

# 온도에 따른 등검은황록장님노린재(*Cyrtorhinus lividipennis* Reuter)의 벼멸구 알에 대한 포식습성

## The Predatory Behavior of Green Mirid Bug, *Cyrtorhinus lividipennis* Reuter, on Brown Planthopper Eggs in Different Temperature Conditions

송유한<sup>1</sup> · 하태기<sup>1</sup> · 정대열<sup>1</sup> · K.L. Heong<sup>2</sup>

Yoo Han Song<sup>1</sup>, Tae Ki Ha<sup>1</sup>, Dae Yeol Chung<sup>1</sup> and K.L. Heong<sup>2</sup>

**ABSTRACT** The functional responses of the female *Cyrtorhinus lividipennis* on brown planthopper (BPH), *Nilaparvata lugens*, eggs and their predation behavior were investigated at six temperature conditions: 20, 23, 26, 29, 32, and 35°C. *C. lividipennis* was found to prefer young BPH eggs, especially 3-day-old eggs the most. The functional responses for female *C. lividipennis* on BPH eggs fitted the Holling's Type-II true predator-prey Rogers' (1972) model at all temperatures tested except 35°C at which the negative *Th* value was produced. With the temperature increased up to 32°C, the instantaneous attacking rates(*a*) increased from 0.1923 at 20°C to 0.5085 at 32°C, while the handling time(*Th*) was gradually decreased as low as 0.0151 at 32°C. *C. lividipennis* preferred the BPH eggs laid on the upper part of rice stem when the BPH egg density was high, but there was no significant difference in the preference when the egg density was low. The preference was more obvious in high temperature conditions such as above 29°C.

**KEY WORDS** *Cyrtorhinus lividipennis*, functional response, predation, brown planthopper

**초 록** 벼멸구 포식성 천적인 등검은황록장님노린재의 온도에 따른 벼멸구 알 공격능력과 기능반응의 변화를 20, 23, 26, 29, 32, 35°C 등 6개 온도에서 검정하였다. 등검은황록장님노린재는 산란된지 1일에서 4일된 이린사기의 벼멸구 알을 선호하였으며, 이중 3일된 벼멸구 알을 가장 선호하였다. 등검은황록장님노린재의 벼멸구 알에 대한 포식능력은 Holling의 제2형 기능반응의 Rogers(1972) 진정포식자 모형에 잘 부합되었다. 기능반응의 포식자 탐색율(*a*)은 32°C까지는 온도가 높아짐에 따라 증가하는 경향이였으나 35°C에서는 급격히 감소하였다. 그러나 처리시간(*Th*)은 온도가 높아짐에 따라 완만히 감소되었다. 등검은황록장님노린재의 벼멸구 알에 대한 온도별, 밀도별 공격위치의 선호성은 일반적으로 저밀도에서는 큰 차이가 없었으나 고밀도에서는 위쪽에 산란된 알을 더 선호하는 경향이였으며 특히 온도가 높아짐에 따라 이러한 경향이 더욱 뚜렷이 나타났다.

**검색어** 등검은황록장님노린재, 기능반응, 포식습성, 벼멸구

등검은황록장님노린재(*Cyrtorhinus lividipennis* Reuter)는 동남아시아의 벼 재배지에서 멸구 내미충류의 중요한 포식자이다(Smith 1972, Nickei 1973). 이 천적은 1884년 동인도에서 처음으로 기록되었으나, 포식습성은 1920년이 되어서야 비로소 밝혀지기 시작하였는데(Usinger 1939), 주로 벼 재배지에서 벼멸구의 개체군 밀도를 조절하는 중요한 천

적이며(Hinckley 1965, Kuno & Dyck 1984), 멸구류와 매미충류의 알과 약충 그리고 성충을 포식하는 것으로 알려져 있다(Chiu 1979, Yasumatsu 등 1981, Liquido & Nishida 1985). 우리나라에서도 여름철에 논에서 발견이 되며, 최근에 와서 최 등(1992)이 최초로 이 포식충의 생물적 특성을 조사하여 천적으로서의 가능성을 검토한 바 있다.

<sup>1</sup>경상대학교 농생물학과(Department of Agricultural Biology, Gyeong-Sang National University, Chinju 660-701, Korea)  
<sup>2</sup>-필리핀 국제미작연구소(The International Rice Research Institute, Los Banos, Laguna, Philippines)

