

찰옥수수에서 조명나방의 요방제 수준 설정

최준근* · 정태성 · 문윤기 · 함진관 · 황미란

강원도농업기술원

(2010년 7월 23일 접수, 2010년 8월 3일 수리)

Economic Thresholds for Corn Borer on Waxy Corn

Jun-Keun Choi*, Tae-Sung Jung, Youn-Gi Moon, Jin-Kwan Ham and Mi-Ran Hwang

Gangwon Provincial Agricultural Research & Extension Services, Chuncheon 200-150, Korea

Abstract

Field experiments were carried out to establish economic threshold for corn borer (*Ostrinia furnacalis* (Guenée)) on waxy corn plants by examining the number of adult insects caught in pheromone traps and the injury levels of waxy corn which were artificially controlled. Adult corn borers were lured into the pheromone traps during the whole growth period in five areas in Gangwon province including Chuncheon. The number of corn borers trapped was the greatest in Chuncheon followed by Cheolwon and Hongcheon, and the same trend was observed for injury level of waxy corn. Based on marketable yield data of waxy corn plants related to the artificially-controlled injury levels at tassel stage, spray threshold was determined as the injury level of 11~15%, where the injury of corn plants exceeded the economically admitting level.

Key words corn borer, *Ostrinia furnacalis*, pheromone trap, economic spray threshold

서 론

옥수수를 가해하는 해충으로 우리나라에서 50여종 이상이 알려져 있는데(한식보호지, 1986), 이 중에서 조명나방이 우리나라 뿐 만 아니라 세계적으로 가장 큰 피해를 주는 것으로 알려져 있다(이 등, 1980; Chiu & Chien, 1985; Morallo-Rejesus, 1988). 우리나라에서 보고된 조명나방류는 총 4종이 알려져 있는데(박, 1975), 이 중 Asian corn borer 라고 하는 *Ostrinia furnacalis*(Guenée) 종을 일반적으로 조명나방이라 호칭하고 있다(박 등, 1993, 1994).

조명나방은 나비목 명나방과에 속하며, 옥수수, 조, 수수, 대마, 생강 등 20여종의 각종 발작물을 가해하는데 특히 옥수수에서 유충이 잎, 줄기, 이삭 등을 가해하여 옥수수 생산에 심각한 피해를 주는 해충이다(이 등, 1980). 한국, 일본, 러시

아, 중국, 대만, 인도, 스리랑카, 말레이시아, 자바, 호주 등지에 분포한다(박, 1975). 6월 상중순에 1회기 성충이 발생하며 7월 중하순 및 8월 중하순에 2,3회기 성충이 발생한다. 보고된 연구결과는 조명나방 방제를 위해 알에 기생하는 쌀줄알벌과 송충알벌(*T. dendrolimi*), 유충에 기생하는 밝은긴수염고치벌(*Macrocentrus grandii*)과 기생파리(Tachinid sp.) 등의 천적을 이용하는 생물적 방제수단이 보고되어 있다(Kim and Kim, 1991; 이 등, 1980; 정 등, 2005)

옥수수 재배는 사용목적에 따라 종실용, 사일리지용, 간식용으로 구분하는데, 종실용 옥수수의 재배면적은 소득이 낮아 감소하고 있는데 반하여, 간식용 찰옥수수는 주 5일 근무에 따른 여가 및 옥외활동의 증가와 웰빙 식품의 부각 등으로 인하여 재배면적이 급격히 증가하고 있는 추세다. 조명나방은 옥수수의 종류와 상관없이 전 생육기간에 걸쳐 발생하는 데, 특히 조명나방이 간식용 찰옥수수의 이삭을 가해할 경우 상품성이 전혀 없어 경제적인 손실이 대단히 크므로 이에 대

*연락처 : Tel. +82-33-258-9721, Fax. +82-33-258-9719
E-mail: cjk5370@korea.kr

한 방제대책이 필요하다.

본 연구는 찰옥수수 재배 포장에 페로몬 트랩을 설치하여 조명나방 성충의 유살량 및 가해율을 조사하고, 또한 찰옥수수 출사기에 처리구별로 조명나방 피해수준을 달리하여 인공적으로 피해를 조성한 후, 조명나방의 가해도와 찰옥수수 수확량과의 관계를 구명하고 찰옥수수를 가해하는 조명나방에 대한 경제적 피해허용 수준을 설정하기 위하여 2006년부터 2008년까지 포장 실험을 수행하였다.

