

## 흑명나방 개체군의 수원지역 발생 패턴 및 몇가지 약제에 대한 반응

박흥현 · 조점래<sup>1</sup> · 박창규 · 김광호 · 고현관<sup>2</sup> · 이상계\*

농촌진흥청 국립농업과학원 농업생물부 작물보호과, <sup>1</sup>농촌진흥청 국립농업과학원 기획조정과,  
<sup>2</sup>농촌진흥청 기술협력국 국외농업기술팀

### The Occurrence of Rice Leaf-folder, *Cnaphalocrocis medinalis* (Lepidoptera: Crambidae) in Suwon and its Responses to Insecticides

Hong-Hyun Park, Jum-Rae Cho<sup>1</sup>, Chang-Gyu Park, Kwang-Ho Kim, Hyun-Gwan Goh<sup>2</sup> and Sang-Guei Lee\*

Crop Protection Division, Department of Agricultural Biology, National Academy of Agricultural Science, Rural Development Administration, Suwon, 441-853; <sup>1</sup>Planning and Coordination Division, National Academy of Agricultural Science, Rural Development Administration, Suwon, 441-857; <sup>2</sup>International Agriculture R&D Team, Technology Cooperation Bureau, Rural Development Administration, Suwon, 441-707, Korea

**ABSTRACT:** This paper presents the occurrence and damage characteristics of the rice leaf-folder populations in the paddy fields of Dangsung-dong, Suwon from 2004 to 2007, and also reports the insecticide response of rice leaf-folder populations, which were collected from 2005 to 2006 in Korea and Vietnam. Laboratory measurements of the head capsule width and body length data enabled the identification of the rice leaf-folder larva stages collected in the field. The rice leaf-folder population in Suwon from 2004 to 2007 has a clear pattern consisting of two different groups: the low and high density years. During the low density years (2004 and 2006), only one adult peak was noted in late August, with the damaged-hill percent less than 10% in late July, and the damaged-leaf percent around 2% in September. In contrast, during the high density years (2005 and 2007), two adult peaks were noted in early August and mid-September, with the damaged-hill percent was around 30% in late July, and the damaged-leaf percent 15 to 30% in September, which was beyond the economic injury level of rice leaf-folder. High correlations existed between the occurrence of rice leaf-folder in late July and early August and damages to rice during September. Based on these results, we suggest that the information on the rice leaf-folder population monitored by the adult density or damaged-hill percent in late July and early August would be very useful for predicting the damages later in the season for aiding in decision-making for timely control. In addition, the regional populations of rice leaf-folder showed the similar responses to the insecticides tested: high susceptibility to IGRs (tebufenozide and methoxyfenozide) and organophosphates (chlorpyrifos-methyl, pyridaphenthion), but relatively low to cartap.

**Key words:** Rice leaf-folder, Larva stage, Forecasting method, Insecticide response

**초 록:** 연구는 2004년부터 2007년까지 수원지역에서 흑명나방 발생과 피해 특성들 및 우리나라와 베트남에서 채집한 개체군들이 몇 가지 약제에 대한 반응을 조사하였다. 포장에서 채집한 유충들의 발육단계는 본 연구의 실내사육충을 대상으로 측정한 두폭과 체장자료를 통해 구분이 가능하였다. 2004년부터 2007년까지 벼 포장에서 조사된 흑명나방은 발생이 많거나 적은 해로 패턴이 분명하게 구분되었다. 발생이 적은 해(2004년 및 2006년)에는 성충이 한 번의 발생 최성기(8월 하순)를 가졌고, 7월 하순의 피해주율이 10% 미만이었으며, 9월 동안에 피해엽률이 2% 수준이었다. 하지만 발생이 많은 해(2005년 및 2007년)에는 두 번의 성충 발생 최성기(8월 초순과 9월 중순)를 가졌고, 피해주율도 7월 하순에 약 30%에 달하였으며, 9월 동안에 피해엽률이 15~30%로 경제적 피해수준을 넘었다. 특히 7월 하순과 8월 상순에 조사된 성충 밀도나 피해주율의 크기는 9월에 발생하는 피해규모와 밀접하게 정의 상관이 있었다. 따라서 본 연구결과로 볼 때 7월 하순과 8월 상순에 흑명나방 성충의 발생 및 벼 피해에 관한 예찰정보는 벼 생육후기의 피해예측 및 방제시기 선정에 활용할 수 있을 것으로 여겨진다.

\*Corresponding author: sglee@rda.go.kr

Received August 2 2010; revised September 2 2010;  
accepted September 8 2010

또한 우리나라와 베트남에서 채집한 흑명나방에 대한 약제반응은 두 지역 채집계통에서 모두 IGR계인 tebufenozide, methoxyfenozide나 유기인계인 chlorpyrifos-methyl, pyridaphenthion에는 매우 높은 감수성을 보였으나, 칼타계인 cartap에 는 약제 감수성 정도가 다소 낮았다.

**검색어:** 흑명나방, 유충 영기, 예찰법, 약제 반응

흑명나방(*Cnaphalocrocis medinalis*)은 아시아, 오세아 니아, 호주 북동부까지 넓게 분포하며, 벼를 비롯한 옥수수, 밀과 농경지 주변에 있는 사초과 등의 여러 잡초를 기주로 한다(Khan *et al.*, 1996). 대만에서는 유충과 번데기 상태로 월동하지만, 한국이나 일본에서 월동을 하지 못하고 멸구류 의 비래시기에 기류에 편승하여 장거리 이동하는 것으로 그 시기는 6월 초에서 7월 중순에 해당된다(Hirao, 1982; Uhm *et al.*, 1991; Kawazu *et al.*, 2008). 흑명나방은 고온, 다습한 환경에서 증식이 빠르고, 25~30°C에서 생활사는 약 21~28일이며, 25°C에서 유충 발육기간은 15~16일로 생활사 가운데 유충기간이 약 50%를 넘는 것으로 알려져 있다(Wada and Kobayashi, 1980).

