타트랩과 우화트랩에 포획된 이화명나방의 총 성충수는 2015년에는 각각 349마리, 295마리였고, 2016년은 147마리, 364마리로 조사되어 델타트랩보다 우화트랩이 이화명나방의 성충을 포획하는데 더 효과적이었다. 델타트랩과 우화트랩 모두 페로몬 루어를 이용하여 이화명나방을 유인하는데, 델타트랩은 유인된 이화명나방이 끈끈이에 달라붙지 않은 경우는 포획에 실패할 확률이 높다. 그러나 우화트랩은 이화명나방이 트랩 내부에 들어오면 외부로 탈출할 확률이 낮기 때문에 포획 확률이 높다. 현재 시판중인 델타트랩의 경우, 트랩 내부의 끈끈이를 교체해야 하는 불편함과 교체비용이 추가적으로 발생을 하지만 우화트랩의 경우 통 안에 포획된 이화명나방만 제거해주면 반영구적으로 사용이 가능하다. 두 트랩을 동일기간 포획된 성충을 제거하지 않고 유지할 경우 델타트랩은 끈끈이의 표면접착력이 급격히 낮아지지만 우화트랩은 접착력에 관계없이 일정한 효과를 유지할 수 있다. 그러므로 델타트랩보다 우화트랩을 활용하는 것이 살충제의 사용이 어려운 역사재배단지의 환경에서 이화명나방을 효과적으로 방제할 수 있는 경제적인 방법이라고 판단된다.

4. 결론

최근 3년간 서식 환경별 이화명나방의 발생패턴의 변화와 월동유충의 생물적 특성 및 트랩별 포획효과

를 조사하여 다음과 같은 결론을 얻을 수 있었다.

첫째, 두 작물 간 이화명나방의 발생 패턴은 유사하지만, 벼는 지속적으로 방제를 실시하는 환경이고 역새의 경우 방제가 불가능한 지역에서 재배되기 때문에 작물의 재배방법의 차이와 환경변화에 따라 발생량과 발생 피크 시기는 달라질 수 있으며, 이화명나방 1화기의 발생 시기는 과거에 비해 빨라지고 있는 것을 확인할 수 있었다.

둘째, 이화명나방 월동유충의 용기간과 번데기 무게는 차이가 없었으나, 유충기간은 벼보다 역사에서 19.1일이 짧게 조사되었다. 이는 역사포장이 논포장보다 이화명나방 유충이 월동할 수 있는 더 유리한 환경조건이기 때문으로 판단되며, 유충기간의 차이가 2016년 벼와 역사에서 이화명나방 성충의 우화 시기가 다른 것에 대한 원인으로 파악하였다.

셋째, 이화명나방 유충은 일반적으로 역사 줄기 아랫부분을 선호하는 것으로 판단된다. 이처럼 이화명나방 유충은 역사 줄기의 아랫부분을 집중적으로 가해하여 바람에 의해 역사 줄기가 꺾이는 피해를 입게 되는 주요한 원인 중의 하나로 확인하였다.

넷째, 2015년부터 2016년 총 2년간 역사포장에 트랩을 설치하여 트랩별 포획효과를 비교한 결과, 델타트랩보다 우화트랩이 이화명나방의 성충을 포획하는데 효과적인 것으로 조사되었다.

결론적으로 벼와 역사에서 이화명나방의 발생 패턴은 유사하지만 최근 발생 시기가 빨라지고 있으므로 이화명나방의 방제시기의 조정이 필요할 것으로 사료된다. 또한 이화명나방 유충은 역사포장에서 월동하기 유리한 환경적 조건을 가지고 있으며 방제하기

어려우므로 친환경적 방제방법을 개발할 필요가 있다. 그런 면에서 기존 델타트랩보다 변형된 우화트랩을 이용하는 것이 더 효과적이며 경제적인 것인 방법이라고 판단된다.

감사의 글

본 논문은 농촌진흥청 아젠다과제(과제번호: PJ009 24202)의 지원에 의해 이루어진 연구결과의 일부입니다.

REFERENCES

- An, G. H., Kim, J. K., Moon, Y. H., Cha, Y. L., Yoon, Y. M., Koo, B. C., Park, K. G., 2013, A New genotype of *Miscanthus sacchariflorus* Geodae-Uksae 1, identified by growth characteristics and a specific SCAR marker, *Bioprocess Biosyst. Eng.*, 36, 695-703.
- An, G. H., Yang, J. W., Jang, Y. H., Um, K. R., Kim, S., Cha, Y. L., Yoon, Y. M., Moon, Y. H., Ahn, J. W., Yu, G. D., 2014, Overwintering pattern of larvae of *Chilo suppressalis* Walker in the bioenergy crop *Miscanthus sacchariflorus* cv. Geodae 1, *Korean J. Crop Sci.*, 59, 369-374.
- Atkinson, C. J., 2009, Establishing perennial grass energy crops in the UK: A Review of current propagation options for *Miscanthus* *Biomass Bioenergy*, 33, 752-759.
- Greef, J. M., Deuter, M., Jung, C., Schondelmaier, J., 1997, Genetic diversity of European *Miscanthus* species revealed by AFLP fingerprinting, *Genet. Resour. Crop Ev.*, 44, 185-197.
- Han, L., Lu, S., Liu, P., Peng, Y., Hou, M., 2012, New artificial diet for continuous rearing of c (Lepidoptera: Crambidae), *Annals of the Entomological Society of America*, 105, 253-258.
- Jezowski, J., 2008, Yield traits of six clones of *Miscanthus* in the first 3 years following planting in Poland, *Ind. Crop Prod.*, 27, 65-68.
- Koonin, S. E., 2006, Getting serious about biofuels?, *Science*, 311, 435.
- Lee, C. S., Park, H. J., 1991, Changes in the occurrence pattern of the striped rice borer, *Chilo suppressalis* Walker, in Korea, *Korean J. Appl. Entomol.*, 30, 249-257.
- Lee, J. H., 1999, Development of insect population dynamics and forecast models: A Case of *Chilo suppressalis* (Walker) occurrence in Suwon, *Korean J. Appl. Entomol.*, 38, 231-240.
- Lewandowski, I., Clifton-Brown, J. C., Scurlock, J. M. O., Huisman, W., 2000, *Miscanthus*: European experience with a novel energy crop, *Biomass Bioenerg.*, 19, 209-227.
- Moon, Y. H., Koo, B. C., Choi, Y. H., Ahn, S. H., Bark, S. T., Cha, Y. L., An, G. H., Kim, J. K., Suh, S. J., 2010, Development of “*Miscanthus*” the promising bioenergy crop, *Kor. J. Weed Sci.*, 30, 330-339.
- Paik, W. H., 1967, Insect pests of rice in Korea in major insect pests of rice plant, *Johns Hopkins Univ., Press*, 657-674.
- Park, C. G., Hyun, J. S., 1990, Studies on the regional characteristics in the occurrence of the rice stem borer, *Chilo suppressalis* (Walker) in Korea, *Korean J. Appl. Entomol.*, 29, 257-268.
- Song, Y. H., Choi, S. Y., Hyun, J. S., 1982, A Study on the phenology of the striped rice borer, *Chilo suppressalis* (Walker), in relation to the introduction of new agricultural practices, *Korean J. Plant Prot.*, 21, 38-48.