재료 및 방법

찰옥수수 품종 및 재배 방법

강원도 찰옥수수 주산지인 춘천, 강릉, 태백, 홍천, 철원 등 5개 시군에 시험포장을 선정하여 춘천, 강릉, 태백에서는 최근 가장 많이 재배되고 있는 간식용 찰옥수수 신품종인 미백 2호를, 홍천에서는 찰옥수수 채종용 모본 및 부분용, 철원에서는 수원19호 등 종실용 옥수수 10품종을 재배하였다. 찰옥수수 종자는 4월 하순에 70×30cm 간격으로 1주 1립씩 파종하였으며 기타 시비, 관수 등의 경종방법은 농촌진흥청 표준 재배법(농촌진흥청, 2000)에 따랐다.

조명나방 성충 발생 및 피해양상 조사

각 시험포장내 찰옥수수를 가해하는 조명나방 성충 유인용 페로몬 트랩을 포장 당 3개씩 대각선으로 설치하여 찰옥수수 전 생육기간인 5월 하순부터 9월 초순까지 순별로 성충의 유살량을 조사, 분석하였다. 조명나방 유충에 의한 피해는 찰옥수수 수확기에 잎, 줄기, 이삭 등 가해 부위별로 피해주율을 조사하였다. 페로몬 트랩은 국립식량과학원 작물보호연

구실에서 분양받아 실험에 사용하였다.

찰옥수수에서 조명나방의 요방제 수준 설정

강원도 춘천시 신북읍에 소재한 강원도농업기술원 시험포장에서 찰옥수수를 가해하는 조명나방에 대한 요방제 수준 설정 시험을 수행하였다. 포장에서 조명나방의 가해율에 따른 피해정도를 구명하고자 찰옥수수 출사기인 7월 초에 피해주율을 각각 5%미만, 5~10%, 11~15%, 16~20%, 21%이상으로 처리구를 만들고 난괴법 3반복으로 배치하였으며 시험구의 크기는 50m²(5×10m)였다. 처리구의 가해율은 피해주를 제거하는 방법으로 인공적으로 조절하였다. 찰옥수수 수확기인 7월 말에 처리구별로 찰옥수수 부위별 가해율 및 이삭장, 착립장, 이삭경, 이삭중 등의 수량구성요소, 상품수량 등을 조사하였다. 경제성 분석은 지역별 농산물소득자료(농촌진흥청, 2008) 등을, 요방제 수준 설정은 기존에 제시된 방법(농업과학기술원, 2003; Pedigo, 1966; Wen 등, 1992)을 참고하여 산출하였다.

결과 및 고찰

조명나방 성충 발생 및 피해양상

춘천 등 5개 지역의 찰옥수수 시험포장에 조명나방 유인용 페로몬 트랩을 설치하고(Fig. 1), 유살된 성충수를 찰옥수수 전 생육기간에 걸쳐 조사하여 순기별로 집계하였다(Table 1).

시험기간 중 조명나방은 찰옥수수 파종 직후에서도 유살량이 많았는데 따라서 조명나방의 정확한 생태 파악을 위해서는 찰옥수수 파종 전에 트랩을 설치하여 성충의 비산을 조사하는 것이 바람직하다고 생각되었다. 찰옥수수 출사기 전



Fig. 1. Photographs of pheromone traps for the corn borer established in the experiment field plots (left) and adult corn borers lured in a trap (right).

후까지의 유살량은 춘천, 철원, 홍천 등 3개 지역에서 다수 조사된 반면 강릉, 태백지역에서는 그 수가 적었는데(Table 1) 이는 지역별 찰옥수수 재배면적이나 기상요건에 의하여 주변의 조명나방 밀도 차이에서 기인한 것으로 판단된다.

시기적으로 보면 강릉지역과 태백지역을 제외하고는 6월 중하순에 유살량이 가장 많았고, 그 이후 점차적으로 감소하는 경향을 보였다. 춘천지역은 조사가 시작된 5월 하순부터 성충의 유살량이 트랩 당 12마리 이상으로 타 지역에 비해 다소 많은 경향을 보였으며 7월 초순부터 급격히 감소하였다.