아시아지역에서 흑명나방은 70년대와 80년대 초기에 빈번하게 격발하였는데(Hirao, 1982), 그 주된 원인은 다수확 품종의 재배확대로 인한 과다한 비료사용 및 해충방제를 위한 화학농약의 남용에 의한 천적 곤충 개체군의 밀도 억제 등과 관련이 있는 것으로 알려져 있다(Pathak and Khan, 1994). 흑명나방 등을 포함한 수도해충의 방제에 관하여 필리핀의 국제미작연구소는 벼는 보상작용이 뛰어나고, 천적곤충이 다양하고 풍부하여 인위적인 약제방제가 반드시 필요한 것이 아니라고 하였으나(Barrion *et al.*, 1991; Heong and Escalada, 1998), 국내의 경우 벼 포장에서 해충 의 밀도억제에 관여하는 천적의 종류가 적고 그 밀도가 낮아 기상조건에 따라 2003년의 경우처럼 흑명나방이 대발 생하여 큰 피해를 줄 수 있다(Park *et al.*, 2006).

흑명나방에 의한 벼 피해 경감을 위하여 벼 포기의 이앙 간격을 늘리거나, 질소질 비료의 사용량을 줄이는 재배방식 이 매우 효과적 이라고 하였으며(Uhm *et al.*, 1991; de Kraker *et al.*, 2000), 최근에는 Bt와 같은 친환경 방제제 개발 또는 Bt 유전자를 형질전환하여 만든 유전자 변형 벼 품종 개발도 국내외에서 활발하게 연구되고 있다(Han *et al.*, 2007; Nam *et al.*, 2009; Seo *et al.*, 2009). 하지만 아직도 벼 재배시 화학농약에 의한 해충방제를 거의 전적으로 의존하는 상태 에서 합리적인 방제의사결정에 필요한 유용한 예찰정보 및 해충방제에 사용되는 약제에 대한 감수성에 관한 정보는

해충의 효과적 관리를 위해 매우 중요하다고 할 수 있다. 특히 비래해충인 흑명나방은 초기 발생을 예찰하기가 쉽지 않다. 더욱이 현재까지 국내에서 본 해충에 대한 연구가 매우 제한적이라 국내의 발생상황을 비교할 수 있는 자료가 매우 부족할 실정이다(Choi *et al.*, 1986; Uhm *et al.*, 1991; Lee *et al.*, 2006).

따라서 본 연구는 우리나라의 벼 포장에서 흑명나방의 예찰 및 방제체계 확립을 위한 기초 자료를 확보하고자 2004년부터 2007년까지 경기도 수원지역에서 발생된 흑명 나방 개체군의 예찰자료를 종합하여 발생 특성과 벼 피해 양상을 분석하였으며, 국내의 수원, 서산과 베트남의 하이 풍시 남부 Kien An 지역에서 채집한 흑명나방 개체군들에 대한 몇 가지 약제에 대한 감수성 조사결과를 보고하는 바이다.

## 재료 및 방법

### 흑명나방 유충의 영기구분

흑명나방 영기 구분을 위한 두폭 측정자료는 실내에서 집단사육중인 흑명나방 성충들에서 알을 받은 후(Park *et al.*, 2006), 부화한 유충을 개체별로 소형 페트리디쉬(직경 35m)에 수거하여 30일 된 벼 잎을 먹이로 25°C 항온기에서 개체 사육하면서 수집한 탈피각들을 해부현미경하에서 측정하여 얻었다. 체장은 사육중인 각 영기의 유충 30개체 이상을 측정하였다. 야외 개체군 유충 영기 구성은 2004년 과 2005년 채집한 유충들에 대해서 Table 2의 두폭과 체장자료를 이용하여 구분하였다.

### 흑명나방 발생 및 벼 피해조사

2004년부터 2007년까지 경기도 수원시 권선구 당수동에 위치한 국립농업과학원 논 포장(2,300 m<sup>2</sup>)에서 흑명나방의 발생과 이에 따른 벼 피해를 조사하였다. 흑명나방 성충은 6월 하순부터 9월 하순 또는 10월 상순경까지 120~150cm 막대기를 이용하여 벼 포기의 상위 잎을 좌우로 치는 방법으로 처리구당 100 m<sup>2</sup>를 조사하였다. 유충은 세로로 철해진

벼 잎을 개봉하여 내부에 유충의 존재여부를 확인하였고, 내부에 존재하는 유충은 수거하여 곤충사육실로 가져와 두폭과 체장을 조사하여 영기를 구분하였다. 유충 발생량은 6~7월에는 40주씩 3지점에서 총 120주를, 8월 이후에는 20주씩 3지점에서 총 60주를 조사하였다. 흑명나방에 의한 벼 피해주율 및 피해엽률은 20주씩 3지점을 조사하였다. 벼 재배는 표준재배법에 준하였으나, 조사기간 동안 시험포장에서 살충제와 살균제는 살포하지 않았다.

