

韓國에서 이화명나방(*Chilo suppressalis* Walker) 발생상의 지역적 특성에 관한 연구

Studies on the Regional Characteristics in the Occurrence of the Rice Stem Borer, *Chilo suppressalis* Walker in Korea

朴 昌 圭 · 玄 在 善¹

Chang Gyu Park and Jai Sun Hyun¹

ABSTRACT The regional characteristics in the occurrence of the rice stem borer, *Chilo suppressalis* (Walker), in Korea, were examined by analyzing the light trap data obtained from 39 locations during the years of 1965-1988, and some ecological significance of the overwintering larval populations collected from the four locations where some of the typical ecological-race have been known, the results obtained are as follows;

The total number of the moths have decreased greatly throughout the nation since 1970. The decrease in the total number of moths related with those in the spring moth but not in the summer moths, and suggested that the changes in the rice production systems have effected significantly on the second generation of the insect. The variations between the regions had been great in 1960's, decreasing phase in 1970's and increasing phase in last decade. The overall average of 50% emergence dates have shifted earlier in both moths, and the changes were different considerably with the regions as well as in generations. When the overwintered larvae were incubated at 25°C and RH of 90%, the average mortalities were 21.07% for Suweon, 43.06% for Iri, 63.51% for Jinju, 27.04% for Gwangju. When the overwintered larvae were incubated at 25°C and RH of 90%, the average mortalities were different with the body weight; 45.44% for the larvae of less than 39 mg, 37.61% for 40-49 mg, 37.28% for 50-59 mg, 30.17% for greater than 60 mg. When the overwintered larvae were incubated at 25°C, post-diapause larval development periods of body weight classes were 18.6 ± 1.2 days for the larvae of less than 39 mg, 20.4 ± 3.3 days for 40-49 mg, 21.4 ± 3.2 days for 50-59 mg, 21.8 ± 3.2 days for greater than 60 mg, and only the larvae of less than 39 mg, body weight class less than 39 mg was found statistically different in post-diapause larval development periods. From these results, the changes in the cultural practice of the rice have effected on the ecological pattern of the rice stem borer, and the effects seemed to be different with the generations, and with the regions where the different ecological races are distributing.

KEY WORDS *Chilo suppressalis*, occurrence, regional characteristics ecological-race, overwintering larval development

초 록 본 연구는 1965년부터 1988년까지 전국 39개 병해충발생예찰소에서 수집된 이화명나방의 유살성적을 이용하여 그의 지역간 발생상의 특성을 분석하고 대표적 생태종이 분포하고 있는 4개 지역에서 채집된 월동유충의 몇가지 생태학적 특성을 조사한 것으로 그 결과는 다음과 같다. 이화명나방의 총유살량이 1969년 이후 전국적으로 크게 감소하였으며 이것은

¹ 서울대학교 농과대학 농생물학과(Dept. of Agricultural Biol., College of Agriculture, Seoul National Univ. Suwon 441-744, Korea)

봄나방 유살량의 감소에 따른 것으로 여름나방의 그것은 큰 변동이 없어 1970년 이후 8월 중순부터, 다음해 6월 상순까지의 환경조건이 크게 변화하였음을 알 수 있다. 유살량의 지역간 차는 1960년대에는 컸으나 1970년대에는 크게 감소하였으며 최근 10년간에 다소 증가하고 있으며 그 변동상은 지역적으로 차가 있다. 전체적으로 50% 유살일은 化期와 관계없이 빨라지고 있으나 지역에 따라 그 양상에는 차가 있다. 월동유충을 25°C, 상대습도 90%에서 가온사육한 결과 지역별 사망율은 水原 21.07%, 裡里 43.06%, 晋州 63.51%, 光州 27.04%였다. 월동유충의 사망율은 체중에 따라 차가 있어서 39 mg 이하는 45.44%, 40~49 mg은 37.61%, 50~59 mg은 37.28%, 60 mg 이상은 30.17%였다. 25°C, 상대습도 90%에서 가온하였을 때, 휴면후 평균 유충발육기간은 수원지역은 17.0 ± 1.5 일, 이리지역은 22.0 ± 1.8 일, 광주지역은 23.2 ± 2.5 일, 진주지역은 20.8 ± 2.8 일이 걸렸다. 체중별 휴면후 유충발육기간은 39 mg이하가 18.6 ± 1.2 일, 40~49 mg이 20.4 ± 3.3 일, 50~59 mg이 21.4 ± 3.2 일, 60 mg 이상이 21.8 ± 3.2 일이 걸렸다. 이러한 결과로 보아 1970년대 이후의 벼의 재배법의 변화는 이화명나방 발생상에 큰 영향을 미쳤으며 그 영향은 화기에 따라 차가 있었고 휴면상태에 특징을 갖고 있는 생태종의 분포에 따라 차가 있음을 짐작할 수 있다.

검 색 어 이화명충, 발생상, 지역적 특성, 생태형, 월동유충, 가온사육

농생태계는 작물생산을 위한 인위적 요인이 주도하는 생태계로, 그 구성요소의 하나인 해충의 발생량은 작물의 종류나 생산기술의 변천에 따라 크게 영향을 받게 됨은 2차세계대전 이후의 유기합성 살충제의 일반화에 따르는 해충발생상의 다양한 변화에서 충분히 설명되고 있다. 우리나라에서 벼의 재배양식은 품종, 재배기술면에서 1970년 이후에 크게 변하고 있는데 이러한 것이 그의 해충인 이화명나방의 발생양식에도 많은 영향을 미쳤을 것으로 생각된다.

玄(1978)은 우리나라에서 이화명나방의 발생량을 전국 유살등성적을 중심으로 검토하고, 1970년대 초반부터 이화명나방 유살량이 감소하기 시작하였다고 하여 이는 주로 봄나방 유살량의 감소로 인한 결과라고 하고 그 경향은 남부지방에서 심하다고 하였다.

宋과 崔(1980)는 1966년부터 1979년까지 우리나라에서의 이화명나방 유살상황을 분석하여 그 기간중에 이 해충의 발생시기가 빨라지고 있다고 하였는데, 발생기간의 변동폭은 중부지방에서 남부지방보다 적었으며 중간지대는 그것들의 중간정도라고 하고, 이앙시기의 조기화와 이앙기간의 단축에 따르는 개체군의 도태가 이러한 변화를 초래케 한 원인을 것이라고 추론한 바 있다.

