

답전윤환 포장 내 옥수수 및 수수 품종들에 대한 조명나방 발생 특성

김민준 · 윤성택¹ · 이희권² · 조형찬³ · 김순일*

(주)나리소 기능성연구소, ¹단국대학교 농업생명자원대학, ²고창군 농업기술센터, ³우석대학교 재활학과

Characterization of *Ostrinia furnacalis* (Lepidoptera: Pyralidae) Occurrence Against Maize and Sorghum Varieties in a Paddy-upland Rotation Field

Min Joon Kim, Sung-Tag Yoon¹, Hee-Kwon Lee², Hyeong-Chan Jo³ and Soon-Il Kim*

The Biological Activity Research Institute, Nareso Co., Ltd., Suwon 16614, Republic of Korea

¹College of Bio-resources Science, Dankook University, Cheonan 31116, Republic of Korea

²Department of Rural Community Development, Gochang Agricultural Technology & Extension Center, Gochang 56440, Republic of Korea

³Department of Rehabilitation, College of Health Sciences & Social Welfare, Woosuk University, Wanju 55338, Republic of Korea

ABSTRACT: Occurrence of oriental corn borer, *Ostrinia furnacalis*, and yield in a paddy-upland rotation field for 8 maize (Eolrukchal 1, Heugjeom 2, Miheukchal, Ilmichal, Heukjinjuchal, Chalok 4, Mibaek 2, Daehakchal) and 7 sorghum (Hwanggeumchal, Anzunbaengisusu, Moksaksusu, Sodamchal, DS-202, Nampungchal, Donganme) varieties has been surveyed. In a monitoring study using a pheromone trap carried out from 15 May to 10 September, the density of *O. furnacalis* adults increased rapidly from about 2 weeks after maize planting and reached the highest density at mid June. After that, their density was fluctuated a little at earlier September. The number of the damaged maize and invasive pores on the stem of 2 maizes and sorghum varieties was examined. The mean number of the damaged maize per 20 plants was 19 and 18 plants, and the number of invasive pores was 1.8 and 1.4 per maize stem in Daehakchal and Mibaek 2, respectively. In a survey carried out at harvest period using 8 maize varieties, the damaged ratio was 94%, 92%, 71%, 64%, 54%, 52%, and 45% in Daehakchal, Mibaek 2, Ilmichal, Eolrukchal 1, Chalok 4, Miheukchal, and Heugjeom 2, respectively. The number of invasive pore per Ilmichal stem was 1.4 and that of the others was less than 1.0 per stem. In addition, the damaged ratio of maize ears was 50% in Ilmichal, 40% in Heukjinjuchal, 37% in Daehakchal, etc. The damage pattern of 2 sorghum varieties, Nampungchal and Donganme, by *O. furnacalis* larvae was steeply increased from planting to 2 months and the trend was continued up to earlier August. At this time, the mean number of damaged sorghum was 13 and 9.2 plants for Nampungchal and Donganme, and the number of invasive stem pores was 1.06 and 0.46, respectively. In another survey carried out at harvest period for 7 sorghum varieties, their damaged ratio was 95% in DS-202, 76% in Moksaksusu, 75% in Sodamchal, 67% in Nampungchal, 57% in Anzunbaengisusu, 46% in Donganme, and 34% in Hwanggeumchal. The damage of sorghum varieties was much higher and severer than that of maizes by *O. furnacalis* larvae. The number of invasive pores on a sorghum stem was 1.7 in DS-202, 1.4 in Moksaksusu, 1.3 in Sodamchal, 1.1 in Nampungchal, 1.0 in Anzunbaengisusu, 0.5 in Donganme, and 0.4 in Hwanggeumchal. Meanwhile, there was no distinct connection between damaging results and yields of maizes and sorghums by *O. furnacalis* larvae in a paddy-upland rotation field. These results from this study can be applicable for the establishment of a management strategy to control Oriental corn borer in paddy-upland rotation fields for maize and sorghum.

Key words: *Ostrinia furnacalis*, Paddy-upland rotation field, Maize, Sorghum

조 록: 답전윤환 옥수수 8품종 및 수수 7품종 재배포장에서 조명나방 발생 및 수확 특성을 조사하였다. 매주 이뤄진 성충 트랩 조사에서 조명나방 밀도는 정식 2주 후부터 급격히 증가하여 6월 중순에 최성기에 도달 후 감소하다 9월 초 소폭 증가 후 감소하였다. 조명나방 유충에 의한 피해주수와 침입공수를 매주 옥수수 미백2호와 대학찰 그리고 수수 남풍찰과 동안메를 대상으로 조사하였다. 그 결과, 대학찰과 미백2호에서 피해주가 각 20주당 19주와 18주였고, 주당 침입공수도 6월말부터 꾸준히 증가하여 수확기인 7월말에 대학찰은 주당 평균 1.8개, 미백2호는 1.4개로 나타났다. 수확기에 옥수수 8품종에 대한 피해율과 침입공수를 조사한 결과, 대학찰 94%, 미백2호 92%, 일미찰 71%, 일룩찰1호 64%, 찰옥4호 54%,