**흑명나방의 약제감수성 검증**

흑명나방의 약제감수성 검증은 2005년과 2006년에 수원시 당수동에서, 2006년에 서산시 부석면에서, 2006년에 베트남 Hai Phong시 남부에 위치한 Kien An 지방의 논포장에서 채집한 흑명나방을 Park 등(2006)의 흑명나방 실내사육법에 따라 증식하면서 이용하였다. 공시약제는 Table 1에 표시한 바와 같이 흑명나방의 방제제로 많이 이용되고 있는 제품들을 사용하였고, 약제별 처리농도는 추천 농도(KCPA, 2007)를 기준으로 5내지 8개 범위의 농도로 희석하여 처리하였다. 약제처리는 잎 침지 방법으로 하였는데, 온실에서 10 cm 정도 자란 추청벼 유묘를 사각형으로 재단한 솜(5 x 15 cm) 위에 가지런히 놓은 다음, 솜으로 유묘를 등글게 말아서 투명한 플라스틱 병(직경 5 cm × 높이 10 cm)에 넣어 침지할 잎을 준비하였다. 그 다음, 후드 내에서 250 ml 비이커에 준비된 희석약제에 유묘의 잎 부분을 30초간 담근 후 꺼내어 1분 30초간 음건하였다. 약제를 처리하지

않은 유묘는 증류수에 침지하였다. 음건한 추청벼 유묘를 아크릴재질의 곤충 사육상자(20×30×30 cm)에 넣고 고른 영기 분포를 갖는 흑명나방 유충을 유충 핀셋을 이용하여 약제별 30마리씩 접종하여 3내지 6일간 유지하며 유충 사망수를 조사하였다. 사충수 조사는 곤충생장조절제 계통인 tebufenozide 와 methoxyfenozide 는 흑명나방 2령 유충을 이용하여 처리 후 6일 동안의 사충수를 조사하였으며, 나머지 3종의 약제는 4령 유충을 이용하여 3일 동안의 사충수를 조사하였다. 약제별 유충의 감수성 반응은 probit 프로그램 (SPSS 13)을 이용하여 LC<sub>50</sub> 및 기틀기를 산출하여 분석하였다.

**결 과**

**흑명나방 유충의 영기구분**

벼 잎을 이용하여 개체 사육한 흑명나방 유충은 주로 5령 또는 6령을 거쳤는데, 유충의 영기는 두폭의 크기로 구분하였다(Table 2). 그러나 체장에 의한 영기구분은 5령 이하까지만 가능하였고, 5령과 6령간에는 큰 차이가 없었다. Table 2의 두폭과 체장 자료를 이용하여 2004년과 2005년 두해에 걸쳐 벼 포장에서 흑명나방 유충에 의해 피해를 입은 잎에서 조사된 유충들의 영기를 조사한 결과는 Table 3과 같다. 비래후 1세대 유충들은 7월 중순부터 발견되었는데, 주로 3령 이상의 유충들로 구성되었다. 비래후 2세대에는 1-2령 유충들이 8월 중순에 발견되었다. 8월 하순 이후에

**Table 1. Test insecticides used in this experiment**

Chemical class	Common name	Trade name	Formulation type	A.I (%)	Mode of Action
Organophosphates	Chlorpyrifos-methyl	Reldan	EC <sup>a)</sup>	20	Acetylcholine esterase inhibitor
Organophosphates	Pyridaphenthion	Ofunak	EC	30	Acetylcholine esterase inhibitor
Diacylhydrazines	Tebufenozide	Mimic	WP <sup>b)</sup>	8	Ecdysone disruptor
Diacylhydrazines	Methoxyfenozide	Falcon	WP	4	Ecdysone disruptor
Nereistoxins	Cartap hydrochloride	Padan	SP <sup>c)</sup>	50	acetyl choline recepteor agonist

<sup>a)</sup>Emulsifiable concentrate, <sup>b)</sup>Wettable powder, <sup>c)</sup>Water soluble powder.

**Table 2. Head capsule width and body length of each larval stage of *Cnaphalocrocis medinalis***

Category	Larva stage (Mean±S.D.)					
	1st	2nd	3rd	4th	5th	6th
Head capsule width (mm)	0.25±0.01	0.35±0.03	0.50±0.04	0.64±0.04	0.88±0.03	1.13±0.05
Body length (mm)	1.3±0.49	2.7±0.57	4.6±1.02	8.9±1.71	12.6±2.98	12.7±2.32

Table 3. Composition of larval stages of *C. medinalis* collected in the paddy field at Dangsu-dong, Suwon from 2004 to 2005<sup>a)</sup>

Sampled time	1st	2nd	3rd	4th	5th	6th	prepupa	pupa
July								
Early								
Mid			5		5	7		
Late			1		4	7		
August								
Early				4	5			
Mid	2	2	2	14	13	8		1
Late			2	4	17	67	1	
September								
Early			1	1	5	13	1	2
Mid			1	2	7	3		
Late			1		9	59		

a) Data were pooled for two years.