본 연구는 1965년부터 1988년까지 전국 39개 병해충발생예찰소에 수집된 이화명나방의 日誘殺상황의 연차적 변동을 분석하여 그 발생추이의 지역적 특성을 파악함으로써 생물-환경계의 기능적 특성을 추론하고, 대표적 4개 지역에서 채집된 월동유충의 몇가지 휴면생태를 조사하여 현재 알려지고 있는 두 생태형에 대한 환경요소의 도태양식의 본질을 추론하려고 수행되어졌다.

재료 및 방법

유살자료의 분석

본 연구에 이용한 이화명나방 유살자료는 전국 병해충발생예찰소 중 1965년부터 1988년까지 비교적 자료가 충실한 전국 39개 예찰소의 일일유살자료를 이용하여 분석하였다.

이화명나방 개체군의 지역적 특성을 구명하기 위하여 전국 39개 예찰소를 기후대, 생태적 중요지형을 고려하여 8개 지역으로 묶어서 지역별, 연도별 유살량과 50% 유살일의 변동을 분석하였으며 예찰소의 위치와 그것을 지역별로 묶은 것은 그림 1과 표 1에 나타내었다.

기상조건의 변동에 의한 실제 우화상황과 조사된 유살수와의 차를 감안하여 전후 3일간의 평균 유살수를 당일의 유살수로 하였다.

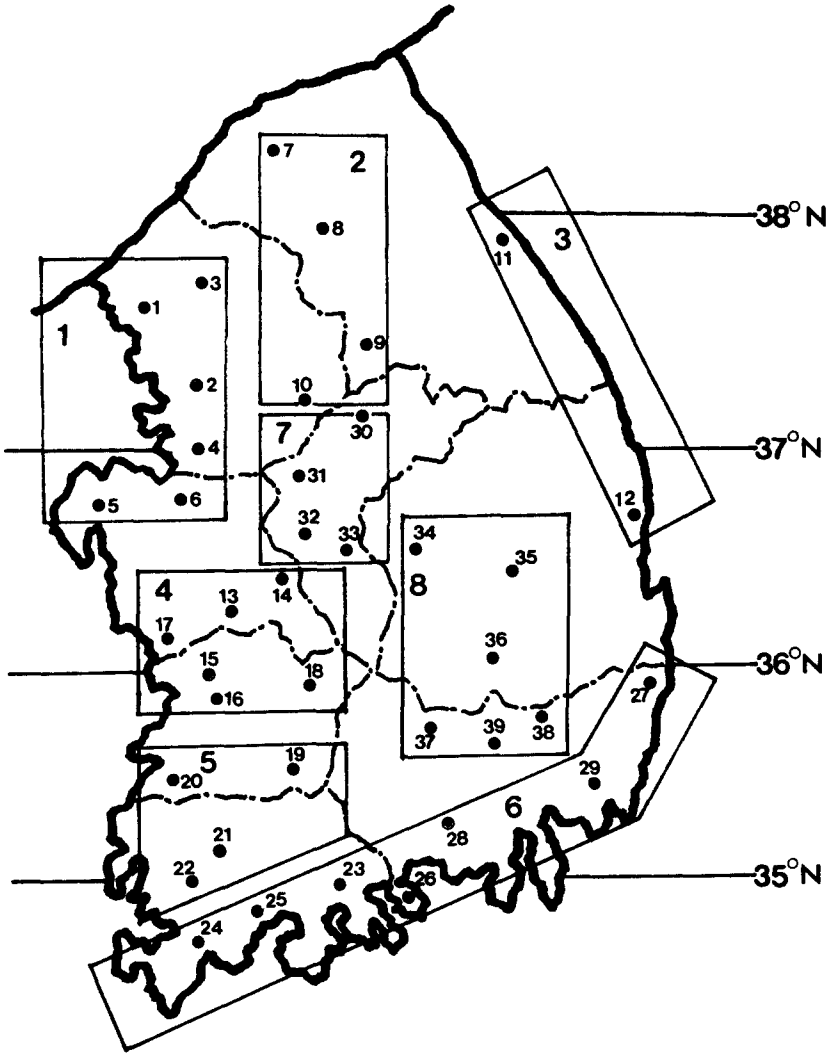


Fig. 1. Light trap locations(●), sampling localities(○) and regional groups(□).

가온고육 실험

공시충인 이화명나방의 채집은 경기 수원, 전북 이리, 전남 광주, 경남 진주에서 1988년 12월부터 1989년 1월까지 채집하여 공시하였으며 공시충 채집지역은 그림 1에 표시하였다.

가온사육은 해부현미경하에서 (x 30) Haerold organ의 유무로 성을 판별하고 지역당 암수 각각에 대하여, 39 mg 이하, 40~49 mg, 50~59 mg, 세 체중군은 각 30마리씩, 60 mg 이상의 체중군은 20마리씩을 25 ± 1°C, 광주기 L : D=16 : 8, 상대습도 90% 이상의 조건에서

2월 5일부터 5일 간격으로 2월 20일까지 4차에 걸쳐 실시하였다.

처리방법은 무게군별로 10마리씩 지름 3 cm, 높이 15 cm의 시험관에 벚집과 충을 함께 넣고 솜으로 뚜껑을 하여 완전히 막은 후에 가온개시하였다.

조사는 매일 용화개체수, 사망개체수를 기록하였으며 조사기간은 모든 개체가 사망 또는 용화하여 모두 없어질 때까지 실시하였다.

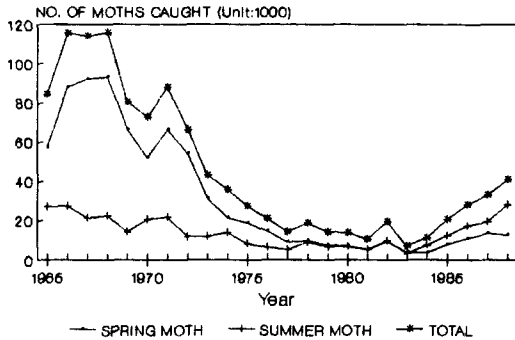


Fig. 2. Change in the numbers of *C. suppressalis* moth caught by light traps at 39 different localities.