벼멸구(*Nilaparvata lugens* Stal)는 우리나라를 비롯하여 아시아 전역과 오스트레일리아 북부, 남태평양 군도 등 벼 재배지역에 광범위하게 분포하고 있으며, 열대 지방에서는 연중 발생하지만 한국과 일본에서는 월동하지 못하고, 중국 남부, 동남아시아 등에서 저기압기류를 타고 비래하는 수도의 중요한 흡즙성 해충이다(Bae & Pathak 1966, Dyck & Thomas 1979). 벼멸구는 벼를 직접 흡즙함으로써 식물체를 완전히 고사(hopper bum)시키는 직접피해 뿐만 아니라 동남아시아에서는 벼 Virus병인 Grassy stunt (Ling 1972), Ragged stunt, 및 Wilted stunt(Chen 등 1978)병을 옮기므로써 벼멸구에 의한 손실은 연간 300만불을 넘는 것으로 추정된다. 또한 1975, 1983, 1991년 등 우리나라에서도 불규칙하게 대발생하여 벼의 가장 중요한 해충의 하나로 인식 되어 왔는데, 특히 열대지방에서 이러한 벼멸구의 격발(Outbreaks)은 살충제의 부적절한 사용으로 인하여 등검은황록장님노린재 등 포식성 천적이 살해되어 유발된다고 알려져 있다 (Reissig 등 1982, Heinlich & Mochida 1984).

인류가 화석원료를 대량 사용함으로써 대기중 탄산가스( $CO_2$ )의 농도가 증가하여 2000년대 초반에는 기온이 지금보다 약  $2\sim 3^\circ C$  증가할 것으로 과학자들은 예상하고 있다(IPCC 1990). 온도가 변화함에 따라 생태계를 구성하는 종들의 사이에서 높은 온도에 대한 내성의 차이때문에 절족동물의 종 구성 및 서식 범위의 중복양상도 역시 변하게 될 것으로 예상하고 있다(Heong & Domingo 1992). 따라서 대기온도 상승과 기후변화에 따른 생태계의 변화에 대한 연구가 큰 관심을 끌게 되었으며, 그 중에서도 생태계 내에서 벼-해충-천적 시스템의 변화를 예측하는 연구가 국제미작연구소(IRRI)를 중심으로 수행되기 시작하였다.

본 연구는 주로 열대 및 아열대지방에서 벼의 중요 해충인 벼멸구의 밀도를 가장 효과적으로 억제하고 있는 포식성 천적인 등검은황록장님노린재의 온도에 따른 벼멸구 알 공격능력과 기능반응의 변화를 검정하여 지구 온난화 현상이 초래될 때 는 생태계 내에서 해충상의 변화를 예측하는 기초자료로 활용코자,  $20\sim 35^\circ C$  범위의 6단계 온도에서 수행하였다.

## 재료 및 방법

본 연구는 1992년 6월 15일 부터 1992년 12월 29일까지와, 1992년 12월 14일 부터 1993년 2월 10일까지 두 차례에 걸쳐 필리핀의 국제미작연구소(International Rice Research Institute, Los Banos, Laguna, Philippines)에서 수행하였다. 벼 품종은 벼멸구에 감수성인 Taichung Native-1(TN1)을 사용하였으며, 벼멸구(*Nilaparvata lugens*)와 등검은황록장님노린재(*C. lividipennis*)는 1990년 2월 필리핀 Laguna 지역에서 채집되어 연구소 곤충사육실(Insectary, 온도  $27\pm 2^\circ C$ , 습도 60~80%)에서 누대사육되어 온 것을 사용하였다.

### 1. 벼멸구 알의 日齡에 따른 등검은황록장님노린재의 선호성

침종 8일후의 벼 유묘를 Clay Pot(size 3, 지름 13 cm)에 5주씩 이식하였다 이식 30일 후 각 Pot에 심겨진 벼를 주당 한줄기씩만 남기고 결줄기를 제거한 다음 각 주마다 별개의 원통형의 Mylar cage(높이 55 cm, 지름 5.5 cm)를 씌우고 난소가 발육된 우화 3일후의 벼멸구 성충 암컷을 한마리씩 넣어 24시간 동안 상온( $27\pm 2^\circ C$ )에서 산란시켰다 Pot에 심겨진 5주의 벼 줄기마다 다른날에 산란시키므로써 천적 노린재를 접종할 때에 벼멸구 알의 日齡이 차이가 나서 선호성을 조사할 수 있도록 조절하였다

이와 같이 벼멸구 알의 日齡이 조절된 Pot에 원통형의 Mylar cage(높이 90 cm, 지름 12 cm)를 씌우고, 우화 1일후의 등검은황록장님노린재 암컷을 상온( $27\pm 2^\circ C$ )에서 14시간 동안 굶긴다음 Pot당 1마리씩 접종하였다. 접종 24시간 후 이 노린재를 cage로부터 분리하고 벼 줄기를 해부현미경 하에서 헤체하면서 벼멸구 알의 日齡별 포식된 개체수를 조사하였다. 이 실험은 실온( $27\pm 2^\circ C$ )에서 60반복으로 수행하였다.

