

벼의 수량에 미치는 밀곡의 생육단계별 가해가 영향

(논)

(단)

서울대학교 농과대학교수 현

재
선

제 2차 세계대전후 여러가지 우수한 유기합성살충제가 출현하여 농업 생산을 증대시키고 생산을 안정시키는데 직접, 간접으로 중요한 역할을 하였다. 즉 이들 살충제는 2차대전 이전까지 사용하던 식물성 살충제나 중금속화합물에 비하면 살충효과가 크고 취급이 간편하며 제조비가 덜 들어 직접 해충을 구제하는데 큰 효과가 있었다. 뿐만아니라 과거에는 해충의 피해가 커서 사용할 수 없었던 품종이나 재배기술의 도입을 가능케하였다. 예를 들면 이화명나방을 피하기 위하여 벼의 이앙기를 6월중순 이후로 늦췄던 일이나 다비재배나 밀식재배가 해충의 발생을 심하게 하는 영향이 있어 기피되었으나 해충의 방제가 용이하여 짐에 따라 가능케되었다.

그러나 살충제 일도변의 해충방제는 해충의 약제저항성문제, 2차 해충 피해의 증대를 포함한 Resurgence 문제(방제후 해충밀도의 보다 빠른 회복과 보다 높은 밀도), 천적류를 비롯한 유용동식물에의 악영향, 인축이나 야생동물에 대한 직접독과 잔유독물 문제, 방제비의 과다한 지출 등 여러가지 부작용을 수반하기도 하였다.

제 2차 세계대전후의 해충학의 발전은 이러한 상황하에서 한편에서는 보다 효과적이고 안전한 살충제의

개발을 위한 생리학, 생화학, 독물학, 합성화학등의 발전과 다른 한편에서는 환경에 대한 부작용을 최대한으로 억제하면서 효과가 크고 “경제적”으로 합리적인 방제법의 개발을 위한 생태학적 발전이 되었다고 할 수 있을 듯하다.

농업이 자가소비를 중심으로한 생계농업에서 상품생산을 주축으로 하는 기업성이 강조됨에 따라 순수익의 극대화라는 경영의 합리화를 도모하게끔 된것은 당연한 추세라 하겠다.

해충방제비가 농업생산비에서 차지하는 비중은 작물의 종류나 사회적 여건 또는 경영여건에 따라 차가 있겠으나 상당히 큰 비중을 차지하고 있으며 이와같은 영향은 앞으로의 농업이 보다 높은 생산성을 추구하고 집약화의 정도가 커질것이 필연적이기 때문에 더욱 심해질 것은 명백한 일이다.

해충방제의 경제적 합리화란 해충의 발생으로 인하여 생기는 경제적 손실과 방제비와의 관계로 결정되는데 이론적으로는 이때의 방제비에는 처리로 생기는 부작용까지도 포함시켜야 한다. 경제적 방제란 결국 보다 적은 방제비로 보다 많은 경제적 손실의 억제효과를 거둘 수 있는 방제를 말한다.

이와같은 개념을 체계화한 것이

소위 종합적 해충관리이론이며 그의 근간을 이루고 있는 것이 경제적 피해수준이다. 이것은 해충에 의한 피해 “액”이 해충의 방제에 소요되는 방제비와 같아지는 해충밀도수준을 말하며 이 밀도 이상이 되었거나 될 것이 예상되었을때에 방제를 하면 방제로 얻어진 수익이 방제비를 제하고도 남게 되기 때문에 방제를 할 수 있으나 이 밀도수준이하일 때에 방제를 하면 얻어지는 수익이 방제비보다 적어 경제적으로는 손해가 된다. 따라서 경제적 피해수준은 방제를 할 것이나 안할 것이나를 결정하는 기준밀도라고 할 수 있다.

경제적 피해수준은 작물의 경제성 해충의 종류, 발생시기, 기타의 농업생산여건과 관계가 있는 복잡한 내용을 갖고 있으며 지금까지 많은



◇ 어른날개(긴날개형)

◇ 멸구의 생육단계별 가해가 벼의 수량에 미치는 영향 ◇

학자들에 의하여 여러가지 해충에 대하여 연구되어 왔다.

벼멸구는 최근 수도재배기술의 발전과 더불어 그의 피해가 거의 연례적으로 문제가 되고 있으며 이러한 영향은 수도해충방제대책을 과거 이화명나방 중심에서 이 해충 중심으로 전환을 불가피하게 하였다. 이 해충의 발생은 년차적으로나 지역적으로나 또 한겨름 더 나아가서는 한 지역에서도 포장에 따라 상당한 차가 있으며 이 해충은 소위 전략적 해충으로 단시일내에 폭발적으로 밀도가 증가하여 참상을 이룬다. 특히 그의 피해는 벼의 생육후기인 수확기에 가까워지면서 나타난다는데 실각성은 더 크다.