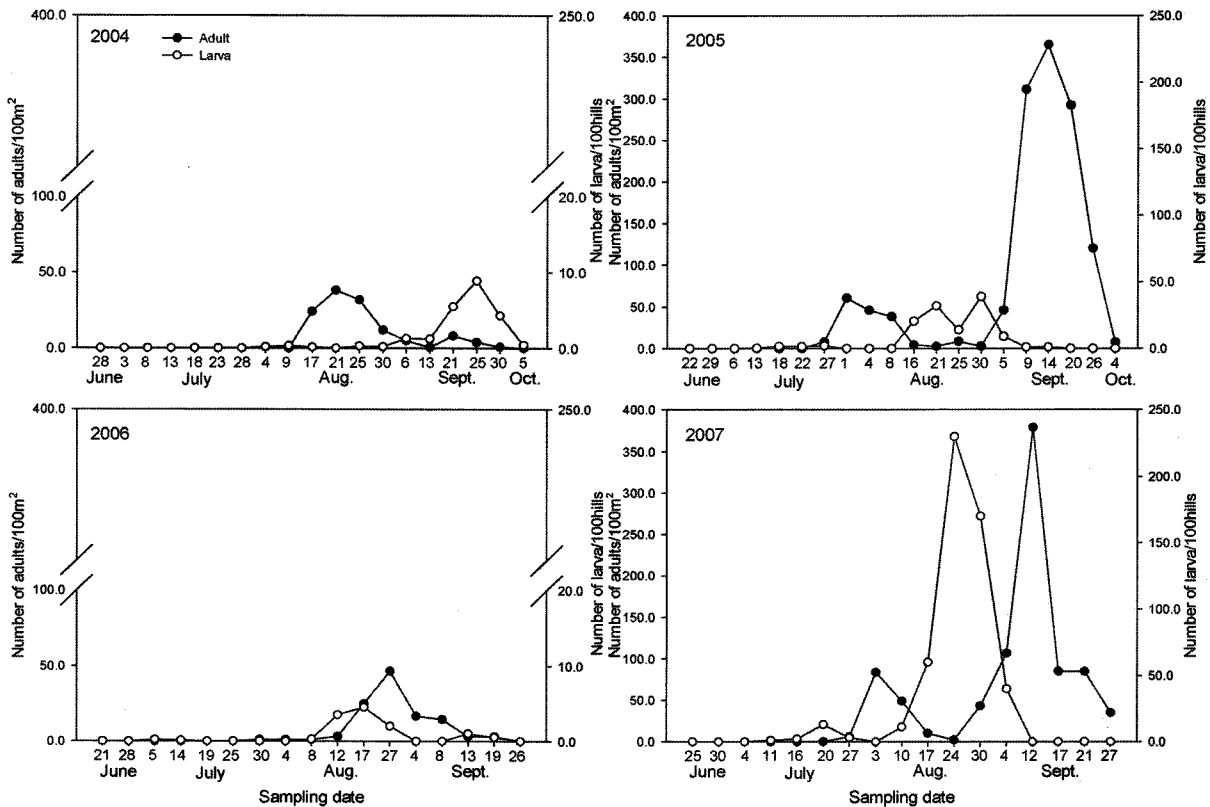


Fig. 1. Adult and larva density changes of *C. medinalis* in the paddy field at Dangsu-dong, Suwon from 2004 to 2007.

발견되는 유충들에서는 6령이 차지하는 비중이 높았다.

**흑명나방 발생 및 피해조사**

2004년부터 2007년까지 수원시 당수동에 소재하는 국립 농업과학원 시험포장에서 조사한 흑명나방 성충과 유충의 발생양상은 Fig. 1에 나타낸 바와 같다. 흑명나방은 2004년과 2006년에 발생이 적었으며, 2005년과 2007년에는 발생이 많았다. 발생이 적었던 2004년과 2006년에는 1회의 성충 발생 피크가 각각 8월 21일과 8월 27일에 있었으며, 발생량은 약 40마리/100 m<sup>2</sup> 정도 이었다. 발생이 많았던 2005년과

2007년에는 2회의 성충 발생 피크가 있었는데, 첫 번째 피크는 8월 상순(8월 1일 및 8월 3일)으로 발생이 적은 해에 비해 20일 이상 빨랐고, 발생량은 50마리/100 m<sup>2</sup> 이상 이었다. 두 번째 피크는 9월 중순(9월 14일 및 9월 12일)이었으며, 발생량은 약 350마리/100 m<sup>2</sup>로 첫 번째 피크보다 약 7배 높았다. 또한 흑명나방 유충의 발생량과 시기도 성충의 발생량과 밀접한 관련이 있었다. 발생이 적었던 2004년에는 9월 중순과 하순에 유충 발생이 100주당 최고 10마리 미만이었으나, 발생이 많았던 2005년과 2007년에는 8월 중순과 하순에 유충 발생이 100주당 각각 40마리와