### 2. 온도별 벼멸구 알에 대한 등검은황록장님노린재의 포식수와 포식률

실험 1에서와 같은 방법으로 준비된 이식 30일 된 벼가 심겨진 Pot에 Mylar cage를 씌우고, 한 마리의 암컷이 하루에 약 10~20개의 알을 산란 할 것이라는 가정하에서 난소가 발육된 우화 3일후의 벼멸구 암컷을 Pot당 1, 2, 4, 6 그리고 12마리씩 넣어 상온( $27\pm 2^\circ C$ )에서 24시간 동안 산란시켜

Pot당 알 밀도가 1개부터 200개 정도 까지 분포 되도록 조절하였다. 우화 1일후의 암컷 등검은황록장님노린재와 산란된 Pot를 각 실험온도로 조절된 Growth Chamber(12:12시간 조명, 상대습도 70~80%) 속에서 24시간 동안 사전처리 하였다. 사전처리된 노린재를 벼 줄기가 있는 시험관(지름 2cm, 길이 20cm)에 넣어 각 실험온도에서 14시간 동안 굶겼다. 각 실험온도의 Growth Chamber내에서 벼멸구 알의 밀도가 조절된 Pot에 사전처리와 굶긴 노린재를 집중하여 24시간동안 포식하도록 한 후 이 노린재를 Cage로부터 분리하고 벼 줄기를 해부현미경 하에서 해체하면서 포식된 벼멸구 알과 포식되지 않은 벼멸구 알을 구분하여 개체수를 조사하였다. 이 실험은 20, 23, 26, 29, 32, 35°C의 6단계의 온도별로 70~100반복으로 수행하여 각 온도처리에서 조사치를 7개 밀도범위로 구분하여 분석하였다

### 3. 온도별 벼멸구 알에 대한 등검은황록장님노린재의 기능반응

실험 2에서 벼멸구의 알 밀도별로 노린재에 의해 포식된 벼멸구의 알을 조사한 결과를 이용하였다. Holling(1959)의 제2형 기능반응의 원형방정식(Disc equation)을 진정포식자의 경우에 맞게 변형한 Rogers(1972)의 임의 포식모형(Random predator equation)을 적용하여 매개변수를 구하였으며 적용한 Rogers' Model은 다음과 같다.

$$N_a = N_i [1 - \exp\{-a P_i (T - T_h N_a / P_i)\}]$$

$N_a$  : 포식당한 피식자의 수

$a$  : 노린재의 탐색률

$T$  : 벼멸구 알의 노린재에 대한 노출시간(1일)

$T_h$  : 포식자의 피식자 처리시간

$N_i$  : 벼멸구 알의 밀도

$P_i$  : 노린재의 밀도(1마리)

온도별 기능반응식의 매개변수( $a$ ,  $T_h$ )는 각 온도처리에서 Pot단위로 조사된 벼멸구의 총 산란수(먹이의 밀도)와 노린재에 의해 포식당한 알의 수를 대응하여 자료 File을 만들고, 농촌진흥청 VAX-6420에 설치된 SAS Program을 이용하여 최소분산추정법(Least Sum of Square Analysis: NLIN BEST=10 METHOD=DUD)으로 추정하였다.

### 4. 온도별 벼멸구 알에 대한 등검은황록장님노린재의 공격위치의 선호성

실험 2의 벼멸구의 포식당한 알과 포식되지 않은 알을 조사하는 과정에서 벼 줄기에 벼멸구의 알이 산란된 범위를 3등분 하여 포식수를 구분하여 계수하였다. 이들 위치별 조사치 중 윗쪽 1/3에 해당하는 것을 "윗쪽"으로, 아랫쪽 1/3에 해당하는 것을 "아랫쪽"으로 분류하였으며, 가운데에서 조사된 것은 사용하지 않았다. 본 위치별 선호성 자료 중 26°C의 것은 조사과정에서 누락되었으므로 나머지 5단계 온도(20, 23, 29, 32, 35°C)의 조사치만 분석하였다.

## 결과 및 고찰

### 1. 벼멸구 알의 日齡에 따른 등검은황록장님노린재의 선호성

벼멸구 알의 산란후 경과 일수에 따른 등검은황록장님노린재(*C. lividipennis*)의 선호성을 조사하기 위하여 산란후 1일부터 7일된 벼멸구 알을 등검은황록장님노린재의 먹이로 공급한 결과, 표 1에서 보는 바와 같이 평균포식율은 산란후 3일된 알을 15.88% 포식하여 가장 선호하였으며 다음으로 4일(13.41%), 2일(11.65%), 1일(11.48%)된 것을 선호하였다. 대체적으로 벼멸구가 산란한지 1일에서 4일된 어린시기의 벼멸구 알을 선호하는 경향이 있었다.