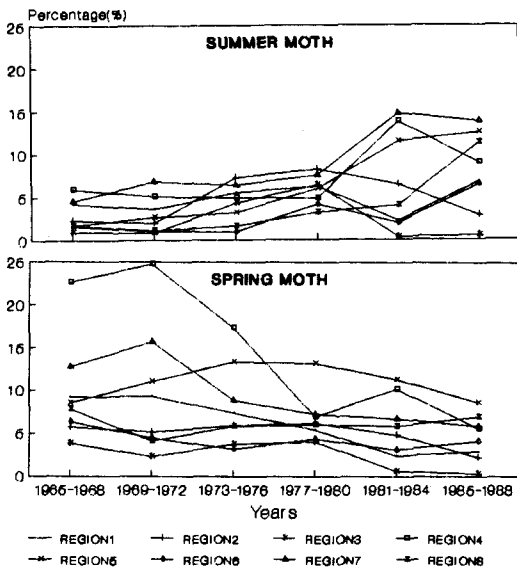


Fig. 3. The changes in per cents of the spring and summer moths to the total moths in different regions.

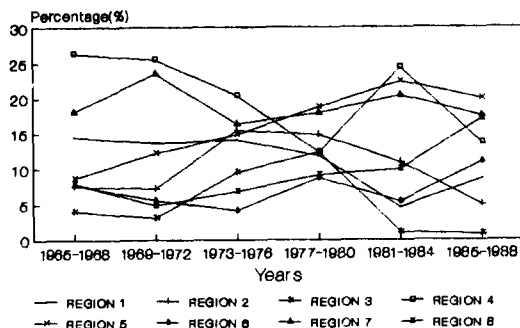


Fig. 4. Regional differences in the total moths caught of *C. suppressalis* in different year periods.

결과 및 고찰

이화명나방의 발생추세

생물과 환경요인과의 상호작용의 생태학적 결과는 개체군의 밀도나, 생육상황으로 구체화된다.

그림 2는 1965년부터 1988까지 전국 39개 예찰소에서 조사된 봄나방, 여름나방 그리고 총유살량의 변동추세이다.

이화명나방의 총유살량은 1960년대 말 약 11만마리에 달하던 것이 1970년대 초반부터 감소하기 시작하여 1980년대 초기에는 약 1만마리로 감소하였으며 그 후 약간 증가하여 최근에는 4만마리 정도가 유살되었다.

여름나방의 유살량은 대체적으로 큰 변동이 없으나, 그의 총유살량에 대한 비율은 1970년대 경까지는 약 2만마리로 20% 내외이던 것이 1980년대 초에는 45%로 증가하였으며 그 이후 계속 증가하여 1984년 이후에는 오히려 봄나방의 유살량보다 많아져 최근에는 총유살량의 60%를 넘고 있다. 봄나방의 유살량은 1969년을 정점으로 급격히 감소하여 1980년대 초기 약 5천마리로 감소하였고, 그 후에 약간 증가하여 최근에는 약 1만마리가 유살되었다.

그림 3은 총유살량에 대한 봄나방과 여름나방 유살량의 백분율이다.

전국적으로 봄나방의 총유살량에 대한 비율이 1970년대 초까지는 70% 이상이었으나 그 후 감소하여 최근에는 40% 이하로 감소하고 있는 반면, 여름나방의 그것은 30% 이하였던 것이 점점 증가하여 최근에는 총유살량의 60% 이상으로 증가하고 있어 6월~8월간의 환경조건의 영향보다는 8월 이후의 환경조건이 해충 발생량에 큰 영향을 미친 것을 알 수 있다. 한편 봄나방에서는 1976년까지 지역간 차가 컸으나 그 후에는 지역간 차가 줄어들고 있는 반면, 여름나방에 있어서는 1980년까지는 지역간 차가 적었으나 최근에 지역간 차가 크게 증가하고 있어서 대조를 이루고 있다.

그림 4는 총유살량에 대한 지역별 유살량 비율의 연차적 변동을 보기 위한 것이다.

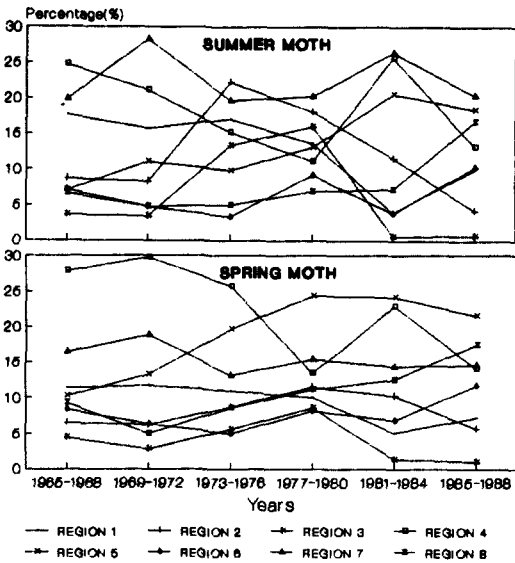


Fig. 5. Regional differences in the spring and summer moths caught of *C. suppressalis* in different year periods.

1970년대에 들어설 때까지는 총유살량 비율의 지역간 차이가 비교적 크나 그후 1980년경까지는 그 차가 줄어들어 1977~1980년간에는 지역간 차가 최소로 되고 있어서 지역간 발생

량이 均質化되고 있음을 알 수 있다. 그 이후 다시 지역간 차는 상당히 증가하고 있으며 그 양상은 지역에 따라 특성적이다. 즉 서해남부 지역에서는 10%에서 20% 이상으로 증가하고, 서해중부와 영남내륙에서는 비슷한 비율이 유지되고 있다. 이것은 지역개체군이 환경조건에 대한 반응에 차가 있음을 뜻하는 것으로 추측되어 흥미있는 일이다.

그림 5는 봄나방과 여름나방의 지역별 유살량 비율의 변동상황이다. 전체적으로 보아 여름나방 유살량 비율의 연차적 변동이 봄나방의 그것들에 비하여 복잡한 경향이 있으나 대체적으로 그림 3에서와 같이 1970년대 초부터 1980년까지는 감소하고 그 이후에 증가하고 있다.

그림 6은 각 지역에서의 총유살량의 연도간 변이계수를 표시한 것이다.