태백, 철원지역은 타 지역에 비해 유살기간이 한 달 이상 길어졌는데, 이것은 태백지역의 경우 찰옥수수 재배에도 불구하고 해발 700m 이상의 고랭지에 시험포장이 위치하고 있었으며, 철원 지역의 경우는 종실용 옥수수 재배로 인하여 황숙기가 지난 9월 중순에 수확이 이루어졌기 때문에 두 지역

에서는 지역의 환경적인 조건과 재배품종의 특성에 의한 현상으로 생각된다.

조명나방의 성충 유살량에 따른 유충의 찰옥수수 가해 정도를 알아보기 위하여 찰옥수수 이삭, 줄기, 잎의 3개 부위별로 피해율을 조사하였다(Table 2). 조명나방은 잡식성으로 찰옥수수의 이삭, 줄기, 잎 등 모두 가해하며(Fig. 2), 특히 이삭에 가해를 받으면 수량에 커다란 감수를 초래한다고 하였다(박, 1983).

춘천 지역은 생육 중기인 6월 중순부터 수확기인 7월 하순까지 순기별로 조사하였고, 기타 4개 지역은 출사기와 수확기 2회에 걸쳐 조사하였다. 춘천 지역의 경우 전 조사기간에서 조명나방의 성충이 유살되었는데, 처음 조사 시기인 6월 중순에는 잎만을 가해하여 가해율이 16.6%에 달하였다가, 찰옥수수가 성장함에 따라 점차 줄기와 이삭을 가해하는 것

Table 1. The number of adult corn borers lured into the pheromone trap during the whole growth period of corn growing at 5 areas in Gangwon province in 2008

Area	Total number of adults in 3 pheromone traps										
	May		June		July			Aug			Sep
	late	early	mid	late	early	mid	late	early	mid	late	early
Chuncheon	38	41	33	35	22	4	8	- ^a	-	-	-
Gangneung	2	5	10	15	10	7	4	6	-	-	-
Taebaek	-	1	4	8	4	2	9	8	4	4	2
Hongcheon	18	25	36	30	13	11	16	27	-	-	-
Cheolwon	17	21	43	59	32	5	12	8	26	11	12

a: not examined.

Table 2. Percentage of injury by corn borers on ears, stems and leaves of corn plants growing in field plots in 5 areas in Gangwon province in 2008

Area	Time examined	% injury				Remark
		Ear	Stem	Leaf	Total	
Chuncheon	mid June	0	0	16.6	16.6	waxy corn
	late June	0	6.0	26.6	32.6	
	early July	0	10.0	33.3	43.3	
	mid July	3.0	13.0	40.0	56.0	
	late July	4.6	16.0	36.0	56.6	
Gangneung	mid July	0	3.3	6.6	9.9	waxy corn
	mid Aug	8.3	6.6	6.6	21.5	
Taebaek	early Aug	0	0	3.3	3.3	waxy corn
	early Sep	0.7	1.2	4.4	6.3	
Hongcheon	early July	0	8.3	38.3	46.6	cropping-seeds
	early Aug	3.3	13.3	40.3	56.9	
Cheolwon	early July	1.1	10.0	54.4	65.5	grain
	early Sep	47.7	52.2	33.3	133.2	

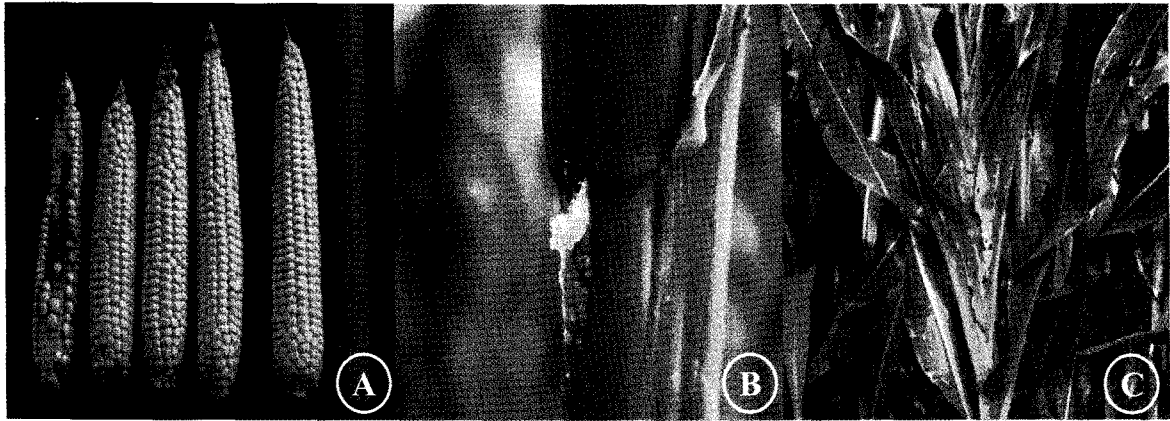


Fig. 2. Damage shape of corn by corn borer. (A): ears, (B): stem, (C): leaves

으로 나타나 7월 하순에 이삭, 줄기, 잎 가해율이 각각 4.6%, 36.0%, 56.6%에 달하였다(Table 2). 이러한 경향은 강릉, 태백 등 나머지 4개 지역 시험포장에서도 유사하게 나타났다.