Rajendram과 Devarajah(1987)는 등검은황록장님노린재 성충은 하루에 벼멸구의 알을 3.3개, 약충은 0.21~0.08마리, 그리고 성충을 0.17마리 포식함으로써 이 중에서 알을 가장 선호하는 것으로 보고하였다. Bacilio와 Heong(1990)은 등검은황록장님노린재와 유사종인 Brown mirid bug(*Tytthus* sp)의 벼멸구의 알, 약충 그리고 성충에 대한 선호성을 조사한 결과, Brown mirid bug의 성충은 하루 평균 14개, 최대 32개의 벼멸구 알을 포식하였으며, 벼멸구의 1령 약충은 약 7마리, 2령 약충은 약 3마리, 5령 약충은 약 1마리, 그리고 성충은 약 1마리를 포식하여, 기주체가 커질수록 포식하는 양이 줄어들었다고 하였다.

벼멸구의 알의 영기에 따른 선호성은 아직 연구된 바 없으나, 위의 기존 연구결과로 미루어 볼 때, 본 연구에서 노린재가 어린 알을 선호한 것은 어린 알이

**Table 1. The preference of *Cyrtorhinus lividipennis* to brown planthopper eggs in different ages after oviposition at the room temperature<sup>1</sup>**

Days after oviposition	Rep.	Mean no. of eggs oviposited/tiller	Mean no of eggs attacked/tiller	Percent predation
7	57	27.37	2.53	7.02
6	70	28.96	3.39	9.41
5	71	38.86	3.87	4.64
4	69	39.78	4.83	13.41
3	67	42.06	5.72	15.88
2	67	33.55	4.19	11.65
1	68	28.15	4.13	11.48

<sup>1</sup>Room temperature: 27±2°C

비교적 크기가 작고 연약하여 먹이로서 적합하였기 때문으로 생각된다

## 2. 온도별 벼멸구 알에 대한 등검은황록장님노린재의 포식수와 포식률

온도조건에 따른 등검은황록장님노린재의 포식반응을 검정하기 위하여 20°C에서 35°C까지 6단계로 조절된 온도에서 벼멸구 알에 대한 포식수와 포식율을 조사하였다. 그 결과 표 2에 나타난 바와 같이 모든 실험온도조건에서 공허 알 밀도가 높아짐에 따라 포식수는 증가하였고 포식률은 상대적으로 감소하는 양상을 보였다.

그러나 실험온도에 따라 상대적인 포식수는 차이가 있었는데, 벼멸구의 알 밀도가 21~40개 일때 20°C에서 32°C까지의 온도별 포식수는 5.56, 6.77, 7.83, 9.70, 13.56개로써 온도가 높아짐에 따라 계속 포식수가 증가하였으나 35°C에서는 8.91개로 감소하였으며, 이러한 현상은 다른 알 밀도조건에서도 같게 나타났다. 벼멸구의 알 밀도가 증가함에 따라 포식수도 증가하는 양상(곡선의 경사도)은 32°C까지 온도가 높아짐에 따라 경사가 높아지는 경향이었으나, 35°C에서는 갑자기 낮아졌다.

등검은황록장님노린재는 32°C에서 벼멸구 알을 200개 이상 공급하였을 때 35.50개를 포식하여 가장 많은 포식량을 보였고, 포식율은 29°C에서 벼멸구 알을 11~20개 공급하였을 때 60%로 가장 높았다

표 3은 표 2에서 나타난 결과 중 등검은황록장님노린재의 온도별 벼멸구 알에 대한 평균포식율을 요약하여 나타난 것으로써, 29°C에서 34.64%

의 평균포식율을 보여 가장 높았고 32, 26, 35, 23, 20°C의 온도 순으로 평균포식율은 각각 31.84, 30.22, 23.64, 22.52, 11.72%로 나타났다. 표 3에서 보는 바와 같이 온도가 높아짐에 따라 32°C까지는 평균포식율이 계속 증가하였으나 35°C에서는 23°C 수준으로 급격히 감소하는 것을 볼 수 있었다.

29°C에서 벼멸구 알의 밀도가 21~40개일 때 등검은황록장님노린재의 평균포식수는 9.70개인데 이것은 30°C에서 Chua와 Mikil(1989)의 연구결과인 9개와 비슷하였다. 또한 Sivapragasam와 Asma(1985)는 28°C에서 하루 동안 등검은황록장님노린재 암컷은 최대 22개의 벼멸구 알을 먹는다고 보고하였는데, 본 실험결과 비슷한 온도인 29°C에서 200개 이상의 알을 공급하였을 때 30개 정도의 알을 포식하여 최대 포식량이 다소 많게 나타났다. 천적의 포식량은 온도 뿐만 아니라 가능한 먹이의 양에도 큰 영향을 받으므로 기존 연구결과와의 직접적인 비교가 곤란하며, 특히 온도, 먹이의 양, 서식공간 등을 정밀하게 조절하여 얻어진 기존 연구결과가 없어 본 연구결과 해석에 어려운 점이 있었다.