총유살량의 연간변이는 서해남부지역을 제외한 余他 지역들에서 1970년대 중반기부터 감소하고 지역간 차도 감소되었다. 동해안(3)지역과 서해남부(5)지역에서는 1970년대 후반기에 변이계수가 증가하고 1980년대 초에는 총

Table 1. List of available light trap data

REG.	Loc. No.	Location	Year period	REG.	Loc. No.	Location	Year period	
1	1	Goyang	1965-1988	5	21	Gwangju	1965-1988	
	2	Suweon	1965-1988		22	Naju	1965-1988	
	3	Yangju	1965-1988		6	23	Seongju	1965-1988
	4	Pyeongtaek	1965-1988			24	Haenam	1965-1988
	5	Seosan	1968-1988			25	Boseong	1965-1988
	6	Yaesan	1965-1988			26	Namhae	1974-1988
2	7	Cheolweon	1965-1988	27	Ulsan	1965-1988		
	8	Chuncheon	1965-1988	28	Jinju	1965-1988		
	9	Weonseong	1965-1988	7	29	Gimhae	1965-1988	
	10	Yeoju	1965-1988		30	Jungweon	1965-1988	
11	Myeongju	1965-1988	31		Jincheon	1966-1988		
3	12	Yeongduk	1965-1988	32	Cheongju	1965-1988		
	4	13	Nonsan	1965-1988	8	33	Boeun	1965-1988
14		Daejeon	1965-1988	34		Sangju	1965-1988	
15		Iri	1965-1988	35		Euseong	1965-1988	
16		Gimjae	1965-1988	36		Daegu	1965-1988	
17		Seocheon	1965-1988	37		Hapcheon	1965-1988	
18		Jinan	1968-1988	38		Milyang	1965-1988	
5	19	Namweon	1965-1988	39	Changyeong	1966-1988		
	20	Gochang	1965-1988					

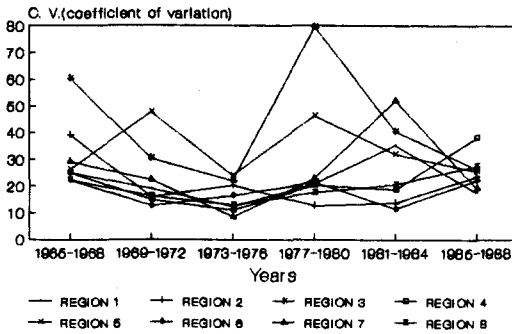


Fig. 6. Regional differences of C. V. (coefficient of variation) in the total moths caught of *C. suppressalis* in different year periods.

북내륙 (7)과 서해북부(1)지역에서도 증가하여 지역간 차가 심해졌으나 최근에는 그 차가 적어지고 있다.

그림 7은 化期別 유살량의 지역별 연간 변이계수의 변동이다.

봄나방 유살량의 연간 변이계수는 1970년대 중반까지는 감소하며 지역간 차도 적어, 총유살량의 변이계수의 변동양식과 거의 일치한다.

여름나방 유살량의 연간 변이계수는 1960년대 이후 지역에 따라서 증가 또는 감소하여 복잡한 양상을 보이거나 최근에는 안정되면서 1960년대 후반과 같은 양상을 보이고 있다.

그림 8은 화기별 50% 유살일의 지역별 변동상황이다.

전반적으로 화기와 관계없이 50% 유살일이 빨라지고 있는데, 봄나방에 있어서는 1969년대에는 6월 11일경이던 것이 약 4일 정도 빨라져 6월 6~7일경으로 되고 여름나방의 경우는 8월 15일이던 것이 1970년대 후반에 빨라져 8월 11~12일로 되고 있다.

지역별로 볼 때 서해북부(1), 경기내륙(2), 서해중부(4), 충북내륙(7)지역 등에서는 50% 유살일이 봄나방에서 1~2일 정도 빨라지고 있으나 여름나방의 그것은 3~4일 정도 빨라지고 있다. 반면, 서해남부(5)와 서해안(6)지역에서는 50% 유살일이 봄나방에서 11~14일 정도로 현저하게 빨라지고 여름나방에서도 약 7일 정도 빨라지고 있다. 그런데 충북내륙(7)지역에서는 봄나방의 50% 유살일에는 큰 변화가 없으나 여름나방의 그것은 7일 정도 빨라

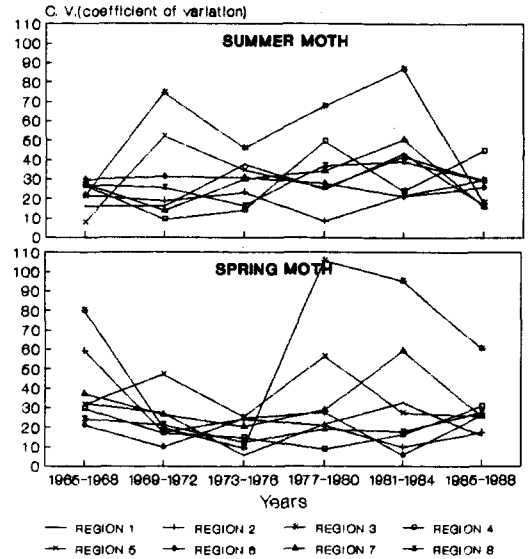


Fig. 7. Regional differences of C. V in the spring and summer moths caught of *C. suppressalis* in different year periods.

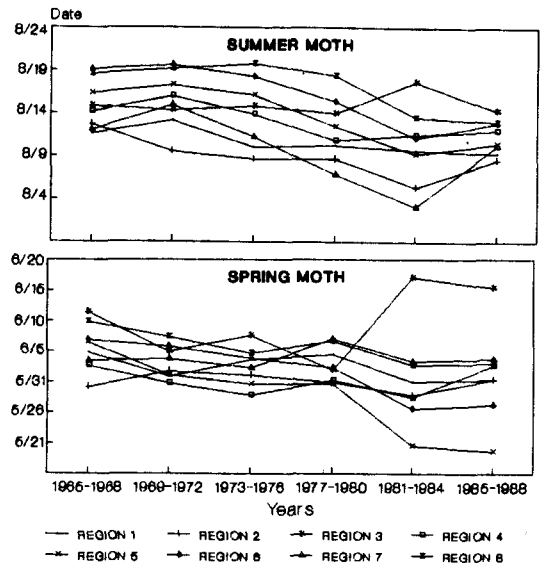


Fig. 8. Regional differences of fifty per cent emergence dates in the spring and summer moths of *C. suppressalis* during different year periods.