조사 지역별로 나타난 조명나방 유충에 의한 찰옥수수 피해율과 앞에서 조사한 조명나방 성충의 페로몬 트랩 유살량(Table 1)을 비교해 보면, 성충 유살량이 많은 지역인 춘천, 홍천, 철원에서 찰옥수수의 피해율이 높고, 유살량이 적은 강릉, 태백에서 피해율이 낮은 것으로 나타나고 있다.

특히, 철원지역의 경우를 보면 출사기인 7월 초순에 잎 가해율이 54.4%로 타 지역에 비해 월등히 높고, 수확기 이삭 피해율도 47.7%로 타 지역 0.7~8.3%에 비해 현저히 높게 나타나고 있는데, 이것은 철원지역의 시험 품종이 종실용 옥수수로 수확기가 매우 늦기 때문에 가해 기간이 그만큼 길어지고 따라서 그 피해정도도 그만큼 누적된 데에 원인이 있을 것으로 사료된다.

본 실험에서 나타난 조명나방 성충의 유살량과 유충의 찰옥수수 가해정도와의 관계를 볼 때 포장 내 페로몬 트랩에 의한 성충 유살량을 장기간에 걸쳐 조사하면 찰옥수수 피해정도를 어느 정도 유추할 수 있어 향후 찰옥수수 조명나방의 발생예찰이 가능할 것으로 판단된다.

춘천지역의 경우에는 방제노력 절감을 위하여 이미 개발된 약제를 사용하여 조명나방 1세대와 2세대의 피해를 최대한 줄이는 5월 25일과 6월 30일 방제가 가장 효과적이라고 한 결과(박, 1983)와 일치하는 경향이였다. 홍천, 철원지역의 경우에는 이 등(1980)이 옥수수에서 조명나방 3회기 피해가 가장 크다고 한 결과와 비슷하였다.

처리구별 수확기 찰옥수수 조명나방 피해율

찰옥수수 출사기에 조명나방 유충에 의한 피해정도에 따

른 찰옥수수의 수량성을 분석하여 기존에 제시된 방법(농업과학기술원, 2003; Pedigo, 1966; Wen 등, 1992)에 따라 요방제 수준을 설정하였다. 조명나방의 유충이 자연 발생된 포장에서 찰옥수수 출사기에 최대 피해주율을 각각 5% 미만, 5~10%, 11~15%, 16~20%, 21%이상 수준으로 인위적으로 조절한 다음, 수확기에 부위별로 가해율을 조사한 결과(Table 3), 잎과 줄기에서는 처리 피해주율이 높을수록 가해주율도 증가하는 경향이 뚜렷하였으나 이삭에서는 이러한 경향이 약하였다.

특히, 출사기 가해율 16~20% 처리구에서 이삭 가해율이 1.0%로 낮은 것은 표본 조사상의 오차에 의한 것으로 판단된다. 이삭, 줄기, 잎의 전체 가해율을 합해보면 출사기의 가해율이 높을수록 수확기 가해주율도 급격히 증가하는 경향을 볼 수 있어 출사기 피해주율 21% 이상의 처리구는 5% 미만 처리구에 비해 수확기 가해주율이 2배 이상에 달하였다. 생육시기가 늦을수록 피해가 증가하였다(장 등, 2000)고 한 결과 일치하는 경향이였다. 특히, 찰옥수수 출사기에 가해율을 5% 미만으로 조절한 처리구에서도 전체 가해주율이 32.9%에 달해 찰옥수수의 출사기에서 수확기까지 약 25일여 기간

Table 3. Percentage of injury occurred on waxy corn plants examined at the tassel stage grown in field plots artificially controlled with various injury levels of corn borer

% injured plant artificially induced	% injury on			
	Ear	Stem	Leaf	Total
< 5	2.0	11.8	19.1	32.9
5~10	4.2	7.2	29.5	40.9
11~15	4.2	12.1	32.6	47.0
16~20	1.0	14.2	45.5	60.7
20 <	8.9	19.2	49.8	77.9

동안 조명나방 유충에 의한 피해가 매우 빠르게 확산되는 것을 확인할 수 있었다.