## 3. 온도별 벼멸구 알에 대한 등검은황록장님노린재의 기능반응

그림 1은 온도별 벼멸구 알 밀도에 대한 등검은황록장님노린재의 포식량을 Pot단위로 조사하여, 알 밀도별 노린재의 포식개체수의 변화를 온도별로 나타낸 그림으로서, 앞서 언급한 바와 같이 6개 실험 온도 모두에서 벼멸구의 알 밀도가 증가함에 따라 포식수도 증가하는 경향을 보이고 있음을 알 수 있다.

**Table 2.** The predation rates of *C. lividipennis* at different egg densities of brown planthopper in different temperature conditions

Temp (°C)	Egg densities	Rep.	Mean no. of eggs/pot	Mean no. of predation/pot	Percent predation
20	1-10	4	5.50	0.00	0.00
	11-20	10	14.50	1.60	11.91
	21-40	16	28.94	5.56	18.81
	41-80	21	58.14	10.67	18.81
	81-120	12	101.58	18.75	18.78
	121-200	18	158.58	15.56	10.05
	>201	20	387.75	11.90	3.67
23	1-10	8	5.86	2.00	41.25
	11-20	7	15.29	4.00	29.19
	21-40	17	29.53	6.77	23.60
	41-80	24	57.46	13.96	24.54
	81-120	15	102.07	19.80	19.59
	121-200	14	150.00	17.29	11.71
	>201	18	294.83	22.11	7.74
26	1-10	5	6.60	2.60	57.14
	11-20	11	16.27	9.00	54.37
	21-40	12	32.00	7.83	25.05
	41-80	19	57.16	17.68	30.88
	81-120	10	97.60	22.70	23.32
	121-200	9	151.22	21.56	14.01
	>201	3	292.67	18.33	6.77
29	1-10	5	6.80	3.80	58.89
	11-20	9	12.28	7.56	60.01
	21-40	20	28.60	9.70	34.58
	41-80	18	55.44	19.06	35.13
	81-120	8	102.50	21.38	20.62
	121-200	11	148.46	29.36	20.35
	>201	1	233.00	30.00	12.88
32	1-10	8	6.50	3.00	43.75
	11-20	8	16.13	5.63	39.42
	21-40	25	30.88	13.56	45.23
	41-80	21	59.43	18.00	30.37
	81-120	13	96.92	26.69	27.65
	121-200	16	150.88	30.50	21.37
	>201	14	241.86	35.50	15.07
35	1-10	5	8.00	3.20	39.41
	11-20	5	17.20	5.40	27.34
	21-40	11	31.27	8.91	29.51
	41-80	20	59.85	16.15	26.66
	81-120	11	102.73	19.73	19.75
	121-200	13	148.08	20.92	14.30
	>201	5	244.40	19.60	8.49

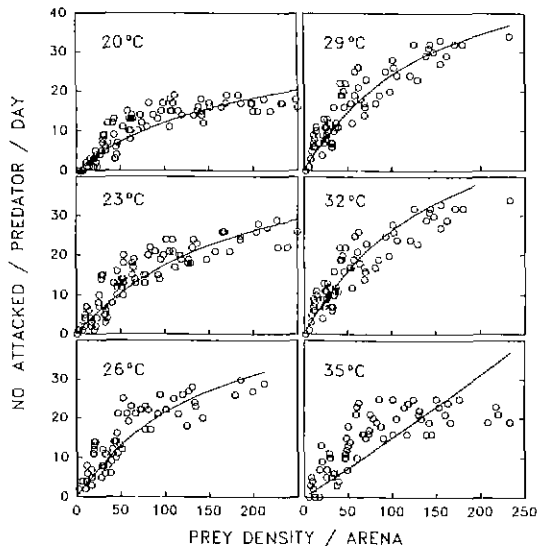
**Table 3.** Percent predation rates of *C. lividipennis* at different egg densities of brown planthopper in different temperature conditions

Egg densities	Temperature (°C)					
	20	23	26	29	32	35
1-10	0.00	41.25	57.14	58.89	43.75	39.41
11-20	11.91	29.19	54.37	60.01	39.42	27.34
21-40	18.81	23.60	25.60	25.05	34.58	45.23
41-80	18.81	24.54	30.88	35.13	30.37	26.66
81-120	18.78	19.59	23.32	20.62	27.65	19.75
121-200	10.05	11.71	14.01	20.35	21.37	14.30
>201	3.67	7.74	6.77	12.88	15.07	8.49
Mean	11.72	22.52	30.22	34.64	31.84	23.64

**Table 4.** Parameter estimates of the functional response equation for *C. lividipennis* feeding on brown planthopper eggs at different temperature conditions