지고 있고 영남내륙(8)지역에서는 봄, 여름나방에서 모두 5~6일 빨라지고 있어서 각각 특이하였다.

그림 9는 화기별 50% 유살일의 지역에 따르는 연간 분산이 변동상황이다.

50% 유살일로 본 여름나방 발생시기의 분산은 1960년대에는 10% 내외로 극히 안정되어 있으며 1972년경까지는 더욱 감소하여 1969~1972년간의 평균 3.5% 내외로 전반적인 안정을 보였다. 그 이후에 증가하여 전국평균은 15%를 넘고 있으나 1985년 이후에 다시 10% 이하로 감소되고 있으며 지역간 차도 줄어들었다.

일본의 경우에는 1955년경을 중심으로 총유살량의 감소경향을 보이기 시작하여 처음에는 지역에 따르는 차가 컸으나 1965년경부터 전국적인 경향으로 나타났고 1970년 이후에는 총유살량이 극히 적어졌다고 한다(Miyashita 1982).

이 해충의 이러한 발생량 감소의 원인에 관하여 Kiritani (1988)는 일본에서 과거 40년간의 이 해충의 예찰소 유살량 추이를 검토하고 벼의 조기재배, 조기수확, 콤파인 수확법의 일반화, 규질비료의 사용량 증가 등을 들고 있다.

金 등(1988)은 농약사용의 보편화가 우리나라 이화명나방 발생량 감소와 깊은 관계가 있다고 하였다.

우리나라에서 이화명나방의 유살량 감소는 봄나방에서 크며 여름나방에서는 그리 명백하지 않다(그림 2).

우리나라에서 통일계 품종이 보급되기 시작한 것이 1972년으로 1975년경에는 전국적으로 벼 재배품종의 70% 이상을 통일계 품종이 차지하였는데 이러한 재배품종의 변화와 더불어 정부는 보은육묘를 강력히 추진하여 벼의 조기이앙과 조기수확(통일계가 일반적으로 脫粒性이 컸던 것과 관련)이 일반화되면서 이앙기와 수확기가 약 1개월 빨라졌고 이앙기간도 상당히 짧아졌다. 이렇게 벼의 재배기간이 앞당겨짐으로 인하여, 이화명나방 발생시기도 약간 앞당겨져서 이 해충이 접하게되는 기상조건이 변화한 것은 사실이다. 그러나 그들의 활동시기가 일정하다고 보면 벼의 생육과는 관계없이 활동하였을 것이므로 이것이 그 원인이라고 생각할 수는 없는 듯하다. 문제가 된다면 봄나방

의 자손인 제1세대가 문제가 될 것이나 그의 성충(여름나방)은 큰 영향을 받지 않고 있다. 그러므로 유살량의 감소는 먹이조건 즉, 기주인 벼의 생육단계가 상당히 달라짐에 의한 것이라고 생각된다. 즉, 봄나방의 출현기가 6월 중순이며 여름나방의 출현기가 8월 중순이므로 1970년대 이전에는 봄세대 유충의 발육기간중 벼의 생육단계는 活着期에서부터 유효분얼이 끝나는 성숙생장기 이전이었으며 여름세대는 성숙생장기였으나, 1970년대 이후에는 이앙시기가 약 1개월 빨라짐에 따라 봄세대는 벼의 분얼초기부터 접하게 되었고 여름세대는 출수가 끝난 유숙기 이후의 벼를 먹이로 생육하게 되었던 것이다.

Suzuki (1975)에 따르면 벼의 생육기간 중에 광합성물질이 뿔집으로 이동하는 율이 출수기까지 약 50% 이나 출수후에는 -20~70%로 저장된 물질까지도 이삭으로 이동한다고 하였다. 이러한 벼의 생육단계에 따르는 영양물질의 변화나, 유충이 먹이로 하는 부위, 특히 부화 직후 줄기로 食入하는 시기에 잎질 영양물질의 변화는 그들의 생육에 상당히 큰 영향을 미쳤을 것으로 생각된다.

한편, 지역별로 유살량의 연간변동을 보면 서해중부와 충북내륙 등에서 1970년대 중반까지의 유살량 감소가 여타지역의 유살량 감소보다 상대적으로 커서 1969년 이후 증가된 환경저항이 이들 지역의 개체군에 보다 큰 영향을 미친 것으로 생각된다(그림 4).

이러한 환경저항의 변화가 각 지역 개체군의 적응을 유도하였을 것으로 생각되며 1973~1976년간에서의 2화기 50% 유살일의 분산이 지역내, 지역간에 크게 변동하는 것으로 각 개체군내에 질적인 변화가 일어나고 있음을 알 수 있고(그림 9), 그 질적 변화가 양적인 형태로 나타나 1977~1980년간에서 각 지역간, 지역내 연간 유살량의 변이가 크게 증가됨을 보여주고 있다(그림 6, 7)

玄과 李 (1976)는 우리나라 이화명나방의 생태형은 발생상을 중심으로 남방계와 북방계가 있으며, 서해중부와 충북내륙지방에는 두 계통이 혼재하는 것으로 추론한 바 있다. 이것

Table 2. Mortality of the overwintered larvae from the different localities when incubated at 25°C

	Su Weon	Iri	Gwang ju	Jin Ju
No. of larvae tested	821	432	832	844
No. of the dead	173	186	225	536
Mortality	21.07c ^a	43.06b	27.04c	63.51a

^a The means followed by the same letter are not significantly different at $p = 0.05$ by Duncan's Multiple Range Test.

Table 3. Mortality of the overwintering larvae from 4 locations under conditions at 25°C and RH 90%

	Su Weon	Iri	Gwang Ju	Jin Ju	Avgerage
0-39 mg	27.5	59.6	31.2	68.7	46.8a ^a
40-49 mg	23.4	34.8	25.1	65.1	37.1ab
50-59 mg	18.9	40.5	29.0	61.2	37.4ab
60 ≤ mg	12.5	35.4	20.9	56.6	31.4b
Overall	20.6	42.6	26.6	62.9	

^a The means followed by the same letter are not significantly different at $P = 0.05$ by Duncan's Mumtiple Range Test.