처리구별 수량 및 수량구성요소

출사기 조명나방의 찰옥수수 가해정도에 따른 수확기 찰옥수수의 수량 구성요소 및 수량을 조사한 결과(Table 4), 수량 구성요소에 있어 이삭장, 착립장 및 이삭경 등은 처리 간에 큰 차이가 없었으나, 이삭중과 이삭수에서는 처리 가해율이 높을수록 이들 수치가 낮게 나타나 조명나방이 주로 이삭무게와 이삭개수를 줄이는 피해를 가져오는 것으로 생각된다.

수량 구성요소를 이용하여 처리별로 상품화 가능 수량을 산출한 결과, 처리구 피해율이 높을수록 수량이 감소하는 경향이 뚜렷하였다. 출사기에 5% 미만의 조명나방 피해를 받도록 한 처리구에서는 10a당 691.5kg의 수량을 나타낸 반면 21%이상의 피해구에서는 496.6kg으로 수량이 급격히 감소하였다.

또한 간식용 찰옥수수의 경우에는 이삭에 조명나방의 식흔이 있을 경우, 품질이 저하되고 소비자의 혐오감으로 인하여 상품성이 결여되기 때문에 가해율이 높을수록 상품화 가능 수량도 그 만큼 감소한다고 할 수 있다.

찰옥수수 조명나방 요방제 수준 설정

Table 4에서 조사된 처리별 찰옥수수 이삭수에 시중 도매 단가를 적용하여 소득을 산출하였다(Table 5). 처리별 소득 차이를 보면, 출사기 5% 미만 조명나방 피해구의 소득은 1,142,400원/10a(3,808개×300원)인 반면, 조명나방 21%이상 피해구에서는 885,300원/10a(2,951개×300원)으로 25만원 이상의 소득 차이를 나타냈다. 조명나방의 약제방제 비용은 10a당 45,000원으로 계산하여 피해수준별 소득 차이에 대하여 조명나방 1회 약제방제 비용을 적용한 결과, 피해를 5~10%의 경우 소득이 방제비용을 충당할 수 있는 것으로 나타났으나 출사기 피해율이 11~15% 에서부터는 소득차가 방제 비용을 상회하는 것으로 나타나 이 시점을 요방제 수준으로 설정하였다.

Table 5에서 보는 바와 같이 출사기 조명나방 피해율이 15%를 초과할 경우에는 찰옥수수 소득 감소가 매우 크므로 상품 가능한 찰옥수수 생산을 위해서는 필히 살충제 살포 등의 방제대책을 마련해야 할 것으로 분석되었다. 본 시험에서 설정된 요방제 수준은 시험환경 즉 품종이나, 찰옥수수 가격, 인건비, 농약값, 시험포장의 환경에 따라 얼마든지 달라질 수 있으므로 보다 신뢰할 수 있는 자료를 얻기 위해서는 시간과 장소를 달리하여 여러 번의 반복시험을 거쳐 보완되어야 할 것으로 생각된다.

Table 4. The marketable yield and its components of waxy corn plants grown in field plots under various levels of injury by corn borer artificially induced

Levels of plant injury artificially induced	Yield components					Yield (kg/10a)
	Length of ear (cm)	Length of corn (cm)	Diameter of ear (cm)	Weight of ear (g)	No. of ear (no./10a)	
< 5	20.7	18.6	4.0	181.6	3,808	691.5
5~10	20.6	18.7	3.9	176.4	3,744	660.4
11~15	20.6	18.5	3.9	176.4	3,586	632.6
16~20	20.6	18.6	3.9	171.6	3,221	552.7
20 <	20.0	18.1	3.9	168.3	2,951	496.6

Table 5. Determination of economic threshold able to compensate pesticide sprays against corn borer on waxy corn plants based on cost/benefit analysis

Plant injury level (%) by corn borer ^b	No. of ear (no./10a)	Ear price (won/ each)	Total income (won/10a)	Loss of income (won)	Cost of sprays (won/10a)	Remark
< 5	3,808		1,142,400	-		Spray unjustifiable
5~10	3,744		1,123,200	19,200		Spray unjustifiable
11~15	3,586	300	1,075,800	66,600	45,000	Spray threshold
16~20	3,221		966,300	176,100		Spray justifiable
20<	2,951		885,300	257,100		Spray justifiable

b: Plant injury levels were artificially manipulated by eliminating the injured plants in field plots at the tassel stage.