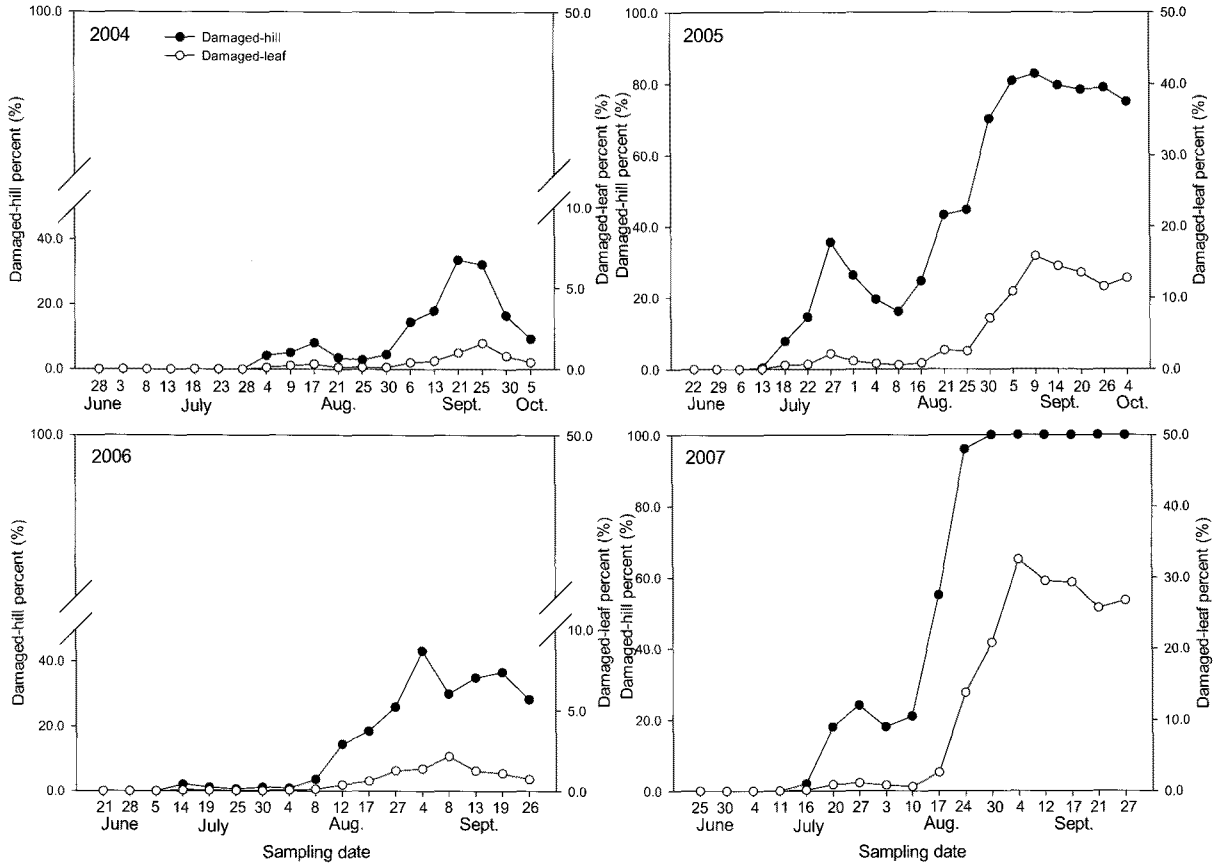


Fig. 2. Changes in the damaged-hill and damaged-leaf percent by *C. medinalis* in the paddy field at Dangsudong, Suwon from 2004 to 2007.

230마리로 매우 높았다(Fig. 1).

2004년부터 2007년까지 흑명나방 발생에 따른 벼의 피해 주율 및 피해엽률 변화는 Fig. 2와 같았다. 유충 발생이 적었던 해(2004년과 2006년)와 많았던 해(2005년과 2007년) 사이에 벼 피해에 있어 큰 차이가 있었다. 유충 발생이 적었던 2004년과 2006년에는 8월 상순에 벼 피해주율이 10% 미만 이었고, 9월 중순에 벼 피해엽률이 약 2% 이었다. 하지만 유충 발생이 많았던 2005년과 2007년에는 7월 하순에 벼 피해주율이 약 30% 이었고, 9월 상순에 벼 피해엽률은 15~30% 이었다. 또한 상대적으로 흑명나방 피해가 심했던 2005년과 2007년간에도 유충 발생이 많았던 2007년에 벼 피해가 더욱 심하였다.

Fig. 3은 7월 하순과 8월 상순에 벼 포장에서 흑명나방의 성충수와 벼 피해주율 및 9월에 조사된 벼 피해엽률과의 관련성을 분석한 것이다. 흑명나방의 성충수와 벼 피해주율이 낮은 경우에 벼 피해엽률이 낮았으며, 흑명나방 성충수가 많고 벼 피해주율이 높은 경우에 벼 피해엽률이 높았다. Fig. 3에서 7월하순 또는 8월 상순의 성충 발생수와 9월 동안의

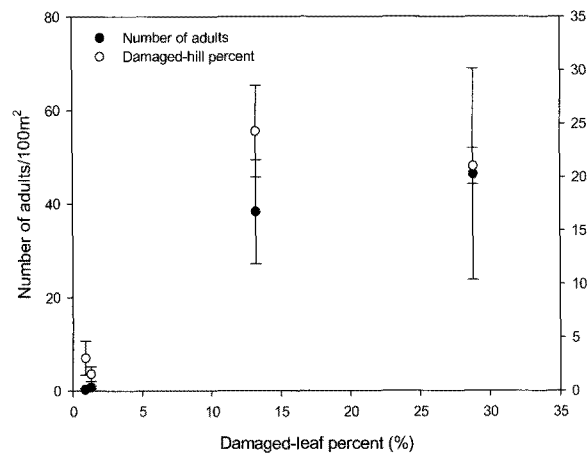


Fig. 3. Relationship between occurrence of *C. medinalis* adult, damaged-hill in late July and early August, and damaged-leaf percent in September in the paddy field at Dangsudong, Suwon from 2004 to 2007.

피해엽률간의 상관정도는 0.93, 피해주율과 피해엽률간의 상관정도는 0.81로 나타났다. 이러한 분석결과로 볼 때 7월 하순과 8월 상순에 벼 포장에서 흑명나방 성충 발생과 벼

Table 4. The LC<sub>50</sub> value (mg/L) of *C. medinalis* populations collected in Korea and Vietnam

Insecticides	Suwon (2005)		Suwon (2006)		Seosan (2006)		Hai Phong (2006)	
	LC <sub>50</sub>	b <sup>a)</sup>	LC <sub>50</sub>	b	LC <sub>50</sub>	b	LC <sub>50</sub>	b
Tebufenozide 8Wp	2.67 (1.82-3.71)	3.7	11.5 (5.9-19.2)	1.5	5.66 (4.15-6.98)	4.8	18.3 (8.2-33.0)	0.9
Methoxyfenozide 4Wp	13.1 (4.6-19.0)	2.7	35.8 (24.5-50.4)	2.9	29.7 (13.5-38.9)	2.4	46.1 (27.9-81.8)	1.8
Chlorpyrifos-Methyl 25Ec	183.0 (138.7-238.4)	2.4	62.5 (41.7-95.8)	1.7	117.2 (81.5-153.9)	2.8	169.1 (109.0-235.2)	2.1
Pyridaphenthion 30Ec	175.6 (125.7-232.9)	2.6	67.2 (45.5-95.9)	1.8	252.8 (198.2-312.4)	3.2	103.4 (66.5-150.7)	1.6
Cartap 50Sp	1,021.4 (789.6-1263.8)	3.3	747.4 (495.8-1,030.8)	1.6	564.9 (312.5-1,381.9)	1.1	2,463.9 (1,852.7-3,1176.6)	2.3

<sup>a)</sup>Slope of regression line.

피해주율을 조사하면 9월에 벼 포장에서 발생할 흑명나방에 의한 피해정도를 예측할 수 있을 것으로 여겨진다.