*Corresponding author: weed90@hanmail.net

Received June 13 2016; Revised September 19 2016

Accepted October 3 2016

미혹찰 52%, 흑점2호 45%이었다. 주당 침입공수는 일미찰이 1.21개였고 나머지 품종들에서는 1개 미만이었다. 또한 옥수수 각 품종별로 이삭 10개씩 3반복으로 조명나방 유충에 의한 이삭 피해를 조사한 결과, 일미찰 50%, 흑진주찰 40%, 대학찰 37%, 미혹찰과 흑점2호 13%, 얼룩찰 7% 그리고 미백2호 3% 등이었다. 수수 주요 재배품종들인 남풍찰 및 동안메는 정식 후 2개월까지 20주 평균 4주 미만으로 피해를 입다가 8월 초에 피해가 급증하여 평균 피해주는 남풍찰이 13주, 동안메는 9.2주였고 주 당 침입공수도 8월 초부터 나타나기 시작해 남풍찰은 주당 평균 1.06개, 동안메는 주당 평균 0.46개였다. 수확기 수수 품종별 조명나방에 의한 피해를 조사한 결과, DS-202 95%, 목탁수수 76%, 소담찰 75%, 남풍찰 67%, 앓은뱅이수수 57%, 동안메 46% 그리고 황금찰 34%로 7품종 모두 조명나방에 의해 높은 피해를 입었다. 침입공수 또한 피해율에 비례해서 DS-202(1.7개), 목탁수수(1.4개), 소담찰(1.3개), 남풍찰(1.1개), 앓은뱅이수수(1개), 동안메(0.5개) 그리고 황금찰(0.4개)로 관찰되었다. 한편, 답전윤환 옥수수 및 수수 포장에서 조명나방 피해와 수확 특성은 인과관계를 보이지 않는 것으로 나타났다. 이상의 결과는 답전윤환 옥수수 및 수수 재배포장에서 조명나방의 관리대책을 구축하는데 활용될 수 있을 것으로 기대한다.

검색어: 조명나방, 답전윤환포장, 옥수수, 수수

답전윤환은 농경지의 고도이용기술의 형태로 논에서 밭으로 윤환하여 벼와 밭작물을 번갈아가면서 재배하는 농법으로 국내에서도 관심을 갖고 1990년대 이후 꾸준히 관심을 받고 있는 분야이다. 중부지역의 답전윤환 포장에서 재배한 식용옥수수 품종들은 윤환 2-3년 후 수량이 가장 증가하였고, 토양물리성 또한 개선되었으며 밭 작물 기간이 길수록 기상율이 증가하는 경향을 보였다(Kim et al., 1993). 이처럼 논-밭 윤환 시스템에서 최적 윤환 시기는 작물들을 밭에서 3년 그리고 논에서 3년 재배하는 것으로 조사되었는데, 이는 3-4년의 윤환이 토양 비옥도를 감소시키고 병, 해충, 잡초의 출현을 증가시키는 주기이기 때문이다(Yoon et al., 2014). 이러한 답전윤환 포장에서는 밭 작물로 콩을 재배하면 토양 유기물함량과 정량관 관계를 보이면서 질소고정균인 *Bradyrhizobium japonicum*의 밀도도 증가하였다(Park et al., 1997). 토양 유기물은 논에서 밭으로 윤환할 경우, 논 상태와 같은 수준을 유지하기는 어렵고 무기태질소 함량도 수도 연작포장에 비해 밭에서 논으로 전환한 논 무기태질소 생성량이 크게 증가하는 특성을 보인다(Ahn et al., 1992).

옥수수는 콜럼버스 시대부터 남미에서 북미 캐나다 접경지까지 확대되어 지금은 전 세계 3대 작물의 하나로 식용에서부터 사료용까지 다양한 분야에서 이용되고 최근에는 바이오에탄올 등 바이오에너지 산업의 중요한 작물로 인식되고 있다(RDA, 2011). 옥수수는 일반옥수수, 찰옥수수, 단옥수수, 튀김옥수수 등 다양하게 분류되고 있으며 우리나라에서는 대부분 찰옥수수를 재배하여 간식용, 가공용 등으로 이용하고 있다(Hallauer, 2001). 단옥수수는 남부지방에서 소득작물로 많이 재배되었지만 종자 수급이 원활하지 않아 찰옥수수 재배로 많이 전환되고 있다(Lee et al., 2013). 수수 역시 가금사료로서 옥수수, 밀, 보리, 쌀과 더불어 활용되고 있는 중요 경제작물로, 미국과 같은 주요 축산국들에서 육계, 칠면조 및 산란계 분야에서 2번째로 많이 사용되고 있는 곡물이다. 하지만 비육우 영양 전문가들에 따르면, 대다수 축산농들은 옥수수를 가장 선호하는

곡물 사료로 인식하고 있고 다른 곡물들은 부수적인 에너지원으로 여기고 있다고 한다(Galyean & Gleghorn, 2001; Vasconcelos & Galyean, 2007).

해충으로서 국내에 보고된 조명나방류는 4종으로 이들 중 조명나방(*Ostrinia furnacalis*)이 가장 중요하다(Park, 1975; Park & Boo, 1993; 1994). 조명나방은 주로 옥수수, 조, 수수, 대마, 생강, 울무 등 다양한 작물들을 가해하는데, 특히 조명나방은 우리나라에서 년 3회 발생하고 3회기 유충이 옥수수나 수수의 그루터기 또는 줄기 속에서 월동하여 이듬해 5-6월에 우화하여 산란한 유충이 잎, 줄기, 이삭 등을 가해하여 생산성에 피해를 입히는 경제해충이다(Lee et al., 1980). 비록 조명나방이 경제해충으로서 관행농 옥수수 포장에서 중요할지라도, 옥수수를 비롯한 수수와 같은 잡곡류 재배 답전윤환 포장에서 성충 발생 양상 및 유충 피해 특성에 관한 연구는 미흡한 것이 사실이다.

본 연구는 답전윤환 옥수수 및 수수 포장에서 조명나방의 발생특성 및 가해 특성을 알아보기 위해 트랩조사에 의한 조명나방 성충의 포장 발생 현황, 유충에 의한 생육기 및 수확기 가해 특성 그리고 이에 따른 각 품종별 수확특성을 조사하였다.