지금까지 벼멸구의 피해에 관하여는 많은 학자들의 연구가 있고 종합적인 논문도 상당히 있다. 여기서는 온대지방 특히 우리나라를 중심으로 피해의 기작과 피해량의 문제를 벼의 생육단계와 관련시켜 논하려 한다.

1. 피해의 일반적 특성

일반적으로 우리나라나 日本에서 벼멸구의 피해는 비래량과 비래시기 그리고 비래후의 기상조건등과 밀접한 관계가 있다고 한다. 즉, 비래시기가 빠르고 비래량이 많고 비래 정

착후의 고온과 건조와 같은 좋은 환경조건은 발생량을 증가시키고 따라서 피해가 많아 진다는 것이다. 이것은 비래시기가 빠르면 발생회수가 증가할 것이고 비래량이 많으면 발생초기에 많은 양에서 출발하게 되기 때문이다.

실질적인 피해는 8중순이후

보통 우리나라에서 벼멸구가 날아오는 시기는 6월중순~7월중순이며 비래정착후 3~4세대를 거친다. 그리고 실질적인 피해가 출현하는 것은 8월중순이후이며 대개는 9월이후의 일이다. 이것은 벼멸구가 비래정착후 2~3세대로 경과한 후에 피해가 나타난다는 것으로 피해는 끝의 1~2세대가 문제가 된다는 것을 뜻한다. 이러한 이유로 벼멸구를 가을멸구라고 부르기도 하고 있다.

그러나 久野(1968)는 日本에서 이 해충의 야외개체군의 증식동태를 조사하고 제 3세대까지 약 1,500배, 제 4세대가 발생하는 해(1961)에는 약 10,000배가 증가하는데 각 세대에서의 증식율은 제 1세대 16배, 제 2세대 7.5배, 제 3세대 3.7배등으로 비래 다음세대의 증식율이 월등히 높음을 지적하고 피해는 9월에 나타나나 그의 실질적 근원은 제 1세대에 있다고 하였다. 본인(1978)

은 최근의 벼멸구 피해의 증가경향과 관련 재배품종, 조기이앙, 재식 밀도의 증가, 시비량 증가, 살충제 사용량 증가등과의 관계를 추론한 바 있다.

우리나라에 비래하는 벼멸구의 발생지는 중국 남부지방으로 추측되고 있다. 그리고 중국 남부지방의 벼멸구의 발생원은 보다 남부지방인 것으로 알려지고 있다. 최근 동남아시아나 중국 남부의 수도재배 양식이 크게 변화하고있어 발생원의 형성과정에도 많은 변화가 있을 것이 추측된다. 이와같은 발생원 형성지역에서의 생태학적 변화가 우리나라에 있어서의 비래상황과 어떤 관계가 있을 것으로 추측된다. 그러나 비래시기가 비래량과 직접적으로 관계가 있는 저기압의 발생지(저기압의 발생원이 남부지방에 치우칠 때 비래량이 많음)나 이러한 저기압의 발생회수 그리고 이러한 기압 전선이 우리나라를 통과하는 회수등에는 과거와 큰 차가 없는 것으로 생각할 때 최근의 벼멸구 피해 문제는 정착후의 증식동태가 보다 중요한 의의가 있을 것이라는 추측이 보다 합리적인 것이라고 생각된다.

해충으로 인한 작물의 피해는 그 해충의 가해 특성에 따르는 작물체의 반응과 해충 밀도에 따르는 총가해량으로 분리하여 생각할 수 있다.

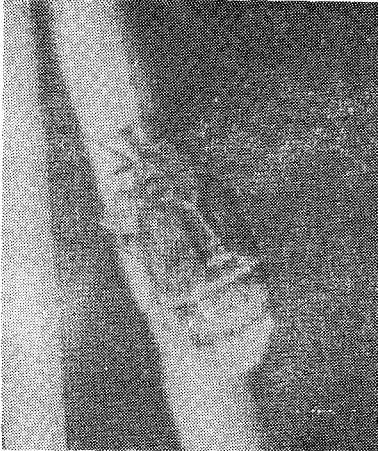
전자는 해충의 선천적 특성에 의한 질적 문제로 피해 기작에 관한 문제이고 후자는 총해체체군과 작물간에 존재하는 상호작용의 양적 해석이다. 이러한 관점에서 벼멸구의 피해 기작과 밀도의 관계로 분리하여 피해문제를 논하려 한다.

