

## 벼멸구 생태형의 성장 특성별 감로 배설량의 차이

최주수<sup>†</sup> · 박영도\*

동의대학교 자연과학대학 생물학과  
\*동의대학교 기초과학연구소

### Differences of the Honeydew Excretion in Growing Characteristics of the Brown Planthopper, *Nilaparvata lugens* Stål, Biotypes on Different Cultivars of Rice with Various Resistance Genes

Joo-Soo Choi<sup>†</sup> and Yeong-Do Park\*

Department of Biology, Donggeui University, Pusan 614-714, Korea  
\*Center for Basic Science Research, Donggeui University, Pusan 614-714, Korea

#### Abstract

Some attempts were made to investigate the honeydew excretion of the brown planthopper(BPH), *Nilaparvata lugens* Stål, biotypes in terms of instar nymph, days after emergence, macropterous and brachypterous mated and unmated female, and macropterous female with different sources fed on 60-day-old rice cultivars with different resistance genes. The feeding amount of the BPH biotypes was measured by using the honeydew excretion test.

The feeding amount of fifth instar on Miryang 23 with no resistance gene was higher than that of Cheongcheongbyeon with Bph-1 gene by two times. Macropterous and brachypterous females showed low feeding amount at first day after emergence, but they showed high feeding amount from second days after emergence. Also the feeding amount of brachypterous female was higher than that of macropterous female. In addition, the feeding amount of BPH was in the order of nymph<macropterous male<brachypterous male<macropterous unmated female<macropterous mated female<brachypterous unmated female<brachypterous mated female. The feeding amount of the BPH biotype-1, 2, and 3 on Miryang 23 was in the order of laboratory(the insects reared for at least 10 generation in the laboratory)<field(the insects obtained from rice fields, 2 generation after migration)<migration(the insects caught directly from migrating population). The feeding of biotype-2 on Cheongcheongbyeon and biotype-3 on Miryang 63 with bph-2 gene was as high as that of biotype-1, 2, and 3 on Miryang 23.

**Key words** – Honeydew, Biotypes, Macropterous, Brachypterous, Feeding amount

#### 서 론

벼 virus병인 grassy stunt[1], ragged stunt[9,12,14,18]

및 wilted stunt병[2,3]을 매개하는 벼멸구(*Nilaparvata lugens* Stål)는 벼의 하부를 집중적으로 흡즙하여 식물체를 완전 히 고사[10]시키므로서 벼에 막대한 피해를 주는 무서운

<sup>†</sup> Corresponding author

해충이다.

벼멸구가 우리나라로 비래해 오는 시기와 양은 년도에 따라 다소 차이가 있으나 6월 중·하순경부터 7월에 걸쳐 비래하여 포장에서 2·3세대 경과된 뒤인 9월 초순경에 큰 피해를 주게 되는데, 논에서는 본 해충이 벼에 피해를 줄 만큼 밀도가 증가하기 직전까지도 그 증식상황을 파악하기 어려운 관제로 사전에 적절한 방제대책을 수립하기가 매우 어려운 실정이다. 따라서 본 해충이 논에서 대량으로 발견되어 어떠한 방제행위를 취할 때는 이미 때가 늦어 방제비용만 소모하고 큰 효과를 거두지 못하는 경우가 많다[15].

최근 벼멸구를 방제하기 위해 저항성품종의 이용은 해충피해의 감소, 살충제의 효력증진, 곤충에 의해 매개되는 virus병의 경감 뿐만 아니라 약제방제에서 오는 각종 부작용을 해소할 수 있다[7,8,9]는 측면에서 저항성품종의 중요성이 크게 강조되어 식량증산에 많은 공헌을 하였다. 그러나 저항성품종의 확대 재배에 따른 가장 큰 문제점은 이들 저항성품종들을 가해할 수 있는 새로운 개체군인 생태형(biotype)의 출현이다[4,5,6]. 새로운 생태형이 출현하면 고도의 저항성품종이 육성보급되어도 저항성품종의 육성 가치가 저하되므로 벼멸구 저항성품종 육종가들은 벼멸구 생태형 분화에 큰 관심을 갖게 되었다.

우리나라에서도 벼멸구 생태형의 비래량이 해마다 증가추세에 있다는 Park & Song[16]의 보고로 미루어 보아 이들에 의해 국내에서 재배되는 저항성품종의 피해 가능성에 대해 관심을 갖지 않을 수 없는 시점에 와 있다고 생각된다. 따라서 본 연구는 흡즙성 해충의 즙액 흡즙량은 먹이의 적부 및 저항성과 밀접한 관계가 있으므로 벼멸구가 비래하는 시기인 6월말의 본답의 묘령이 60일 전후인 점을 고려하여 성묘를 이용한 벼멸구의 총체특성별 및 환경조건별로 저항성 및 감수성품종의 흡즙능력을 검정하여 금후 벼멸구 생태형 비래에 대처하기 위한 방안을 모색하고자 본 연구를 수행하였다.