Temp. (°C)	Parameter estimates		Asymptotic S.E.s		F
	<i>a</i>	<i>T<sub>h</sub></i>	<i>a</i>	<i>T<sub>h</sub></i>	
20	0.1923	0.0274	0.0296	0.0056	321.6563*** <sup>2</sup>
23	0.2950	0.0200	0.0292	0.0024	477.3517**
26	0.3938	0.0183	0.0516	0.0030	284.9103**
29	0.4687	0.0172	0.0437	0.0018	477.8656**
32	0.5085	0.0151	0.0412	0.0015	780.6044**
35	0.1550	-0.0029	0.0475	0.0159	196.3531**
35 <sup>1</sup>	0.2331	0.0150	0.0130	-	378.6317***

<sup>1</sup>*T<sub>h</sub>* value was provided as 0.0150 in the function.  
<sup>2</sup>Significant at 1% level



**Fig. 1.** Fit of Roger's random predator functional response model to females of *Cyrtorhinus lividipennis* feeding on *Nilaparvata lugens* eggs at six constant temperatures.

이 경향을 Holling(1959)의 제2형 기능반응식의 Rogers 모델에 적용시켜 본 바, 추정치의 변화를 그림의 실선으로 나타내었는데, 실측치들과 비교적 잘 부합되고 있음을 알 수 있었다. 추정치곡선의 경사도를 볼 때, 32°C까지는 온도가 높아짐에 따라 경사가 높아지는 경향이 있었으나 35°C에서는 갑자기 낮아졌다

추정된 기능반응식의 두 매개변수인 탐색능력(*a*)과 처리시간(*T<sub>h</sub>*)을 온도별로 표 4에 나타내었다. 그 결

과를 보면 20°C부터 32°C까지는 *T<sub>h</sub>*와 *a*값 모두 양의 수이며 통계적으로 유의하여 제2형 기능반응식에 이론적으로 잘 부합되는 것으로 생각된다. 그러나 35°C의 경우 *T<sub>h</sub>*값이 음수(-0.0029)로서 처리시간이 음수인 것은 현실성이 없었으므로, 온도가 높아짐에 따른 *T<sub>h</sub>*값의 漸近值로 생각되는 0.015를 수식에 공급하여 *a*값을 추정하여 본 결과 높은 통계적 유의성을 보였다.

온도별 암컷 등점은황록장님노린재의 탐색능력 *a*는 20, 23, 26, 29, 그리고 32°C의 온도에서 각각 0.1923, 0.2950, 0.3938, 0.4687, 0.5085로 나타나, 32°C까지는 온도가 높아짐에 따라 탐색능력이 점점 높아져 최고 약 0.5에 달하였다. 반면, 처리시간 *T<sub>h</sub>*는 20°C에서 0.0274이던 것이 온도가 높아짐에 따라 서서히 짧아져 32°C에서 0.0151로 최저치로 보이는 0.015에 접근하고 있었다. 이 결과를 종합해 볼 때 32°C에서 이 노린재가 벼멸구의 알을 가장 효과적으로 포식하고 있음을 의미하는 것으로 생각된다.

그러나, 35°C의 경우 처리시간이 음수로 나타났으므로 최저치로 생각되는 *T<sub>h</sub>*=0.015로 고정하였을 때 탐색능력은 0.2331로 급격히 저하되었다.

Manti(1989)는 27°C에서 암컷 등점은황록장님노린재의 벼멸구 알에 대한 탐색능력 *a*와 처리시간 *T<sub>h</sub>*를 검정한 결과 각각 0.491과 0.031이었다고 보고하여 탐색능력은 29°C에서의 본 실험결과(0.4687)와 유사하였으나 처리시간은 다소 길었다. Heong 등(1990)은 실온에서 *a*와 *T<sub>h</sub>*값이 각각 0.247과 0.017

Table 5. The preference of *C. lividipennis* to BPH eggs oviposited at different part of rice stem in different temperature conditions

Temp (°C)	Eggs density	Rep.	No of predation/tiller		Mean predation rate/tiller	
			Upper	Bottom	Upper	Bottom
20	0-30	54	1.11	0.93	13.80	12.32
	31-60	45	3.64	2.98	18.03	14.60
	>61	32	6.84	5.34	19.47	9.54
23	0-30	61	1.79	2.02	22.85	23.85
	31-60	50	2.42	3.70	17.39	11.47
	>61	34	7.85	6.44	28.53	14.12
29	0-30	39	1.72	2.56	36.11	32.09
	31-60	27	6.15	3.44	27.33	12.60
	>61	7	11.29	6.71	34.09	13.93
32	0-30	53	2.40	2.94	29.16	31.52
	31-60	53	7.47	4.45	33.73	18.78
	>61	28	11.11	7.43	28.44	17.75
35	0-30	40	2.43	2.50	21.29	28.68
	31-60	38	4.40	4.90	21.60	20.57
	>61	26	11.15	6.35	24.69	15.10

이었다고 보고하였는데, 본 실험결과와 대비하면  $T_h$ 값은 매우 유사하였으나  $a$ 값은 낮았다.