2. 피해기작(被害機作)

벼멸구는 약충과 성충이 생육중인 벼의 하부에 기생하면서 흡즙한다. 벼멸구의 흡즙 과정은 먼저 구침을 벼의 조직속에 꽂는 삽입 과정과 흡즙 과정으로 나뉘어서 생각할 수 있다.

벼멸구는 구침을 유관속에 꽂기 위하여 몇 차례 주위의 유조직에 탐색삽입을 한다. 이때에 구침은 세포내까지 달하며 이로 인하여 세포가 죽게된다. 그리고 구침을 빼내면 그곳에 구침초가 남게 되는데 이것은 뿌리에서 흡수한 인산의 이동을 방해한다. 이것은 일종의 기계적 방해로 가는 침을 이용하여 같은 상처를 내어도 이러한 현상은 일어나지 않는다.

탐색삽입동작은 구침이 유관속을 찾은 후에는 중단되고 다음에 흡즙이 일어난다. 암컷한마리가 하루에 약 40mg의 감로를 배설하는데 여기에는 5%의 당분이 함유 되어있다. 따라서 한마리의 암컷은 하루에 적



◇ 어른벌레(짧은 날개형)

어도 2mg 이상의 당분을 벼에서 흡수하는 것으로 생각된다. 벼멸구의 흡즙량과 벼의 피해량간에는 밀접한 관계가 있는 점으로 미뤄보아 소위 "Hopperburn" 현상은 흡즙에 의한 것이 가장 중요한 것으로 생각된다.

흡즙에 의한 직접적인 장애외에 이로 인한 동화물질의 이동 방해도 있다. Kenmore(1980)가 보고한바에 따르면 C^{14} 로 표시된 동화물질이 흡입부위에 축적되는 것으로 보아 동화물질의 이동을 방해하는 것으로 추측할 수 있다.

피해 징후는 먼저 하엽의 황화로 시작되어 전신에 확대되면서 갈변 고사하는데 이때에 뿌리의 생리작용도 감소된다. (Santa 1959)

흡즙하면 벼 체내 함수량 크게 감소 위조현상 겹쳐

벼멸구가 흡즙하게되면 먼저 도체내 함수량이 12~14% 감소하면서 위조현상이 일어난다. 이때 수분 부족의 경우와는 달리 녹색을 먼채로 고사한다. 그러나 엽록소에 전체적 양은 다소 감소한다.

황화현상이 진행됨에 따라 엽신내 단백질 함량이 감소하는데 황변엽과 갈변엽은 정상적인 잎의 그것의 33%와 73%나 적은 단백질량을 갖게 된다. 이때 가용성 질소량은 건조량으로 엽신에서는 22%에서 7%로, 엽초에서는 10%에서 7%로 감소한다. (Sogawa 1971)

Cagampang 등(1974)에 의하면 심한 피해를 받은 엽신에서는 아르기닌, 아스파라긴, 라이신, 푸로린 등은 약 30배가 증가하였고 트리무토판은 약 6배가 증가하였다고 한다.

그리고 동화물질의 근부이동이 크게 방해되는데 이것은 유관속내 물질의 탈취와 지속적인 흡즙과 구침의 탐색삼입에 의한 벼에 대한 생리적 장애이다.

이상의 결과를 종합하여 보면 벼멸구는 구침의 탐색 삼입과정에서 유조직의 세포를 파괴하고 구침초로 물질이동을 방해하며 흡즙에 의하여

◇ 밀구의 생육단계별 가해가 벼의 수량에 미치는 영향 ◇

수분, 단백질, 당분등에 변화를 초래케하고 동화물질의 정상적 이동에 영향을 미치고 있다.

3. 생육단계와 피해관계

해충의 가해가 작물의 수량에 미치는 영향은 해충과 작물의 종류, 해충의 밀도, 가해시기(작물의 생육단계) 가해기간, 작물의 생리적 상태 등에 따라 차가 있다.

벼멸구는 벼의 생육기간중에 도체

상에서 수세대를 경과한다. 따라서 벼의 생육기간중에 1세대만을 경과하는 해충류와는 달리 벼의 어떤 생육단계에서의 가해와 벼멸구의 증식까지를 포함한 누적적인 피해를 분리하여 생각할 수 있겠다.