## 재료 및 방법

공시 벼멸구 생태형-1, 2, 3은 곤충사육실(27±2℃, 70-80%RH, 40W 형광등 24시간 조명)에서 저항성 gene이 없는 청청벼, Bph-1 gene을 보유한 청청벼, bph-2 gene을 보

유한 밀양 63호의 유묘를 식이로 각각 acryl cage(26×34×36cm)내에서 누대사육하면서 실험에 필요한 공시충을 확보하였다.

비래 벼멸구는 경남 남해군 창선면 지족리에서 생포유아등(100W 백열전구, 오후 8시-오전 6시까지 조명)으로 비래시기별로 채집하였으며, 비래 후 포장에서 2세대 경과된 벼멸구는 경남 남해군 및 통영군 농촌지도소의 예찰답에서 흡충관으로 채집하였다.

벼멸구의 영기별, 시형별, 성별 및 교미유무별 우화 경과일에 따른 감로배설량과 벼멸구의 실내사육충, 비래충 및 포장에서 2세대 경과된 충에 따른 생태형의 감로배설량측정은 논흙이 채워진 acryl pot(7.5×8cm)에서 60일동안 자란 밀양 23호(no resistance gene), 청청벼, 밀양 63호의 성묘 1본에 벼멸구의 1령에서 5령까지의 각 영기별, 우화 1일에서 12일까지의 교미하지 않은 장·단시형의 성별, 우화 후 6일간 교미시킨 우화 7일에서 14일까지의 장·단시형 교미충과 벼멸구의 실내충, 비래충 및 포장 경과충의 각 생태형-1, 2, 3을 각각 1마리씩을 감로배설량 측정장치[16]를 이용하여 10반복씩 접종하여 27±2℃에서 24시간 섭식시킨 후 감로가 묻은 filter paper를 꺼내어 0.1% ninhydrin acetone 용액을 분무하고 105℃에서 10분간 발색시킨 후 보라색 내지 자주색 반점의 면적을 측정하였다.

## 결과 및 고찰

### 1. 벼멸구의 영기별, 성별, 교미유무별 및 우화 경과일에 따른 감로배설량

#### (1) 약충

벼의 저항성과 관련하여 벼멸구의 흡즙능력이 차이가 있을 것으로 예상되므로, 벼멸구 생태형-1의 부화약충을 1마리씩 60일묘에 접종하여 24시간씩 흡즙케하여 filter paper에 감로를 받아 그 면적을 영기별로 측정 비교한 결과는 Fig. 1과 같다.

감수성품종 밀양 23호에서 1령기의 감로배설량은 5.2mm<sup>2</sup>이었으나, 영기가 진행됨에 따라 점차 증가하여 5령기에는 28.4mm<sup>2</sup>로 1령기에 비해 약 6배정도 많았다. 그러나 저항성 품종 청청벼는 1령기에 3.0mm<sup>2</sup>로 영기가 진행됨에 따라 다소 증가하고는 있으나 영기간에 별 차이를 보이지 않았다. 그리고 밀양 23호는 청청벼에 비해 감로배설량이 2배이상

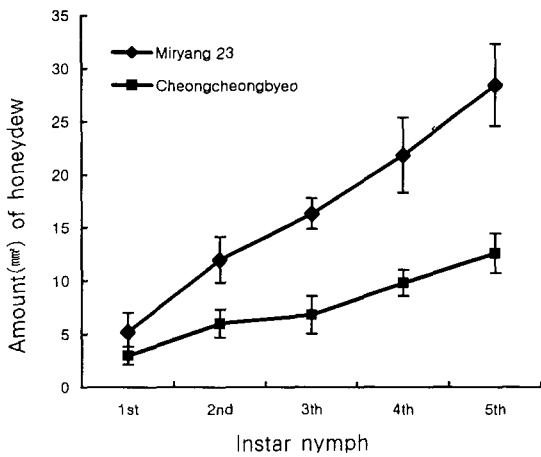


Fig. 1. Amount(mm) of honeydew excreted by each instar nymph of *Nilaparvata lugens* biotype-1 on the susceptible and resistant rice cultivars. Treatments were replicated 10 times. Vertical bars represents standard error.

많았다.

(2) 장·단시형 교미 및 미교미 암수 성충

바로 우화된 암수 성충을 시형별로 준비된 시험관속에 넣어 교미시키거나 교미시키지 않고 (1)항과 같은 방법으로 감로배설량을 측정 비교한 결과는 Table 1과 Table 2에

나타난 바와 같다.

우화 후 경과일에 따른 감로배설량의 차이를 보면 Table 1에서 보는바와 같이 밀양 23호의 경우 장·단시형 암컷성충 모두 우화 1일째는 각각 30.3mm, 31.2mm로 나타난 반면, 우화 2일째는 40.8mm, 44.2mm로 감로배설량이 증가하였다. 그리고 우화 경과일에 따라 약간의 변이는 있었으나, 전체적으로 큰 감로배설량의 차이는 없었다. 그러나 흡즙 능력은 장시형보다 단시형의 벼멸구가 크게 나타났다. 한편 청청벼에서는 장·단시형 암컷 모두 수컷 장시형과 같이 우화경과일에 따른 감로배설량의 변이는 없었다.