Franz(1974), Hassell 등(1986)은 피식자의 밀도가 등검은황록장님노린재의 탐색율과 처리시간에 영향을 미치지만 정밀한 결과를 얻기 위해서는 실험조건에 유의할 필요가 있다고 하였다. 본 연구결과가 타 선행 연구자의 것과 약간의 차이가 있는 것은 피식자 굶여조건(산란된 부위, 산란된 기주체의 크기, 알의 공간분포, 탐색범위, Arena의 크기 등), 온도의 주야간 변이 등이 다소 차이가 있는 데에 기인된 때문으로 생각된다.

이러한 결과들을 종합해 볼 때, 결론적으로 등검은황록장님노린재의 벼멸구 알 공격능력은 32°C까지는 온도가 높아짐에 따라 높아지다가 35°C이상의 고온에서는 급격히 낮아진다는 사실을 알 수 있었다.

#### 4. 온도별 벼멸구 알에 대한 등검은황록장님노린재의 공격위치의 선호성

온도조건이 달라짐에 따라 등검은황록장님노린재의 벼멸구 알 공격능력이 차이가 있음은 이전 실험에서 이미 밝혀졌으나, 이러한 온도의 변화가 이 노린재의 공격습성에도 영향을 주는지를 검정하기

위해 벼멸구의 알이 벼 줄기에 남아진 위치를 상하로 구분하여 공격위치의 선호성을 조사하였다

그 결과를 나타낸 표5를 보면, 저온인 20°C에서는 벼멸구 알이 0~30개의 저밀도 일때는 上·下간의 평균포식수가 각각 1.11개와 0.93개로서 노린재의 공격위치의 선호성이 큰 차이가 없었으나, 알이 60개 이상인 고밀도에서는 아래쪽(5.34개) 보다 위쪽(6.84개)을 더욱 선호하는 경향이였다. 먹이의 밀도가 높을 때 윗쪽을 선호하는 이러한 경향은 온도가 23, 29, 32, 35°C로 높아짐에 따라 더욱 더욱 두드러지게 나타났다. 즉, 29°C이상의 고온에서는 벼멸구의 알이 61개 이상의 고밀도일 때 上部의 알을 下部에서보다 약 두배정도 더 포식하였으나 23°C 이하의 비교적 낮은 온도에서는 이러한 선호성이 명확하지 않았다.

Manti(1989)는 벼멸구의 산란부위를 上·中·下로 나누어 등검은황록장님노린재의 공격위치를 조사한 바 윗쪽을 선호하였다고 보고하여 고온에서의 본 연구결과와 같았다. 한편, Heong 등(1990)은 벼멸구와 두점끝동매미충(*Nephotettix virescens*)의 알을 먹이로 하여 등검은황록장님노린재의 선호성을 조사한 바 벼멸구의 알을 더 선호하였다고 하였다.

일반적으로 두점끝동매미충은 벼멸구보다 윗쪽에

산란하는 경향이 있으므로 단순히 생각하면 공격위치의 선호성 면에서 본 연구결과와 차이가 있는 것으로 볼 수 있다. 그러나, 벼멸구 보다 두점끝동매미충의 알을 먹이로 하였을 때 이 노린재의 탐색능력은 저하되고 처리시간은 길어진다는 이들(Heong 등 1990)의 보고로 미루어 볼 때 이러한 위치선호성은 기주체 공격능력과 상관이 있을 것으로 보인다.

결론적으로, 기주가 충분하지 못한 조건에서는 공격위치를 선택할 여지가 없으나 기주가 충분한 경우 먹이의 위치가 뒷쪽에 있는 것을 선호하게 되며, 특히 탐색능력이 향상되는 고온조건에서 선호성이 더욱 뚜렷하여 진다고 생각된다