재료 및 방법

시험포장 및 재료

시험포장은 경기도 안성시 답전윤환 옥수수 및 수수 재배포장(위도 37°0'40.82"N, 경도 127°11'37.94"E, 해발 35.82 m)을 활용하였다. 시험포장(약 1,800 m²) 내 옥수수 재배포장은 약 75 m²였고 수수 재배포장은 약 85 m²였으며 조 재배포장이 나머지를 차지하였다. 시험작물들인 옥수수와 수수의 재식거리는 모두 70 cm × 20 cm였다. 시험에 사용한 옥수수와 수수는 단국대학교에서 준비하였는데, 흑색비닐멀칭을 한 포장에 2015년 5월 15일에 정식한 옥수수는 8품종(대학찰, 미백2호, 일미

찰, 얼룩찰1호, 찰옥4호, 미흑찰, 흑점2호) 그리고 2015년 6월 11일에 정식한 수수는 7품종(DS-202, 목탁수수, 소담찰, 남풍찰, 얇은뱅이수수, 동안메, 황금찰)이었다.

본 시험포장은 답전윤환 시험이 실시된 2015년 이전까지 논 농사로 벼 재배를 주로 해 온 화학합성제를 최대한 억제하여 관리해 온 포장이었다. 포장 내 해충관리 목적으로 2015년 7월 13일 수수 포장에 Bt 10% 수화제와 메타플루미존 20% 액상수화제를 코덱스(CODEX) 처리 지침에 따라 살포하였고, 8월 12일 유기농자재로 목록공시된 고삼 33%제제를 추천농도로 2차 살포하였다.

조명나방 성충 발생 조사

조명나방 성충의 포장 발생 특성을 조사할 목적으로 시험포장 내 옥수수와 조의 경계지에 1.2 m 높이의 철근 지지대로 고정된 조명나방 페로몬 델타트랩 1개(그린아그로텍, 경산시)를 설치하여 운영하였다. 옥수수를 정식한 5월 15일부터 수수의 수확기인 9월 10일까지 5주 간격으로 루어를 교체하였고, 매주 1회 트랩을 수거하여 밀도 변동을 조사하였다.

조명나방 유충 기해 특성 조사

조명나방 유충에 의한 답전윤환 포장에서 재배하고 있는 옥수수 및 수수의 피해 특성을 조사하기 위해 국내에서 주로 재배되고 있는 2품종을 조사 대상으로 선택하였다. 옥수수는 대학찰과 미백2호였고, 수수는 동안메와 남풍찰이었다. 이들 각 2품종들을 정식 후 수확할 때까지 매주 1회 20주씩 5반복, 전체 100주를 대상으로 피해주 및 피해주 내 조명나방 유충에 의한 침입공수를 실측하였다.

1주 간격으로 이뤄진 포장조사 후 수확기에 포장 내 정식했던 모든 옥수수 8품종(얼룩찰1호, 흑점2호, 미흑찰, 일미찰, 흑진주찰, 찰옥4호, 미백2호, 대학찰)을 대상으로 품종별 이삭 10개씩을 수확하여 3반복으로 이삭 내 조명나방 유충수와 그 피해율을 조사하였고, 수수 역시 7품종(황금찰, 얇은뱅이수수, 목탁수수, 소담찰, DS-202, 남풍찰, 동안메)을 대상으로 포장에서 수확기 직전에 조명나방 유충에 의한 줄기 및 이삭대에 생긴 침입공수를 조사하였다. 또한 조명나방 유충 침입에 따른 이들 조사 대상 2종 작물들의 영향을 평가할 목적으로 각 품종별 10주씩 3반복으로 이삭을 수확하여 천립중(g)과 수확량(kg/10a)을 조사하였다.

통계처리

야외 포장 조사에서 얻어진 수확기 풋옥수수 및 수수 품종들의 조명나방 유충에 의한 피해율, 침입공수 및 이삭 피해율 등의 평균간 비교는 쉐페법(Sheffe's test)을 이용하였고, 각 품종별 천립중 및 수확량에 대한 평균간 비교는 DMRT를 이용하여 평균(±표준오차)으로 제시하였다(SAS Institute, 2004).

결과 및 고찰

옥수수 및 수수 답전윤환 포장에서 조명나방 성충 발생 유형

답전윤환 옥수수 및 수수 재배 포장에서 발생하는 조명나방 성충은 옥수수를 정식한 2주 후부터 급격히 증가하여 1개월 후인 6월 중순에 최고 밀도에 도달했다(Fig. 1). 40개체 이상의 높은 밀도가 6월말까지 약 1개월 정도 지속되다가 급감하여 7월 중순부터 10개체 이하로 포장에서 꾸준히 발생하다 9월 초부터 소폭 증가한 후, 9월 중순 이후 감소하는 발생 특성을 보였다. 이와 같은 발생양상은 조명나방이 새만금간척지 옥수수 포장에서 5월 하순과 9월 상순 두 차례에 걸쳐 최고발생밀도에 도달한 것과 유사하였고(Lee et al., 2014), 4월 중순에 파종한 남부지역 옥수수 재배지의 조명나방 성충의 발생 최정기가 5월 하순과 9월 상순 년 2회였다는 조사 결과와 특성이 유사하였다(Baek, 2013). 비록 기존 연구를 통해 조, 기장, 수수 등 유기작물 생산 포장에서 발생하는 조명나방 밀도가 수수재배 포장에서 가장 높은 밀도로 관찰되었다고 하였을지라도(Kim et al., 2010), 본 연구에서는 동일한 포장에 옥수수와 수수가 혼재되어 있어서 옥수수 포장과 수수 포장에서 발생하는 성충들의 밀도를 별도 구분하여 비교 조사할 수 없는 한계가 있었다. 답전윤환 옥수수 포장에서 조명나방 성충의 밀도가 정식 직후 급격히 증가하는 양상은 월동 이후 우화한 1화기 성충들이 빠르게 포장으로 유입된 결과로 생각된다.