Table 4는 우리나라와 베트남에서 채집한 흑명나방 지역 개체군에 대한 곤충생장조절 계통, 유기인계 및 칼탑계 약제에 대한 감수성 반응을 나타낸 것이다. 곤충생장조절 계통인 tebufenozide 8WP와 methoxyfenozide 4WP, 유기인계인 chlorpyrifos-methyl 25EC 및 pyridaphenthion 30EC에는 매우 높은 감수성을 보였으나, 칼탑계인 cartap 50SP에는 약제 감수성이 약간 낮게 나타났다. 이러한 반응은 흑명나방의 채집년도(2005년 및 2006년)에 관계없이 비슷한 경향이였다. 한편, 베트남 하이퐁시 남부의 Kien An 지역에서 채집한 개체군은 cartap 50SP에 대해 다른 지역 개체군보다 약제 감수성 정도가 더욱 낮았다.

## 고 찰

우리나라에서 벼에 발생하는 해충을 침입하는 시기에 따라 구분한다면, 벼멸구, 흑명나방 같은 장거리 이동성 해충은 벼의 분얼이 왕성한 시기에 침입하는 본답 중기 해충들에 해당된다. 벼물바구미, 굴파리와 같은 본답 초기 해충들에 대해서는 육묘상 처리법등과 같은 간편한 본답 초기 약제처리에 의해 피해를 예방할 수 있지만, 중기 이후에 발생하는 해충들에 대해서는 이들의 발생 생태를 고려한 적절한 예찰과 방제가 요구된다(Lee *et al.*, 2005; Park *et al.*, 2007; Park *et al.*, 2009). 특히 흑명나방 같은 비래해충은 해마다 비래시기가 달라지고, 이에 따라 방제적기가 수시로 바뀔 수 있기 때문에 정확한 예찰정보가 효과적 방제를 위해 필수적이다. 비래횟수나 규모를 정확하게 예찰하여

포장에서 이들 개체군 동태를 예측하고, 이를 토대로 방제 적기나 방제법등을 제시하는 것이 이상적이지만, 아직까지 어려움이 남아있다.

그동안 국내에서 흑명나방 유충의 영기를 구분할 수 있는 구체적인 연구결과는 없었는데, Table 2의 두폭과 체장에 관한 자료는 포장에서 발생하는 유충의 영기를 확인하고, 이를 토대로 유충의 영기 분포를 추정하거나 효과적인 방제 시기 등을 산정하는데 매우 유용할 것으로 생각된다. 본 연구에서 실내에서 사육된 흑명나방 유충의 최종영기는 5령 또는 6령으로 구성되었는데, Table 3의 포장에서 채집된 개체들에서도 이를 확인 할 수 있었다. 특히 8월 하순에 채집된 개체들에서는 6령 유충들을 많이 볼 수 있었는데, 이시기에는 유충의 영기가 길어지면서 가해기간이 더 늘어날 것으로 여겨진다. 이러한 흑명나방 유충의 최종 영기에서 변이들은 벼의 생육단계와 밀접한 관련이 있다고 보고되었다. Miyashita & Kowanishi (2003)는 흑명나방 유충이 유수 형성기까지의 벼 잎을 섭식하는 경우에는 5령까지, 그 이후의 잎을 섭식하는 경우에는 6령과 7령까지도 경과한다고 하였다.

2004년에서 2007년까지 조사 결과를 보면, 흑명나방 발생이 적은 해와 많은 해로 구분되었다(Fig. 1). 흑명나방 발생이 비교적 많았던 80년대 초 전남 지역에서 성충의 발생 최성기가 1차에는 7월 하순, 8월 상순, 2차에는 9월 상, 중순에 있었는데(Choi *et al.*, 1986), 이것은 본 연구의 발생이 많았던 2005, 2007년과 유사하여 비록 지역적인 차이는 있지만, 이것이 다발생 해의 발생 패턴이라고 생각된다. 그리고 본 연구결과로 볼 때 7월 하순이나 8월 상순에 나타나는 흑명나방 성충 1차 최성기의 규모에 따라 소발생

과 대발생 해를 구분할 수 있다고 판단되어 이 시기의 성충 발생정도를 정밀 예찰하는 것이 매우 중요하다고 생각된다. 그러나 이러한 흑명나방 발생 패턴은 지역 작부체계 변화 등에 영향을 받을 수 있기 때문에(Inoue *et al.*, 2004), 활용도를 제고하기 위해서는 더 많은 지역 발생 자료 축적이 필요하다고 생각된다.

흑명나방은 잎을 가해하는 다른 해충과 마찬가지로 피해 허용수준이 높다고 알려져 있어, 천적자원이 풍부한 동남아시아 지역에서는 약제 방제를 적극 추천하지 않는다(Bautista *et al.*, 1984; Miyashita, 1985; Heong and Escalada, 1998). 한편, 우리나라에서 흑명나방의 피해해석 결과에 따르면, 피해허용수준은 출수 후 유숙기 피해엽률 7%이며, 출수전 보다 출수 후의 피해에 더 높은 감수성을 갖는 것으로 나타났다(Lee *et al.*, 2006). 본 연구에서 소 발생했던 2004년과 2006년에는 유숙기 피해엽률이 이 기준보다 훨씬 낮았으나, 발생이 많았던 2005년과 2007년에는 이를 크게 상회하고 있어 피해를 줄이기 위해서는 이렇게 다 발생해에는 약제 방제가 필요할 것을 판단된다. 흑명나방 개체군의 규모가 작은 시기에 발견되는 한, 두잎의 피해엽으로 후기 피해정도를 가늠하기는 어렵다. 본 연구결과와 Fig. 2에서 7월 하순 및 8월 상순에 소발생과 다발생해에는 피해주의 발생정도가 뚜렷하게 차이가 있고, 또한 이것이 후기 피해엽 발생 정도와 밀접한 상관관계가 있어서 이시기에 피해주율을 조사하는 것이 포장 발생정도를 판단하고, 후기에 피해엽률의 규모를 예측하고 방제여부를 판단하는데 도움이 될 수 있다고 생각된다.