① 벼의 생육단계별 가해가 수량에 미치는 영향

<표 1>은 벼의 특정생육단계에

<표 1> 벼의 생육단계별 가해가 수량에 미치는 영향

품종 또는 형	생육단계	밀 도(수/주)	발육단계	가해기간 (%)	감수율(%)	연구자
일본형	분얼기	~	약충성충	7	10	末永 1959
		10	"	7	40	
	출수기	10	"	10	50	
		50	"	14	80	
TN1	25DT	100	1령충	3	40	Bae & Pathak 1970
		200	"	3	70	
		8	성충	3	30	
		16	"	3	60	
		32	"	3	70	
	50~75DT	100	1령충	3	30	
		200	"	3	50	
		8	성충	3	30	
		16	"	3	40	
		32	"	3	55	
IR 22	26~39DS	25/경	약충	14	≥85	IRRI
Tainan 5	40~53DS	225/경	"	14	≥79	1973
	분얼기	20	성충	14	75	yen chen 1976
	수잉기	40	"	14	90	
	유숙기	160	"	14	20	

DT : 이앙후, DS : 파종후

◇ 밀구의 생육단계별 가해가 벼의 수량에 미치는 영향 ◇

발육단계를 달리하고 밀도를 달리하여 일정기간 흡즙시켰을 때 수량에 미치는 영향을 조사한 것이다.

**株당 10두가 1주 가해하면
감수율 10~40%까지 피해**

일본에서 조사한 것을 보면 분얼기에 주당 10두가 1주간 가해하면 감수율은 10~40%이며 수잉기에 주당 10~50두가 10~14일간 가해하면 50~80%의 수량 감소가 있다. 국제미작연구소(IRRI)에서 襄와 pathak(1970)이 보고한 것을 보면 이양후 25일된 TN₁벼에 1령충은 주당 100두와 200두를 3일간 집중 흡즙시켰을 때 벼의 감수율은 각각 40%와 70%였으나 성충을 주당 8, 16, 32두 집중 같은 기간 흡즙시키면 감수율은 각각 30, 60, 70%로 흡즙량이 많은 성충 피해가 큰 것을 지적하고 이양후 50~75일된 벼에 동일한 처리를 하였을 때에도 감수율의 경향은 같으나 감수율은 이양후 25일에 가해시켰을 때에 비하면 10~20% 낮아지고 있다. 또 Yen과 Chen(1976)은 대만에서 Tainan-5 벼 품종의 벼멸구에 대한 저항성은 벼의 생육 단계에 따라 차가 있으며 분얼기, 수잉기, 유숙기에 각각 주당 20, 40, 160두를 집중하고 14일간 흡즙케 하였을 때의 감수율은 75, 90, 20% 등

이었다고 하고 출수기 이후에는 벼멸구 밀도가 어느 정도 높아져도 그 피해는 분얼기에 비하면 상당히 적어진다고 하였다. 이와같은 사실은 벼멸구의 방제시기와도 관련 중요한 의의를 갖고 있다.

**② 벼의 생육단계별
접종에 의한 누적 피해**

우리나라에서 벼멸구는 월동할 수 없으며 비래 정착후 3~4세대를 경과한다. 이와같이 한 기주에서 수세대를 거치는 해충의 피해는 작물의 특정생육단계에서의 피해와 그 생육단계가 해충의 증식율에 미치는 영향을 통한 누적된 피해가 실제로 문제가 된다.

李와 朴(1976)은 비래시기를 중심으로 정착후의 누적된 피해를 조사하여 <표 2>와 같은 결과를 보고하였다.

7월 10일(이양후 56일) 이전에 1쌍식을 접종하였을 때는 100%가 감수되었고 8월 5일(이양후 81일)이후 접종구에서는 30% 이하의 감수율을 나타내고 있다. 그리고 최종조사일의 주당 총수는 7월 1일구 1165(8월 19일) 7월 10일구 1093(8월 28일) 7월 20일구 112(9월 7일) 7월 30일구 132(9월 17일) 등이었다.

李와 玄(1982)는 야외에서 우리나라

〈표 2〉 벼멀구 집중시기와 감수율과의 관계(李, 朴 1975)

접종월일	시기가양후(일)	1주/본수량 (g/주)	감 수 율	4주/본	
				수량 g/주	감 수 율
7: 1	46	0	100	0	100
7: 10	56	0	100	1	100
7: 20	66	6	81	9	70
7: 30	76	12	61	12	61
8: 5	81	21	30	22	27
8: 10	86	21	30	25	17
8: 15	91	28	6	29	3
대조구		30	0	30	0

2본/주당 접종 1쌍 1본

라에서 벼멀구 비래시기인 6월 20일에 240주당 1쌍 또는 3쌍을 접종하고 벼의 수량 구성요소에 미치는 영향을 조사하였다. 9월하순의 벼멀구 밀도는 주당 26~36두였다.