답전윤환 옥수수 포장에서 조명나방 피해현황

국내에서 주로 재배되고 있는 옥수수 품종들인 미백2호와 대학찰을 대상으로 조명나방 유충에 의한 피해주를 정식 후 잎에 나타난 식흔과 줄기의 침입공을 중심으로 매주 조사하였다. 옥수수 정식 2-4주까지는 주로 잎이나 신초에 피해를 보이다가 유충들이 성장하면서 점차 줄기에도 피해가 나타나 수확기까지 꾸준히 증가하는 양상을 보였다(Fig. 2A). 특히 수확기 무렵에는 대학찰과 미백2호에 나타난 조명나방 유충에 의한 피해주

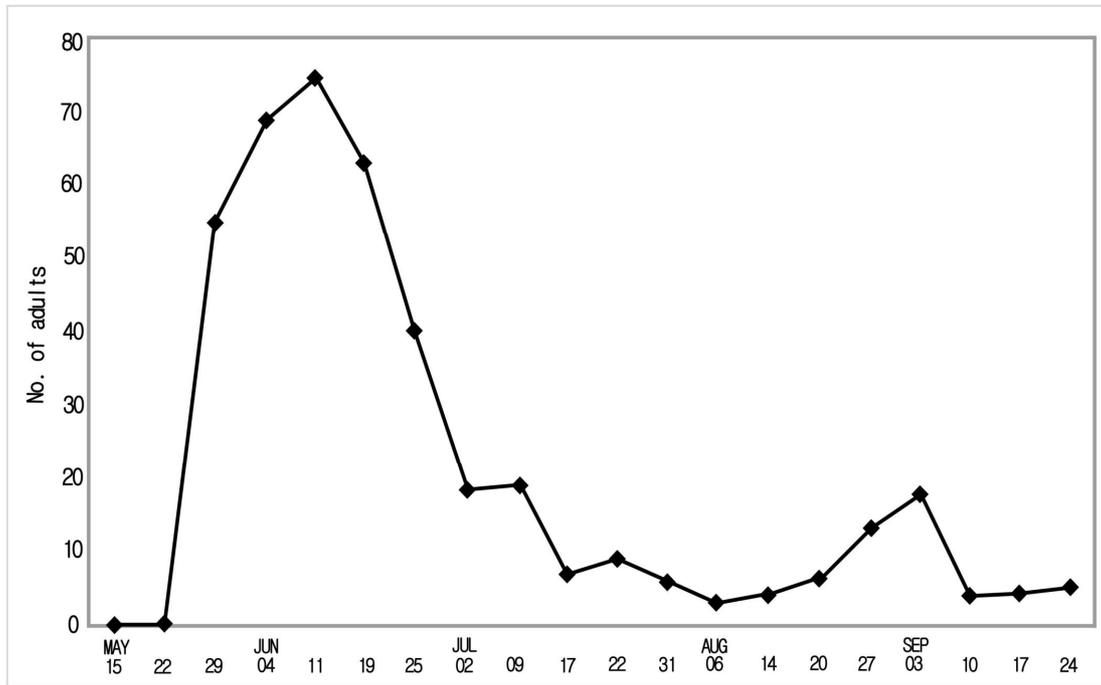


Fig. 1. Monitoring of occurrence of *Ostrinia furnacalis* adults using a Delta trap in a paddy-upland rotation maize and sorghum field during May 15 to September 10, 2015.

가 20주 평균 각각 19주와 18주에 달할 정도로 거의 대부분의 옥수수가 조명나방 유충에 의한 피해를 입었다. 또한 주당 침입 공수도 6월말부터 꾸준히 증가하여 수확기인 7월말에 대학찰은 주당 평균 1.8개였고, 미백2호는 주당 1.4개의 침입공을 관찰할 수 있었다(Fig. 2B). 이와 같이 조명나방 유충에 의한 옥수수 가해는 7월 중에는 줄기에서 주로 관찰되다가 8월에는 줄기와 이삭 모두에서 그 피해가 나타나는 수원, 춘천, 평창 지역 옥수수 포장에서 연구된 결과와 유사하다 하겠다(Park, 1983). 비슷한 가해 특성이 춘천, 강릉, 태백, 홍천, 철원 등의 찰옥수수 재배 포장에서도 나타났다(Choi et al., 2010). 본 연구에서 조명나방 성충은 5월말부터 6월 중순까지 최성기 밀도를 보였는데(Fig. 1), 이들 1화기 성충의 유충들이 부화 후 개체군이 6월말부터 증가하여 이에 따른 줄기 침입 유충들이 증가하면서 침입공수의 상대적인 증가가 일어나는 것으로 사료된다.