흑명나방에 의한 피해가 예상될 때, 방제효율을 높이기 위해서는 되도록 어린 유충시기에 방제해야 한다. 포장 관찰에 의하면 2령 이하의 어린 유충일 때는 잎을 완전히 말지 못하고 부분적으로 노출되어 있지만, 노숙 유충일수록 잎을 세로로 완전히 철하고 그 속에서 숨어있기 때문에 약제가 충체에 충분히 도달하기 어렵다. 특히 곤충의 탈피생리를 교란하는 약제사용은 더욱더 적기사용이 요구된다(KCPA, 2007). 본 연구에서 시험한 곤충생장 조절 계통 약제는 2령 유충에 대해서 추천농도보다 훨씬 낮은 농도에서도 매우 좋은 효과를 가져, 포장에서 적기에 사용된다면 방제효과가 매우 높을 것으로 예상된다. 한편, 칼탐제에 대해서는 약제 감수성이 전반적으로 낮았는데, 이는 이 약제의 장기간 사용에 따른 노출 증가로 흑명나방 개체군들에서 내성이 발달한 것으로 추측된다(KACIA, 2001). Table 4의 약제 감수성 조사결과에서 국내에서 채집된 개체군들뿐만 아니

라 베트남 개체군에서도 동일한 반응들이 목격되어 흑명나방의 효과적인 관리를 위해서는 비래원으로 추정되는 국가에서 발생 및 약제반응 정보가 중요하다고 여겨진다. Kawazu 등(2005)의 연구에서 흑명나방의 비래원으로는 중국, 베트남이 지목되고 있다. 한편, 비래 해충인 버멀구나 흰등털구에서도 베트남, 중국, 일본에서 채집된 개체군들간에 비슷한 약제 반응이 나타나고 있어 동아시아지역의 이동성 해충들간에는 상호관련성이 있다고 보여진다(Matsumura *et al.*, 2008).

여러 가지 예찰방법들이 연구되고 있지만, 아직까지 흑명나방 성충의 비래규모를 정확하게 파악하기 힘든 상황에서(Kawazu *et al.*, 2004), 포장에서 조사된 1세대 유충에 의한 피해나 1세대 성충의 발생으로부터 흑명나방의 발생정도를 파악하는 것이 중요하다고 판단된다. 본 연구결과로 볼 때 수원 지역에서는 7월 하순에서 8월 상순의 흑명나방 발생정보가 방제의사결정에 중요하다고 볼 수 있다. 이시기의 정밀 예찰을 통해 방제가 필요하다면 방제적기는 출수 전 어린 유충이 많이 출현하는 시기가 될 수 있다. 비록 본 연구 결과는 경기도 수원지역에서 얻은 결과지만, 다른 지역에서의 흑명나방 예찰체계를 수립하는데 큰 도움이 될 것으로 생각된다. 흑명나방은 장거리 이동하는 국제적인 해충이다. 앞으로 이 해충의 돌발 발생에 대비하고 효과적인 관리를 위해서는 동아시아 지역까지 범위를 넓혀 지역적인 발생, 약제 저항성 발달, 친환경방제기술등에 관한 국가간 정보교류가 활발하게 이루어져야 할 것으로 생각된다.

## 사 사

본 연구는 농촌진흥청 국립농업과학원 경상연구 및 농촌진흥청 “돌발 병해충 국가 예찰망 구축연구”에 의해 지원되었으며, 연구 수행에 도움을 주신 김성만 연구원에게 감사드립니다.

## Literature Cited

- Barrion, A.T., Litsinger J.A., Medina E.B., Aguda R.M., Bandong J.P., Pantua P.C., Viajante V.D., dela Cruz C.G., Vega C.R., Soriano J.S., Camanag E.E., Saxena R.C., Tryon E.H., and B.M. Shepard. 1991. The rice *Cnaphalocrocis* and *Marasmia* (Lepidoptera: Pyralidae) leafroller complex in the Philippines: Taxonomy, bionomics, and control. *Philippine Entomol.* 8: 987-1074.
- Bautista, R.C., E.A. Heinrichs, and R.S. Rejesus. 1984. Economic