벼의 주요 생육단계에서 살충제를 살포하여 그 이후에 있을 해충의 피해를 방지하여 각 생육단계까지 증식한 벼멀구의 누적된 피해를 조사하였다.

그 결과 주당경수나 초장 그리고 수당입수 등에는 영향이 없었으나 천립중이나 등숙율에 있어서는 출수기 이후 방제구에서 차가 있었다.

다음에 벼멀구 각세대의 밀도와 수량 구성요소와의 관계를 조사한 결과 천립중과 제 2세대 밀도간에는 상관계수가 -0.52 였고 제 2세대와 제 3세대 밀도와는 $r = -0.43$ 이었다. 또 등숙율과 벼멀구 밀도간에는 제 2

세대 밀도와는 $r = -0.48$ 제 2세대 + 제 3세대 밀도간에는 $r = -0.49$ 등으로 나타나 제 2세대 밀도가 천립중이나 등숙율에 미치는 영향이 큰 것을 알 수 있었다.

이때 제 2세대 밀도란 대체로 7월하순의 밀도이며 제 3세대의 밀도란 8월 하순경의 밀도라고 생각할 수 있는데 7월하순의 밀도 형성원인 제 1세대는 벼의 생육단계로는 분얼기에 해당한다. 따라서 제 2세대 밀도가 감수율과 상관관계가 깊다는 것은 제 2세대 벼멀구에 의한 직접적인 피해라고 생각할 수도 있고 제 2세대 밀도가 높으면 제 3세대 즉, 출수기 이후의 밀도가 높아져 이로 인한 피해 증대라고도 생각할 수 있다. 그런데 제 2세대 개체군이 최대밀도에 달하는 시기인 7월하순은 벼의 수잉기에 해당하는 것으로 경화에

◇ 멸구의 생육단계별 가해가 벼의 수량에 미치는 영향 ◇

탄수화물이 이동하는 시기는 아니다. 따라서 등숙율이나 천립중의 감소는 출수이후의 일이라고 생각하는 것이 타당하다 하겠다.

이렇게 생각하면 천립중이나 등숙율과 벼멸구 제 2세대 밀도와 관계가 깊다는 것은 이세대 벼멸구의 흡즙에 의한 직접적인 것 보다는 제 3세대의 밀도 증가에의 영향을 통한 간접적인 것이라고 생각할 수 있다.

× × ×

벼멸구는 구립초에 의한 물질이동의 방해, 흡즙에 의한 수분과 여러 가지 동화물질의 탈취와 물질이동저해등에 의하여 벼의 생육에 영향을 미친다. 그리고 동일한 벼멸구 밀도조건에서는 출수기이전의 피해가 수량에 미치는 영향이 크다.

그러나 실제로 우리나라에서와 같이 이 해충의 월동이 불가능한 지역에서는 출수기이전의 벼멸구 밀도가 그리 높은 일은 특별한 경우를 제외하고는 별로 큰 문제가 안되지 않나 생각된다. 그런데 비래정착후 제 2세대의 밀도는 벼의 생육후기에 있

어서의 벼멸구 밀도의 증식원으로 중요한 의미를 갖고 있다. 즉, 제 2세대는 분얼기에서 수잉기에 걸쳐 생육하는 세대로 이 세대의 증식율이 상당히 높고 비교적 안전된 기상조건으로 실질적인 피해세대의 밀도와 밀접한 관계가 있는 것으로 생각된다.

이와같은 벼멸구의 피해특성은 효과적인 방제시기를 결정하는데 종래에 8월중순을 기준으로 하였으나 그보다 앞당겨져 7월하순~8월상순의 밀도가 기준이 되어야 함을 시사하는 것으로 실제 문제와 관련 중요한 의미를 갖는다. 물론 7월하순경의 벼멸구 밀도 조사는 밀도가 낮아 조사에 상당히 많은 어려움이 수반될 것이다. 그러나 출수전이기 때문에 작물의 작폐도가 낮아 약제의 침투성이 출수후보다 커서 약제의 방제효과도 좋은 것으로 생각된다. 따라서 앞으로 이와같은 연구결과를 토대로한 방제대책 수립은 농업경영의 합리화를 도모하는데 충분히 참작되어야 할 것으로 생각된다.