옥수수 수확기 조명나방 피해 및 수확 특성

수확 후 각 옥수수 품종별 조명나방 유충에 의한 피해율을 20주 1반복으로 5반복씩 품종 당 100주를 대상으로 줄기 및 수술대에 나타난 침입공을 바탕으로 피해율을 조사하였다. 그 결과, 대학찰(94%)과 미백2호(92%)에서 피해를 많이 입었고, 일미찰(71%), 얼룩찰1호(64%), 찰옥4호(54%), 미흑찰(52%), 흑

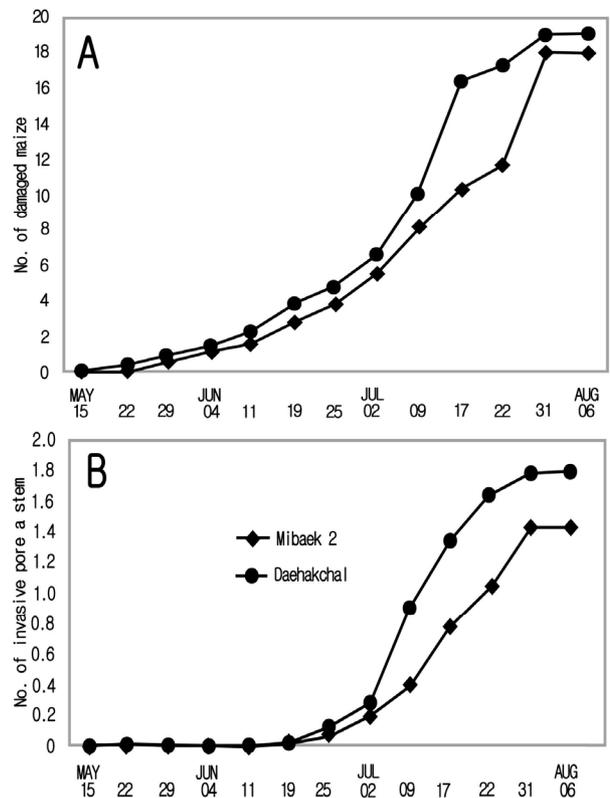


Fig. 2. The mean damage plant (A) and the number of invasive pore on the stem (B) by *Ostrinia furnacalis* larvae against maize varieties Mibaek 2 and Dahakchal.

Table 1. The ratio and number of damaged maize varieties and the number of invasive pore on the stem by *Ostrinia furnacalis* larvae

Variety	Ratio of damaged maize (mean ± SE, %)	No. of damaged maize per 20 plants (mean ± SE)	No. of invasive pore (mean ± SE)
Mibaek 2	92.0 ± 5.8a	18.4 ± 1.7a	1.4 ± 0.1ab
Daehakchal	94.0 ± 1.9a	18.8 ± 0.4a	1.8 ± 0.2a
Ilmichal	71.0 ± 7.9ab	14.2 ± 1.6ab	1.2 ± 0.2bc
Heukjinjuchal	60.0 ± 5.2b	12.0 ± 1.1b	0.9 ± 0.2cd
Chalok 4	54.0 ± 6.0b	10.8 ± 1.2b	0.8 ± 0.2cd
Miheukchal	52.0 ± 3.0b	10.4 ± 0.6b	0.7 ± 0.2cd
Heugjeom 2	45.0 ± 3.5b	9.0 ± 0.7b	0.6 ± 0.2d
Eolrukchal 1	64.0 ± 6.6b	12.8 ± 1.3b	0.9 ± 0.2cd
F value	F=12.5, P<0.0001	F=11.5, P<0.0001	F=20.5, P<0.0001

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

Table 2. The mean number of larvae found in the maize ear and the ratio of damaged ear of maize varieties by *Ostrinia furnacalis* at harvest period, and their thousand kernel weight and yield

Variety	No. of larvae on ears (mean ± SE)	Ratio of damaged ears (mean ± SE, %)	Thousand kernel weight (mean ± SE, g) ^a	Yield (mean ± SE, kg/10a) ^a
Mibaek 2	0.03 ± 0.03a	3.3 ± 3.3d	136.0 ± 6.9c	974.7 ± 49.7c
Daehakchal	0.63 ± 0.23a	36.7 ± 3.3ab	101.0 ± 2.8d	723.0 ± 20.2d
Ilmichal	0.63 ± 0.22ab	50.0 ± 15.3a	180.0 ± 4.2a	1285.0 ± 28.0a
Heukjinjuchal	0.40 ± 0.10b	40.0 ± 10.0ab	109.0 ± 3.8d	779.3 ± 26.9d
Chalok 4	0.17 ± 0.09b	30.0 ± 15.3abc	164.0 ± 0.9b	1167.7 ± 6.9b
Miheukchal	0.13 ± 0.09b	13.3 ± 8.8bcd	123.0 ± 1.5c	880.7 ± 10.4c
Heugjeom 2	0.13 ± 0.03b	13.3 ± 3.3abcd	130.0 ± 1.7c	931.0 ± 11.0c
Eolrukchal 1	0.67 ± 0.33b	6.6 ± 6.7cd	126.0 ± 7.3c	898.7 ± 52.7c
F value	F=3.8, P<0.0124	F=3.3, P<0.0228	F=37.9, P<0.0001	F=38.2, P<0.0001

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

^aMeans with the same letter are not significantly different at the 5% level by DMRT.

점2호(45%) 순으로 피해가 컸다(Table 1). 또한 주당 침입공수도 대학찰(1.8개)과 미백2호(1.4개)에서 높았는데, 일미찰은 주당 1.2개 그리고 나머지 품종들에서는 1.0개 미만의 침입공이 관찰되었다(Table 1). 이는 침입공이 많이 관찰된 품종에서 조명나방 유충에 의한 피해율 역시 높게 나타남을 반영한다. 관행 재배 옥수수 포장에서도 조명나방 발생주율이 높으면 이에 따른 건물중이 감소하는 양상을 보였다(Ro & Park, 1982).