- injury levels for the rice leaffolder *Cnaphalocrocis medinalis* (Lepidoptera: Pyralidae): insect infestation and artificial leaf removal. *Environ. Entomol.* 13: 439-443.
- Choi, C.S., K.H. Cha, and I.J. Kim. 1986. The occurrence and damage analysis of the rice leaf roller. *Jeonnam Agri. Tech. Rep.* 1: 347-356.
- de Kraker, J., R. Rabbinge, A. van Huis, J.C. van Lenteren, and K.L. Heong. 2000. Impact of nitrogenous-fertilization on the population dynamics and natural control of rice leaffolders (Lep.: Pyralidae). *Int. J. Pest. Manage.* 46: 225-235.
- Han, L., K. Wu, Y. Peng, F. Wang, and Y. Guo. 2007. Efficacy of transgenic rice expressing Cry1Ac and CpTI against the rice leaffolder, *Cnaphalocrocis medinalis* (Guenee). *J. Invertebr. Pathol.* 96: 1-79.
- Heong, K.L. and M.M. Escalada. 1998. Changing rice farmers' pest management practices through participation in a small-scale experiment. *Int. J. Pest Manage.* 44: 191-197.
- Hirao, J. 1982. Ecology and chemical control of the rice leaf-roller. *Jpn. Pestic. Inform.* 41: 14-17.
- Inoue, H., H. Kamiwada, and S. Fukamachi. 2004. Seasonal Changes in Adult Density and Female Mating Status of the Rice Leaf Roller *Cnaphalocrocis medinalis* Guenee (Lepidoptera: Pyralidae) in Paddy Fields of Southern Kyushu, Japan. *Jpn. J. Appl. Entomol. and Zool.* 47: 85-90.
- Kawazu, K., T. Kamimuro, and H. Kamiwada. 2004. Effective pheromone lures for monitoring the rice leaffolder moth, *Cnaphalocrocis medinalis* (Lepidoptera: Crambidae). *Crop Prot.* 23: 589-593.
- Kawazu, K., Y. Suzuki, Y. Yoshiyasu, E.B. Castillon, H. Ono, P.T. Vuong, F.-K., Huang, T. Adati, T. Fukumoto, and S. Tatsuki. 2005. Attraction of *Cnaphalocrocis medinalis* (Lepidoptera: Crambidae) Males in Southeast Asia to Female Sex Pheromone Traps: Field Tests in Southernmost China, Northern Vietnam and Southern Philippines with Three Synthetic Pheromone Blends Regarding Geographic Variations. *Appl. Entomol. Zool.* 40: 483-488.
- Kawazu, K.A. Otuka, T. Adati, H. Tonogouchi, and J. Yase. 2008. Lepidoptera captured on the East China Sea in 2005 and predicted migration sources. *Entomol. Sci.* 11: 315-322.
- KCPA (Korean Crop Protection Association). 2007. Agrochemicals use guide book. 1031 pp.
- KACIA (Korea Agricultural Chemicals Industrials Association). 2001. Pesticide handbook. 236 pp.
- Khan, Z.R., M.L.P. Abenes, and N.J. Fernandez. 1996. Suitability of graminaceous weed species as host plants for rice leaffolder, *Cnaphalocrocis medinalis* and *Marasmia patnalis*. *Crop Prot.* 15: 121-127.
- Lee, G.H., C.H. Park, M.Y. Choi, H.Y. Seo, S.D. Bae, and Y.S. Choi. 2006. Economic Injury Levels for the Rice Leaffolder *Cnaphalocrocis medinalis* (Lepidoptera: Pyralidae) in the Rice Paddy Field. 45: 327-331.
- Lee, S.W., B.R. Choi, H.M. Park, J.K. Yoo, and B.K. Chung. 2005. Monitoring on insecticide resistance of major insect pests in paddy field. *Kor. J. Pestic. Sci.* 9: 365-373.
- Matsumura, M., H. Takeuchi, M. Satoh, S. Sanada-Morimura, A. Otuka, T. Watanabe, and D.V.Thanh. 2008. Species-specific insecticide resistance to imidacloprid and fipronil in the rice planthoppers *Nilaparvata lugens* and *Sogatella furcifera* in East and South-east Asia. *Pest Manage. Sci.* 64: 1115-1121.
- Miyashita, T. 1985. Estimation of the economic injury level in the rice leaf roller, *Cnaphalocrocis medinalis* Guenee (Lepidoptera: Pyralidae). 1. Relation between yield loss and injury of rice leaves at heading or in the grain filling period. *Appl. Entomol. Zool.* 29: 7-76.
- Miyashita, T. and K. Kawanishi. 2003. Effects of rice leaf position and growth stage on larval development and survivorship of the rice leaf roller *Cnaphalocrocis medinalis* (Guenee) (Lepidoptera: Pyralidae). *Jpn. J. Appl. Entomol. Zool.* 47: 85-90.
- Nam, H.S., H.S. Shim, S.M. Yu, S.W. Lee, S.J. Kwon, M.K. Kim, and Y.H. Lee. 2009. Evaluation of disease resistance of a leaffolder-resistant (Cry1Ac1) rice event and gene transfer to plant pathogens. *Res. Plant Dis.* 15: 202-208.
- Park, H.H., C.G. Park, H.M. Park, and K.B. Uhm. 2006. Rearing system for rice leaffolder, *Cnaphalocrocis medinalis* (Lepidoptera: Crambidae) using corn seedlings. *Kor. J. Appl. Entomol.* 45: 91-95.
- Park, H.H., W.H. Yeh, and H.M. Park. 2007. Gain threshold estimation for some pests in major crops. *Kor. J. Appl. Entomol.* 46: 63-69.
- Park, H.H. and J.H. Lee. 2009. Impact of pesticide treatment on an arthropod community in the Korean rice ecosystem. *J. Ecol. Field Biol.* 32: 19-25.
- Pathak, M.D. and Z.R. Khan. 1994. Insect pests of rice. Manila, Philippines; International Rice Research Institute Newsletter 89pp.
- Seo, M.J., C.H. Paik, M.H. Kang, G.H. Lee, D.K. Lee, K.S. Lee, Y.N. Youn, and Y.M. Yu. 2009. Pesticidal activities and effect on its biological characteristics of *Bacillus thuringiensis* strains from soil against rice pests, *Cnaphalocrocis medinalis* and *Maranga aenescens*. *Kor. J. Appl. Entomol.* 48: 101-108.
- Uhm, K.B., K.M. Choi, and J.S. Hyun. 1991. Integrated control of rice pests. pp. 16-65. *in Applied entomology collection of treatises in celebration of Professor Hyun, J.S., eds. J.S. Hyun, M.H. Lee and K.S. Boo. 558pp. Agricultural Biology Alumni Association, Seoul National University, Korea.*
- Wada, T. and M. Kobayashi. 1980. Effects of temperature on development of the rice leaf roller, *Cnaphalocrocis medinalis* Guenee (Lepidoptera: Pyralidae). *Appl. Ent. Zool.* 15: 207-214.