### 인 용 문 헌

- Bae, S.H. & M.D. Pathak. 1966. A mirid bug *Cyrtorhinus lividipennis* Reuter, a predator of the eggs and nymphs of the brown planthopper. *IRRI News* **15**(3): 33-36.
- Bacilio, R.P. & K.L. Heong. 1990. Brown mirid bug, a new predator of brown planthopper(BPH) in the Philippines. *Int. Rice Res. News* **15**(4): 28
- 최재승, 고희관, 엄기백, 최귀문, 황창연 1992. 벼멸구 배미충의 포식성천적 등검은황록장님노린재의 생활사. *한국응용곤충학회지* **31**(4): 492-495.
- Chen, C.C., W.H. Ku & R.J. Chiu. 1978. Rice wilted stunt and its transmission by the brown planthopper, *Nilaparvata lugens*(Stal). *Plant Prot. Bull. (Taiwan)* **20**: 376.
- Chiu, S.C. 1979. Biological control of the brown planthopper. Pages 335-355. in Brown planthopper: threat to rice production in Asia. International Rice Research Institute, Los Banos, Philippines.
- Chua, T.H. & E. Mikil. 1989. Effects of Prey number and stage on the Biology of *Cyrtorhinus lividipennis* (Hemiptera: Miridae): A Predator of *Nilaparvata lugens* (Homoptera: Delphacidae). *Environ. Entomol.* **18** (2): 251-255
- Dyck, V.A. & B. Thomas. 1979. The brown planthopper problem. Pages 3-17, in Brown planthopper. threat to rice production in Asia International Rice Research Institute. Los Banos, Philippines.
- Franz, H.G. 1974. The functional response to prey density in an acarine system. Center Agric. Publ and Doc., Wageningen pp.1-15.
- Hassell, M.P., J.H. Lawton & J.R. Beddington, 1986 The components of arthropod predation(I) The prey death-rate *J. Anim. Ecol.* **45**: 135-161.
- Heinrichs, E.A. & O. Mochida 1984 From secondary to major pest status: The case of insecticide-induced rice brown planthopper. *Nilaparvata lugens*. resurgence. *Protection Ecology* **7**: 201-218.
- Heong, K.L., S. Bleit & A.A. Lazaro 1990 Predation of *Cyrtorhinus lividipennis* Reuter on eggs of the green leafhopper and brown planthopper in rice. *Res. Popul. Ecol.* **32**: 1-10
- Heong, K.L. & I. Domingo. 1992. Shifts in predator-prey ranges in response to global warming *Int. Rice Res News* **17**(6): 29-30
- Hinckley, A.D. 1963. Ecology & control of rice planthoppers in Fiji. *Bull. Ent. Res.* **54**(3): 467-481.
- Holling, C.S. 1967. The functional response of invertebrate predators to prey density *Rev. Appl. Entomol.* **55**(10): 521-522
- IPCC. 1990. Climate Change-The IPCC Scientific Assessment J.T. Houghton, G.J. Jenkins & J.J. Ephraums eds Cambridge Univ Press. 364pp.
- Kuno, E. & V.A. Dyck. 1984 Dynamics of Philippine and Japanese populations of basic characteristics Pages 1-9, in Proceedings: ROC-Japan Seminar on the Ecology and the Control of the brown planthopper National Science Council, Rep of China.
- Ling, K.C. 1972. Rice virus diseases. International Rice Research Institute, Los Banos, Philippines 134pp
- Liquido, N.J. & T. Nishida. 1985. Variation in number of instars, longevity, and fecundity *Cyrtorhinus lividipennis* Reuter (Hemiptera: Miridae) *Ann. Ent. Soc. Am.* **78**: 459-463.
- Manti, I. 1989 The role of *Cyrtorhinus lividipennis* Reuter (Hemiptera: Miridae) as a major predator of the brown planthopper *Nilaparvata lugens* Stal (Homoptera: Delphacidae) Doctor of Philosophy(Ph.D) Degree in Entomology at the University of the Philippines at Los Banos(UPLB), Philippines.
- Nickel, J.L. 1973. Pest situation in changing agricultural systems-a review. *Bull. Entomol. Soc. Amer.* **19**: 136-142.
- Rajendram, G.F. & F.R. Devarajah 1987. Studies on the predatory effectiveness of *Cyrtorhinus lividipennis* (Hemiptera: Miridae) on *Nilaparvata lugens* (Homoptera: Delphacidae). *Vingnanam-Journal of Science* **2**: 29-35.
- Reissig, W.H., E.A. Heinrichs & S.L. Valencia 1982. Insecticide-induced resurgence of brown planthopper,



- Nilaparvata lugens*, on rice varieties with different levels of resistance. *Environ. Entomol* **11**: 165-168.
- Rogers, D. 1972. Random search and insect population models. *J. Anim. Ecol.* **41**: 369-383
- Sivapragasam, A. & A Asma. 1985 Development and reproduction of the mirid bug, *Cyrtorhinus lividipennis* (Heteroptera: Miridae) and its functional response to the brown planthopper. *Appl. Ent. Zool.* **20**(4): 373-379.
- Smith, R.F. 1972. The impact of the green revolution on plant protection in tropical and subtropical areas. *Bull. Entomol. Soc Amer.* **18**: 17-14
- Usinger, R.L. 1939. Distribution and host relationship of *Cyrtorhinus lividipennis* (Hemiptera. Miridae). *Proc. Hawaii Ent Soc* **10**: 271-273.
- Yasumatsu, K., T Wongsin, C Tirawat, N. Wongsiri & A Lewvanich 1981 Contributions to the development of integrated rice pest control in Thailand. Japan International Cooperation Agency, Japan  
(1995년 6월 20일 접수)