옥수수 각 품종별로 이삭 10개씩 3반복으로 수확하여 조명나방 유충에 의한 이삭 피해율을 조사한 결과, 이삭에서 관찰된 조명나방 유충은 각 이삭 당 얼룩찰(0.67개체), 흑진주찰(0.4개체), 대학찰(0.63개체), 일미찰(0.63개체), 찰옥4호(0.17개체), 미흑찰(0.13개체), 흑점2호(0.13개체), 미백2호(0.03개체) 등의 순으로 많이 나타났다(Table 2). 또한 이삭 피해율은 일미찰 50%, 흑진주찰 40%, 대학찰 37%, 미흑찰과 흑점2호 13%, 얼

룩찰 7% 그리고 미백2호 3% 등이었다(Table 2). 흥미롭게도 수확기에 조사한 옥수수 품종별 천립중 및 수확량 결과를 보면, 이삭 내 침입한 조명나방 유충수 및 피해가 높게 나타난 일미찰에서 각 180 g과 1285 kg/10a를 나타내 침입한 조명나방 유충수 및 피해가 가장 낮게 나타났던 미백2호, 미흑찰, 흑점2호 등에 비해 우수한 수확특성이 얻어졌다(Table 2).

이상의 결과로부터 미백2호는 조명나방 유충에 의해 줄기나 잎 피해는 높게 입었으나, 이삭은 유충에 대해 가장 낮은 피해를 입을 수 있었다. 이 결과는 조명나방 유충이 자연 발생한 포장에서 찰옥수수 출사기에 최대 피해주율을 일정한 수준으로 인위적으로 조절한 후 수확기에 부위별 가해율을 조사한 연구에서 잎과 줄기에서 피해주율이 높으면 가해주율도 뚜렷하게 증가하였으나 이삭에서는 이러한 경향이 약했다고 보고한 연구결과와 유사하다 할 수 있다(Choi et al., 2010). 즉, 옥수

수에 대한 조명나방 유충의 가해특성이 반드시 수확량과 연관된 결과를 나타내기 보다는 옥수수 정식 시기와 조명나방 출현 시기, 옥수수 이삭이나 줄기의 경화도, 조명나방 유충들의 부화 시기, 성충들의 품종에 대한 산란 선호도 등 다른 다양한 요인들 중 하나 또는 그 이상의 관여에 의해 나타난 종합적인 특성이라고 생각한다. 따라서 향후 인위적인 모사시험을 통해 조명나방 유충에 의한 각 품종별 피해율과 수량과의 상관관계를 도출하게 되면 조명나방 피해에 대한 보다 나은 대책을 수립하는데 도움이 되리라 생각한다.

수수 주요 품종에 대한 조명나방 피해

조명나방 유충에 의한 국내 주요 수수 재배종들인 남풍찰 및 동안메는 정식 후 2개월까지 20주 평균 4주 미만으로 피해를 입다가 8월 초에 피해가 급증하여 평균 피해주는 남풍찰이 13주, 동안메는 9.2주가 피해를 입었다(Fig. 3A). 또한 조명나방 유충에 의한 주 당 침입공수도 8월 초부터 나타나기 시작해 수확기인 9월 중순까지 남풍찰은 주당 평균 1.09개, 동안메는 주당 평균 0.49개로 나타났다(Fig. 3B). 이와 비슷한 발생특성이 연천 울무 재배지에서 관찰되었는데(Chang et al., 1998), 이 조

사에서 조명나방 1회기 유충들은 6월까지 앞을 주로 가해하다가 7월 이후에는 줄기를 식해했고, 실질적인 피해는 7월부터 일어나서 수확기인 9-10월에는 약 34-38%에 달했다. 본 조사 결과와 유사하게 수수 유기재배 포장에서 조명나방 발생은 6월부터 9월까지 꾸준히 증가하여 그 피해가 52.5-47.5%에 달한 것으로 나타났다(Kim et al., 2010). 본 조사에서 조명나방 유충들에 의한 피해주 및 피해공수의 증가가 8월 중순부터 증가하여 9월 초에 정점에 이른 것은, 아마도 8월 6일 이후 수확이 이뤄진 옥수수 재배포의 상실로 먹이자원이 상대적으로 감소됨에 따라 성충들이 먹이 조건이 악화된 옥수수 포장 보다는 수수 포장을 더 선호한 결과로 보인다. 본 답전윤환 포장에서 수수의 정식 시기는 옥수수에 비해 약 3주 가량 늦게 이뤄졌다.

수수 수확기 품종별 조명나방 피해 및 수확 특성

수확기 수수 품종별 조명나방에 의한 피해율을 조사한 결과, DS-202 95%, 목탁수수 76%, 소담찰 75%, 남풍찰 67%, 앓은뱅이수수 57%, 동안메 46% 그리고 황금찰 34%로 7품종 모두 조명나방에 의해 심각한 피해를 입는 것으로 나타났다(Table 3). 피해 각 품종별 주당 침입공수 또한 피해율에 비례해서 DS-202 (1.7개), 목탁수수(1.4개), 소담찰(1.3개), 남풍찰(1.1개), 앓은뱅이수수(1개), 동안메(0.5개) 그리고 황금찰(0.4개)로 관찰되었다(Table 3). 또한 이삭에 있어서 피해 역시 DS-202 100%, 황금찰 99%, 앓은뱅이수수 98%, 남풍찰 97%, 소담찰 94%, 목탁수수 90% 등 6품종 모두 90% 이상의 높은 피해를 입었고, 동안메 만이 66%의 피해를 입었다(Table 3). 특히, 피해를 입은 수수 품종들은 이삭에서 곰팡이에 의한 2차 피해도 관찰되었다.