Table 4. Post-diapause larval development periods of *Chilo suppressalis* in each locality incubated at 25°C

	Post-diapause larval development periods(days) ^a			
	Su Weon	Iri	Gwang Ju	Jin Ju
1st Incubation	17.3 ± 0.7		22.7 ± 2.4	23.4 ± 2.5
2nd Incubation	15.8 ± 1.1		20.7 ± 1.7	19.9 ± 1.8
3rd incubation	18.1 ± 1.8	23.0 ± 1.4	24.8 ± 1.4	21.1 ± 2.6
4th Incubation	17.0 ± 1.1	21.0 ± 1.5	24.8 ± 1.9	18.7 ± 1.8
Overall	17.0 ± 1.5c ^b	22.0 ± 1.8ab	23.2 ± 2.5a	20.8 ± 2.8b

^a Mean ± S. D.

^b The means followed by the same letter are not significantly different at $p = 0.05$ by Duncan's Multiple Range Test.

은 그림 6에서 보는 바와 같이 이 두 지역의 봄나방 발생량 비율의 변이폭이 1970년대 이전에 컸던 것으로 어느 정도 추측할 수 있을 듯 하다. Fukaya (1959)는 일본에서 남방계는 휴면의 심도가 깊고 휴면후 발육이 느리며 북방계는 반대로 휴면의 심도가 낮고 휴면후 발육이 빠르다고 하였다. 이와 같은 사실은 월동 유충의 가운데 따르는 발육기간이 水原産이 光州産에 비하여 약 6일 정도 빠른 것으로 알 수 있다(표 4, 5, 6). 이러한 생태형의 존재는 이화명나방 발생의 지역적 변동에 영향을 미쳤을 것이라고 생각된다.

그림 3과 7에서 보는 바와 같이 1960년대에는 이화명나방의 지역적 발생비율과 50% 유살일의 분산(그림 9)이 봄나방에서 차가 컸으

나 최근에는 줄어들었는데, 여름나방에 있어서 는(반대로 1960년대에는 지역간 차가 적던 것이 1980년 이후 커지고 있어서) 대조적이다. 이것은 봄나방과 여름나방의 발생량 자체의 변동에 따르는 수치적 이유도 있겠으나 1970년대 이전에는 이양기가 늦고 그 기간이 길며 수확기도 늦어 월동유충의 생리적 조건에 차가 컸으므로, 봄나방의 발생량(그림 7)이나 발생 시기(그림 9)에 변이가 컸으나 1970년대 이후에는 이양기간이 짧아지고 수확기가 빨라지면서 생육이 불량한 것이나 생육이 늦은 것은 생육기간중 또는 월동중에 도태를 심하게 받게 되어 발생시기나 양이 균질화된 것으로 생각된다. 그러나 봄세대의 유충은 벼의 생육이 과거 보다 진행되어 있어 영양상태가 양호해 지면서

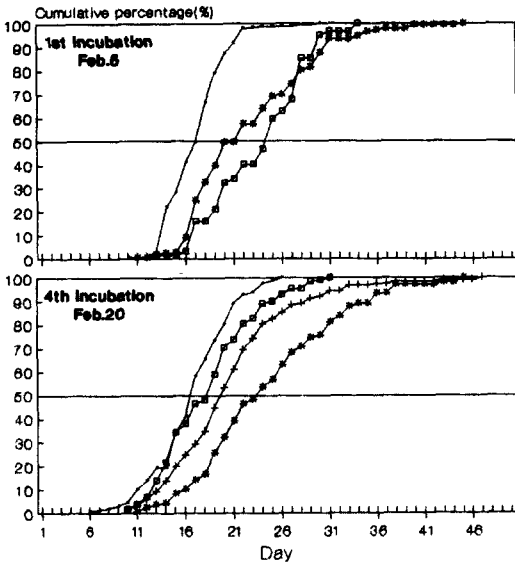


Fig. 9. Regional differences of variance in fifty per cent emergence dates in the spring and summer moths of *C. suppressalis*.

생태형간의 특성에 따라 分化가 커져서 여름나방의 발생량이나 발생시기의 변동폭이 커진 것이 아닌가 생각된다. 이러한 사실은 두 계통이 혼재하고 있는 것으로 추측되는 서해중부와 충북내륙지역 등에서 봄나방 발생량비율이 1980년 이전까지는 크게 감소하였는데 여름나방의 발생량 비율은 오히려 증가하고 있으며, 서해남부와 영남내륙지역에서도 비슷한 양상을 나타내고 있는 것으로도 엿볼 수 있을 듯하다.

Fukaya (1962)에 따르면 2화기 유충 食入期間의 早晚과 다음해 봄나방의 우화시기와의 관계에 있어서 남방계는 조기 食入時 다음해의 우화시기가 빨라지는 경향이 있으나 북방계는 그 영향을 덜 받는다고 하였는데, 이러한 생태형에 따르는 생리적 특성 차가 우화시기의 조기화와 관계가 있을 것이라고 생각된다. 그러나 한편으로는 이러한 개체생리에의 영향과 더불어 늦게 우화하는 개체들에 대한 도태의 결과로 추측될 수도 있을 것이다. 이것은 50% 우화일이 빨라지고 있는 그림 8에서 보는 바와 같이 전반적인 변이계수의 감소에서 어느 정도 추론할 수 있을 듯하다. 또 여름나방 발생시기도 조기화하고 있는데 그 정도로 보아 그것이 봄나방의 것보다 심하지 않은데 그 이유는

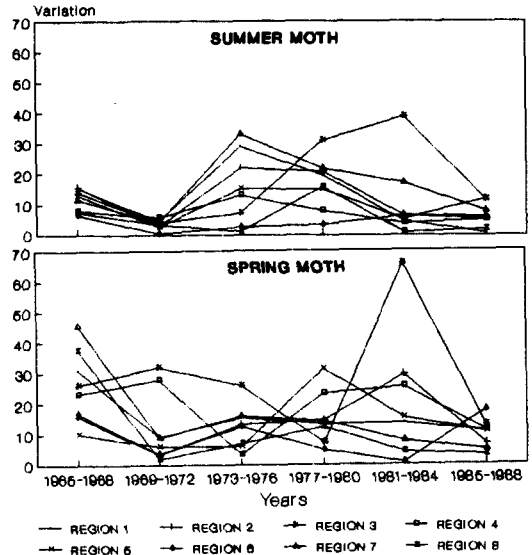


Fig. 10. Cumulative percentages of *C. suppressalis* pupated at 25°C when incubated on Feb. 5 and Feb. 20.