>> 인 / 용 / 문 / 헌

- Chiu, S. C. and C. C. Chien (1985) Biological control of the corn borers. *Plant Protection Bulletin* 27:299~316.
- Kim, C. H. and J. B. Kim (1991) Biological control of Asian corn borer, *Ostrinia furnacalis* with *Trichogramma dendrolimi* Matsumura. *Res. Rep. Rural Develop. Admin.* 34:171~175.
- Leysa, P. S. and D. A. Balmore (1986) Verification trial on pest management strategies for Asian corn borer for Maisagana Guidelines (ETL-CORN) [economic threshold level]. *Plant Protection News (Philippines)* 15:19~25.
- Morallo-Rejesus, B. (1988) Techniques for control of the Asian corn borer in the Philippines. *Proceeding of third Asian regional maize workshop* pp. 105~118.
- Park, Jae Woo and Kyung Saeng Boo (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, Jae Woo and Kyung Saeng Boo (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, Kyu-Tek (1975) Taxonomic study of the corn stem borer in Korea with allied species of the genus *Ostrinia* (Lep. ; Pyralidae). *Kor. J. Pl. Prot.* 14:221~225.
- Pedigo, L. P. (1996) General models of economic thresholds. pp. 41~57. In L.G. Higley and L.P. Pedigo (eds). *Economic thresholds for integrated pest management*. Univ. Nebraska Press. London.
- Wen, L. P., Z. Y. Wang, G. H. Ye and K. L. He (1992) Yield losses and economic threshold of asian corn borer, *Ostrinia furnacalis* (Guenée) on maize. *Scientia Agricultura Sinica* 25:44~49.
- 농촌진흥청 (2000) 옥수수 재배(표준영농교본-67). pp. 183.
- 농촌진흥청 (2003) 경제적 피해수준설정 workshop. pp. 39.
- 농촌진흥청 (2003) 농업과학기술 연구조사분석기준. 제4판. pp. 310~316.
- 농촌진흥청 (2009) 2008 지역별 농산물 소득자료. pp. 430.
- 박영섭 (1983) 옥수수 조명나방 발생 생태와 방제대책. *한국작물보호협회지* V4, No. 8. pp. 56~63.
- 이영복, 황창연, 최귀문, 심재영 (1980) 조명나방의 생태에 관한 연구. *한국식물보호학회지* 19:187~192.
- 장석원, 김희동, 강창성, 김성기 (2000) 울무의 조명나방 방제체계. *한국약용작물학회지* 8(1):74~78.
- 정진교, 박종호, 임대준, 한태만 (2005) 조명나방(*Ostrinia furnacalis*) 알에 대한 쌀좀알벌(*T. evanescens*)과 *T. ostrinae*의 기생특성. *한국응용곤충학회지* 44:43~50.
- 한국식물보호학회 (1986) 한국 식물병·해충·잡초 명감. pp. 261~262.

찰옥수수에서 조명나방의 요방제 수준 설정

최준근* · 정태성 · 문윤기 · 함진관 · 황미란

강원도농업기술원

요 약 찰옥수수를 가해하는 조명나방의 피해에 대한 요방제 수준을 설정하고자 페로몬 트랩을 이용한 성충의 유살량 조사와 처리구별로 피해율을 조절하여 포장시험을 수행하였다. 춘천 등 도내 5개 지역에 설치한 페로몬 트랩에 조명나방 성충이 찰옥수수 전 생육기간에 걸쳐 유인되었으며, 유살량은 춘천, 철원, 홍천 순으로 많았고, 이에 따른 찰옥수수의 피해율도 같은 경향을 나타냈다. 찰옥수수 출사기에 조명나방의 피해주율을 조절하여 수확기에 처리별로 수량을 조사한 결과, 출사기 피해주율이 11~15%일 때부터 찰옥수수 상품수량이 급격히 감소하여 경제적 피해 허용수준을 초과하였으며 따라서 이 수준을 요방제 수준으로 설정하였다.

색인어 찰옥수수, 조명나방, 페로몬 트랩, 경제적 방제수준