비록 DS-202, 목탁수수, 소담찰, 남풍찰, 앓은뱅이수수 등의 품종에서 55% 이상의 조명나방 유충의 피해를 입었으나, 이들 품종들의 천립중 및 수확량 특성이 이와 상관관계를 보이지는 않았다. 하지만 피해가 높게 나타난 DS-202와 목탁수수 품종의 수확량(각 165 kg과 189 kg/10a)은 피해를 상대적으로 적게 입은 동안메(270 kg/10a)에 비해 적었다. 이러한 결과는 조명나방 유충의 피해가 곧 수수 품종들의 수확량 감소로 이어지기 보다는 각 품종들의 유전적인 특성(경화도, 생육특성 등)이나 산란 선호도, 포장 주변 재배 작물들의 특성 등 다양한 요인들의 관여로 나타난 현상이라 생각된다. 본 조사의 옥수수 품종들에서도 수수와 비슷한 결과가 얻어졌다. 즉, 옥수수 품종들인 대하찰과 미백2호에서도 조명나방 유충에 의한 피해율이 92% 이상 나타났어도 그 피해 특성이 이삭에 직접적인 영향을 미치지 않았던 것과 유사하다 하겠다.

본 연구는 답전윤환 옥수수 및 수수 포장에서 조명나방 성충

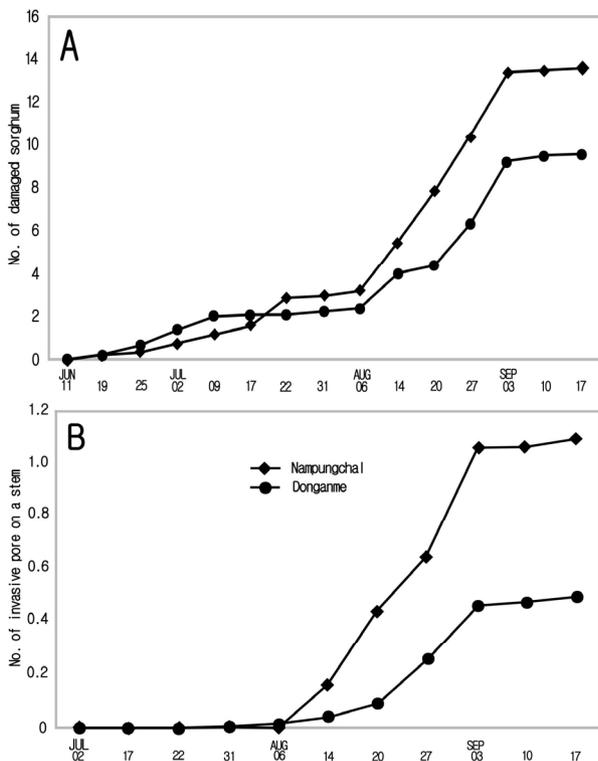


Fig. 3. The mean damage plant (A) and the number of invasive pore on the stem (B) by *Ostrinia furnacalis* larvae against sorghum varieties Nampungchal and Donganmae.

Table 3. The ratio of damaged sorghum varieties, the number of invasive pore on the stem and the ratio of damaged ears of sorghum varieties by *Ostrinia furnacalis* larvae at harvest period, and their thousand kernel weight and yield

Variety	No. of damaged sorghum (mean ± SE)	Damaged ratio (mean ± SE, %)	No. of invasive pore (mean ± SE)	Ratio of damaged ears (mean ± SE, %)	Thousand kernel weight (g) ^a	Yield (kg/10a) ^a
Hwanggeumchal	6.8 ± 1.4c	34 ± 6.9c	0.4 ± 0.1c	99 ± 1.0a	22.9 ± 0.7cd	216.9 ± 6.4b
Anzunbaengisusu	11.0 ± 1.0bc	57 ± 5.2bc	1.0 ± 0.2ab	98 ± 1.2a	20.7 ± 0.3e	147.9 ± 4.5d
Moktaksusu	15.0 ± 1.0ab	76 ± 4.9ab	1.4 ± 0.2a	90 ± 3.5ab	20.7 ± 0.6e	189.2 ± 7.6c
Sodamchal	15.0 ± 1.5ab	75 ± 7.3ab	1.3 ± 0.1a	94 ± 2.9a	24.2 ± 0.2bc	200.7 ± 6.6bc
DS-202	19.0 ± 0.3a	95 ± 1.6a	1.7 ± 0.1a	100 ± 0.0a	25.8 ± 0.3b	165.1 ± 7.3d
Nampungchal	13.0 ± 0.7ab	67 ± 3.4bc	1.1 ± 0.1ab	97 ± 3.0a	22.3 ± 0.8de	212.0 ± 6.4b
Donganme	9.2 ± 1.5bc	46 ± 7.3c	0.5 ± 0.1bc	66 ± 5.8b	28.4 ± 0.9a	270.3 ± 4.9a
F value	F=11.1, P<0.0001	F=14.8, P<0.0001	F=13.3, P<0.0001	F=11.1, P<0.0001	F=23.7, P <0.0001	F=38.9, P <0.0001

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

^aMeans with the same letter are not significantly different at the 5% level by DMRT.

의 발생 특성이 관행 재배 포장과 큰 차이가 없음을 보여주었고, 조명나방 유충에 의한 피해도 옥수수나 수수 각 품종에 따라 차이가 있음도 보여주었다. 또한 본 연구는 답전윤환 옥수수 및 수수 포장에서 조명나방 발생 특성에 관한 조사는 점에서 관행 재배 포장에서 이뤄진 기존 연구들과 차이가 있다 하겠다.