Miyashita (1982)가 여름세대의 유충기간은 생육이 진행된 벼를 먹이로 하였을 때 짧아진다고 한 결과와 관계가 있을 것으로 생각된다. 그러나 이러한 영향은 1980년대 중반 이후에는 안정되고 있음을 알 수 있다.

월동유충의 생물학적 특성

여름나방의 난에서 부화한 유충은 자라서 노숙유충태로 월동하는데 이 월동유충의 휴면생리는 생태형과 관련하여 중요한 특성을 갖고 있다.

표 2는 2월 5일부터 5일 간격으로 4차례에 걸쳐 25°C 90% RH 하에서 가온하였을 때의 지역별 사망률이다.

표에서 보는 바와 같이 가온사육중의 사망률은 水原産과 光州産에서 낮고 裡里와 晋州에서 높으며 晋州産은 裡里産보다도 명백히 높은 사망률을 나타내고 있는데 이것은 後術하는 바와 같이 휴면생리와 관계가 있을 것으로 생각된다.

표 3은 지역별, 체중별 월동유충의 가온기간중 사망률이다.

체중이 39 mg 이하인 group에서의 사망률은 46.75%이고, 60 mg 이상에서는 31.35%로 명백한 차이가 있으며 40~59 mg間에서는 중간 정도의 사망률을 보이고 있고 지역별로 수원과 광주산은 극히 낮은 사망률을 보이고 있다.

표 4는 가온사육한 결과 각 지역별 월동유충의 발육기간이다. 휴면후 유충발육기간은 수원, 진주, 광주지역이 각각 17.0일, 20.8일, 23.2일로 통계적으로 有意한 차가 없었고, 이리지역과 광주지역간, 이리지역과 진주지역간에서는 통계적으로 有意한 차가 없게 나타났다.

표 5는 월동유충의 무게와 휴면후 유충발육기간間的 관계를 분석한 것으로 30 mg 이하에서는 18.6일로서 40~49 mg 무게 group의 20.4일과 비교하여 통계적으로 有意한 차가 인정되었으나, 40 mg 이상의 무게에서는 무게 group간 에 통계적 有意한 차가 없는 것으로 나타났다.

그림 10은 2월 5일 1차가온시와 2월 20일 4차가온시, 각 지역의 50% 累積 踊化曲線을 나

타낸 것으로 지역별 월동유충의 휴면의 정도와 온도에 대한 민감도를 알아보기 위한 것이다.

수원산과 광주산은 1차가온시와 4차가온시 50% 누적용화일을 볼 때 큰 차가 없었으나 진주지역은 1차가온시 23일이나 걸리던 것이 4차가온시에는 18일 정도밖에 걸리지 않아 상당히 흥미있는 결과를 보여주고 있다.

표 6은 50~59 mg 무게 group의 월동유충의 가온시기별 휴면후 유충발육기간을 지역별로 표시한 것이다. 경기지역은 가온시기간에 휴면후 유충발육기간의 통계적 有意한 차가 없었고 광주지역도 2차가온시기를 제외하고는 차가 없었는데, 내용면에서 경기지역은 월동유충의 휴면의 심도가 낮아 1차가온시 이미 휴면에서 깨어나 가온시기별 차가 없는 것이고 광주지역은 휴면의 심도가 깊어 4차가온시까지도 휴면에서 깨어나지 않아 가온시기별 차가 없는 것으로 추론된다. 한편 진주지역은 2차가온후, 휴면후, 유충발육기간이 짧아져 2월 10일을 전후하여

Table 5. Post-diapause larval development periods of *Chilo suppressalis* in each weight classes incubated at 25°C

	Post-diapause larval development periods(days) ^a			
	0-39 mg	40-49 mg	50-59 mg	60 ≤ mg
Su Weon	15.4 ± 1.2	16.7 ± 0.3	17.9 ± 1.5	18.0 ± 1.3
Iri	20.9 ± 0.3	21.1 ± 2.8	22.5 ± 2.8	23.6 ± 0.4
Gwang Ju	20.6 ± 2.1	23.5 ± 3.3	24.2 ± 2.1	24.5 ± 1.2
Jin Ju	18.8 ± 1.2	20.6 ± 2.7	21.7 ± 3.4	22.0 ± 3.7
Overall	18.6 ± 1.2b ^b	20.4 ± 3.3a	21.4 ± 3.2a	21.8 ± 3.2a

^a Mean ± S. D.

^b The means followed by the same letter are not significantly different at P = 0.05 by Duncan's Multiple Range Test.

Table 6. Post-diapause larval development periods of 50-59 mg weight classes of *Chilo suppressalis* at 25°C

	Post-diapause larval development periods(days) ^a			
	Su Weon	Iri	Gwang Ju	Jin Ju
1st Incubation	18.1 ± 3.2a ^b		24.7 ± 7.5a	25.3 ± 4.7a
2nd Incubation	16.7 ± 3.3a		21.2 ± 5.3b	18.7 ± 4.1b
3rd incubation	20.0 ± 8.6a	24.5 ± 6.3a	26.1 ± 9.1a	21.3 ± 5.2b
4th Incubation	17.2 ± 3.8a	20.6 ± 6.2b	24.7 ± 6.0a	18.7 ± 4.0b

^a Mean ± S. D.

^b The means followed by the same letter are not significantly different at P = 0.05 by Duncan's Multiple Range Test.

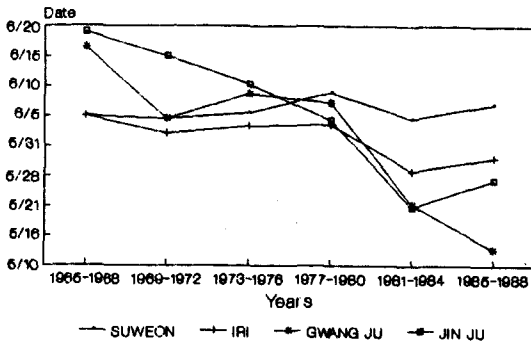


Fig. 11. Changes in the fifty per cent emergence dates in the spring moths of *C. suppressalis* at four locations

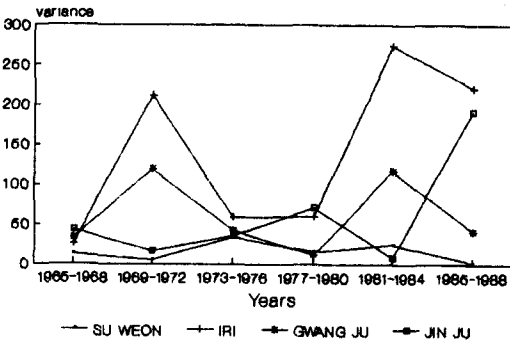


Fig. 12. Variance of the fifty per cent emergence dates of the spring moths of *C. suppressalis* at four locations.