사 사

본 연구는 농촌진흥청 연구사업(PJ010844)의 지원에 의해 수행되었다.

Literature Cited

- Ahn, S.B., Motomatsu, T., Yeon, B.Y., Yuk, C.S., 1992. Mineralization of nitrogen in soils under paddy-upland switching cultivation systems. Korean Society of Soil Science and Fertilizer. 25(2), 133-137.
- Baeck, C.H., 2013. Determination of control period to Asian corn borer in Korean southern maize fields using sex pheromone trap. The Agricultural Technology for Practical Uses, Rural Development Administration. http://www2.rda.go.kr/farming/farming_view.asp?idxcode=11687, accessed on Dec. 11, 2015.
- Chang, S.W., Yi, E.S., Kim, K.J., Lee, H.S., 1998. Occurrence and ecological characteristics of *Ostrinia furnacalis* Guenee, in Adlay field. Kor. J. Medicin. Crop Sci. 6(4), 328-332.
- Choi, J.K., Jung, T.S., Moon, Y.G., Han, J.K., Hwang, M.R., 2010. Economic thresholds for corn borer on waxy corn. Korean J. Pesticide Science. 14(3), 241-246.
- Galyean, M. L., Gleghorn, J.F., 2001. Summary of the 2000 Texas Tech University Consulting Nutritionist Survey. Texas Tech University Department of Anim. And Food Sci. Burnett Center Internet Progress Report no. 12. https://www.depts.ttu.edu/afs/burnett_center/progress_reports/bc12.pdf, accessed Dec. 14, 2015.
- Hallauer, A.R., 2001. Specialty Corns, CRC Press, pp.155-197.
- Kim, J.I., Lee, K.H., Oh, Y.B., Oh, Y.J., Lee, J.K., 1993. Crop combinations and rotation years for paddy-upland cropping system in middle part of Korea. Korean Journal of Crop Science. 38(4), 304-311.
- Kim, J.S., Ko, H.C., Yoon, S.T., Cho, Y.H., Kim, J.G., Shim, C.K., 2010. Occurrence of insect pest from organic seed producing field of minor grain germplasms. Korean J. Crop Sci. 55(1), 58-64.
- Lee, H.J., Choi, M.Y., Shim, H.K., Ro, T.H., Song, M.H., Jeong, J.G., Lee, K.W., 2014. The occurrence pattern of moth insect pests in Saemangum maize fields. Spring Proceeding, Korean Society of Applied Entomology, Pyeongchang, Kwangwon. p.153.
- Lee, J.S., Jung, T.W., Son, B.Y., Kim, J.T., Jung, G.H., Shin, S.H., Kim, S.K., Seo, J.H., Lee, J.E., Baek, S.B., Kim, S.L., Kim, C.K., Kim, W.H., Kwon, Y.U., 2013. A new sweet corn hybrid with good eating quality and high sugar content, 'Guseulok'. Korean J. Breed. Sci, 45, 416-419.
- Lee, Y.B., Hwang, C.Y., Choi, K.M., Shim, J.Y. 1980. Studies on the bionomics of the Oriental corn borer, *Ostrinia furnacalis*. Korean J. Plant. Prot. 19(4), 187-192.
- Park, C.Y., Youn, M.T., Choi, S.U., Ha, H.S., Kang, U.G., 1997. Relatedness of naturalized *Bradyrhizobium japonicum* populations with soil physico-chemical characteristics as affected by paddy-upland rotation. Journal of the Korean society of Agricultural

-
- Chemistry and Biotechnology. 40(5), 438-441.
- Park, J.W., Boo, K.S., 1993. An artificial diet and the rearing method for the Asian corn borer, *Ostrinia furnacalis* (Guenée) (Lepidoptera; Pyralidae). Korean J. Appl. Entomol. 32, 395-406.
- Park, J.W., Boo, K.S., 1994. Calling behavior and sex pheromone gland of the Asian corn borer, *Ostrinia furnacalis* (Guenée) (Lepidoptera; Pyralidae). Korean J. Appl. Entomol. 33, 66-73.
- Park, K.T., 1975. Taxonomic study of the corn stem borer in Korea with allied species of the genus *Ostrinia* (Lepidoptera; Pyralidae). Korean J. Plant. Prot. 14, 221-225.
- Park, Y.S., 1983. Occurrence ecology and control means to Asian corn borer. The Bimonthly Magazine for Agrochemicals & Plant Protection. 4(8), 56-63.
- RDA (Rural Development Administration), 2011. RDA INTERRO-BANG 20 - Maize, pp. 1-20.
- Ro, H.H., Park, J.W. 1982. Control study to black streaked dwarf virus and *Ostrinia furnacalis* (Guenée) in a maize field. Annual Research Studies of Jeollabuk-do Agricultural Research & Extension Services. http://www.jbares.go.kr/board/view.sko?boardId=Year_research&boardSid=2&menuCd=AB0400000000&contentsSid=3&orderBy=&startPage=1&searchType=&keyword=&searchStartDt=&searchEndDt=&dataSid=43847, accessed on June 02, 2016.
- SAS Institute, 2004. SAS OnlineDoc1, Version 8.01. Statistical Analysis System Institute, Cary, North Carolina.
- Vasconcelos, J. T., and M. L. Galyean. 2007. Nutritional recommendations of feedlot consulting nutritionists: The 2007 Texas Tech University survey. J. Anim. Sci. 85, 2772-2781.
- Yoon, S.T, Je, E.K., Kim, Y.J., Jeong, I.H., Han, T.K., Kim, T.Y., 2014. Survey and Evaluation of Paddy-Upland Rotation Production System. Korean J. Int. Agric. 26(4), 531-543.