휴면후 유충발육이 온도에 본격적으로 민감해지는 시기가 아난가 추측되며, 이리지역은 1, 2차가온사육의 결과가 없어서 명확하지는 않지만 2월 15일을 전후하여 휴면후 발육이 온도에 민감해지는 시기일 것이라고 추론된다.

그림 11과 12는 월동유충 채집지에서 1965~1988년간 봄나방 50% 유살일과 그것의 연도간 분산이다.

그림에서 보는 바와 같이 수원에서의 봄나방의 50% 유살일은 거의 변동이 없으나 여타지방의 그것들은 1980년 초부터 크게 감소하여 광주에서는 약 33일, 진주에서는 약 25일 그리고 이리에서는 약 17일이 빨라지고 있다. 그리고 수원지방에서 봄나방의 50% 유살일의 분산은 극히 안정되어 있는 반면 이리에서는 1980년대 초에, 그리고 진주에서는 1980년대 중반에 큰 변화가 있음을 알 수 있다.

표 6에서 보는 바와 같이 휴면후 유충발육이

끝나는 시기는 수원산이 가장 빠르며 광주산이 가장 느림을 알 수 있고 광주산은 2월 하순경까지도 휴면이 유지되고 있는 것으로 보인다. 이러한 월동유충의 생리적 특성은 그림 11과 12에서와 같이 수원산은 벼의 지배양식의 변화에 의한 영향을 덜 받은 결과로 나타나게 되었을 것이며 광주산과 진주산에서는 늦게 우화한 개체들이 심한 도태를 받아 나타난 결과로 추측된다. 그리고 이리와 같이 두 생태형이 혼재하고 있는 곳에서는 두 생태형간의 비율변동도 생각된다.

이상의 결과로 한국에서 이화명나방의 생태형은 경기지역을 중심으로 하는 북방형, 광주지역을 중심으로하는 남방형, 이 두형이 혼재하는 裡里地域型和 일본에서 보고된 3化型(Tosa型)과 같이 남방형이 분포하는 지역에 속하면서 온도에 대한 민감도가 높아 유충발육기간이 짧은 생태종으로의 발전가능성을 보이는 晋州地域種이 있는 것으로 볼 수 있겠다.

이상을 종합하면 연간 유살량의 변동추이는 1969년 이후 1976년까지 총유살량이 급격하게 감소하고 있는데, 이는 1969년 이후 살충제 사용량의 증가와 1972년 이후 벼의 신품종의 급속한 보급 등 인위적 저항이 각 지역 개체군에 淘汰壓을 가한 결과라 추정되며, 지역별로는 우리나라 중서부지역인 경기북부지역의 유살량 감소가 크게 기여하였고, 화기별로는 봄세대 유충발육기간중에 받은 저항보다 8월부터 이듬해 6월까지에 속하는 여름세대 유충발육기간중에 받은 저항이 더 커서 1화기 유살량의 급격한 감소때문으로 보인다. 그 후 1977년부터 1984년까지는 변화된 환경저항에 적응하는 시기로서 유살량과 50% 유살일의 연간 변동이 커졌다가 점차로 줄어들고 있어 안정화되고 있는 시기로 보인다. 1985년 이후는 각 지역별로 변화된 환경저항에 적응한 결과가 증폭되어 나타나고 있는 시기로 총유살량이 다시 증가하고 있다. 특히 서해남부, 남해안, 영남내륙지역이 속한 남부지방의 1화기 우화시기가 빨라짐으로써 1세대 유충의 생육조건이 좋아짐에 따라 2화기 성충의 유살량이 급증하게 되어 이 시기의 총유살량 증가에 크게 기여한 것으로 생각

되며, 이러한 지역적 차는 거의 동일한 환경적 변화에 대한 개체군 구성개체들의 유전적 差, 즉 생태형에 따르는 반응의 차이로 생각된다.

이와 같은 결과의 보다 명백한 해답과 효율적인 이화명나방 발생예찰을 위해서는 각 지역 개체군의 생리적 특성의 구명과, 보다 다각적인 생태실험이 뒷받침되어야 된다고 사료된다.

사 사

귀중한 유살등 자료를 쓸 수 있도록 하여주신 농촌진흥성 농업기술연구소 최귀문 과장님, 월동유충채집에 도움을 주신 엄기백 연구관에게 감사드립니다.

인 용 문 헌

- Fukaya, M. 1959. Forecasting of the agricultural insect pests. Agr. and Hort., Tokyo. 34 : 249~252.
- Fukaya, M. 1962. Recent advance in the prediction of the occurrence of the rice stem borer in the first generation(1). Jap. J. Appl. Ent. Zool. 19 : 101~111.
- Fukaya, M. 1962. The prediction of rice stem borer 20 years of pest predictions in Japan. 93~103.
- Hyun, J. S. 1978. Problems and prospect of plant protection technology in Korea—Crop insect pests. Korean J. Plant Prot. 17 : 201~215.
- Hyun, J. S. & M. H. Lee. 1975. Studies on the characteristics in the moth emergence of the rice stem borer, *Chilo suppressalis* (W.), in Korea. Seoul Univ. J. (B) 25 : 27~46.
- Kim, Y. H., Y. D. Chang & B. G. Son. 1988. Annual occurrence of striped rice borer, *Chilo suppressalis* W. in Korea. Res. Rep. Rural Development Administration. Vol. 30, No. 1(C) : 32~37.
- Kiritani, K. 1988. What has happened to the rice borers during the past 40 years in Japan? JARQ Vol. 21, No. 4 : 264~268.
- Miyashita. 1982. The ecology of the yellow rice stem borer. pp136.
- 송유한, 최승윤. 1980. 경작법의 변천에 따르는 이화명나방 발생상 변동에 관한 연구. 서울대 대학원 박사학위논문. pp32.
- Suzuki. 1975. Developmental analysis in rice crop productivity and solar energy utilization in various climates in Japan. 136~171.

(1990년 7월 27일 접수)