따라서 이러한 결과로 미루어 보아 저항성을 검정할 때 바로 우화된 성충이나 완전 노숙충을 제외하고는 어느 시기의 성충을 사용해도 좋다는 결론을 얻을 수 있다.

한편 벼멸구 생태형-1의 시형별, 성별 및 교미유무별로 배설된 감로의 양을 보면 Table 2에서 보는 바와 같이 밀양 23호의 경우 교미한 장시형 암컷성충의 감로배설량은 54.4mm로 교미하지 않은 장시형 암컷성충의 43.6mm보다 높았고, 또한 교미한 단시형과 교미하지 않은 단시형 암컷성충은 각각 63.2mm, 55.2mm로 나타나 장시형에 비해 감로배설량이 많았다. 청청벼의 경우 교미했거나 교미하지 않은 장시형 암컷성충간에는 차이가 없었으나, 단시형이 장시형보다 감로배설량이 많았다. 이러한 결과는 수컷성충의 경우에서도 같은 경향을 보였다.

Table 1. Variation of honeydew amount(mm) to the lapse of emergence of the adults of *N. lugens* biotype-1 uncopulated<sup>a</sup>

Sex	Wing form	Cultivars	Days after emergence(mm/adult/day)											
			1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
Female	Macropterous	Miryang 23	30.3	40.8	43.3	46.0	44.9	47.4	39.9	50.9	47.5	52.1	39.0	40.5
		±S.E.	3.86	4.08	5.22	4.01	4.61	4.66	2.76	6.02	6.38	6.93	4.97	5.71
		Cheongcheongbyeo	18.1	21.0	17.5	25.0	22.4	15.8	20.3	13.3	18.5	19.4	16.7	17.1
	±S.E.	1.11	3.57	2.51	2.66	1.98	3.02	2.21	3.59	4.11	3.01	3.67	2.59	
	Brachypterous	Miryang 23	31.2	44.2	61.2	57.2	51.4	51.2	59.4	58.2	67.2	58.2	59.4	63.0
		±S.E.	5.71	5.66	4.77	10.11	8.00	5.11	8.81	4.96	4.29	6.23	7.21	3.65
Cheongcheongbyeo		13.2	23.2	29.2	33.4	27.2	26.2	22.4	28.4	20.6	20.0	17.0	12.2	
±S.E.	2.91	6.37	3.01	5.59	2.73	8.73	4.79	8.62	4.48	5.44	6.02	2.31		
Male	Macropterous	Miryang 23	24.8	23.0	14.2	20.2	11.2	11.6	11.8	12.8	19.0	14.8	19.8	16.2
		±S.E.	6.28	4.07	3.72	4.31	2.33	2.06	2.08	2.27	6.00	0.97	2.71	2.18
		Cheongcheongbyeo	16.8	17.6	12.6	9.8	11.0	10.2	11.6	11.0	12.6	13.2	13.2	12.8
	±S.E.	3.97	4.13	3.59	2.92	1.30	2.29	0.93	2.68	1.60	1.98	3.76	1.02	

<sup>a</sup>Average for 10 replications and their standard error.

Table 2. Amount( $\mu\text{ml}$ ) of honeydew excreted by the adults of *N. lugens* biotype-1 on the susceptible and resistant rice cultivars<sup>a</sup>

Sex	Test insect		Amount of honeydew ( $\mu\text{ml}/\text{adult}/\text{day}$ )	
	Wing form	Mating	Miryang 23	Cheongcheongbyeo
Female	Macropterous	Mated	54.4 $\pm$ 6.2 <sup>ab</sup>	16.0 $\pm$ 3.8
		Unmated	43.6 $\pm$ 4.9 <sup>b</sup>	18.8 $\pm$ 2.8
	Brachypterous	Mated	63.2 $\pm$ 4.6 <sup>a</sup>	22.0 $\pm$ 4.2
		Unmated	55.2 $\pm$ 6.2 <sup>a</sup>	22.7 $\pm$ 5.1
Male	Macropterous	Unmated	16.6 $\pm$ 6.2 <sup>c</sup>	12.7 $\pm$ 2.5
	Brachypterous	Unmated	25.3 $\pm$ 3.9 <sup>c</sup>	16.3 $\pm$ 3.2

<sup>a</sup>Average for 10 replications and their standard error.

<sup>b</sup>Means within a column followed by common letter are significantly different at 1% by Duncan's multiple range test.

이상으로 벼멸구의 영기별, 암수별, 시형별 및 교미의 유무에 따라 감로배설량을 측정 비교해 본 결과 대체로 우화 첫날에는 그 양이 적었으나, 그 다음부터는 증가하였다. 그러나 우화 경과일에 따라서는 별 차이를 보이지 않았으며, 전체적으로 약충보다 성충이, 교미하지 않은 장시형 및 단시형 암컷성충보다는 교미한 장시형 및 단시형 암컷성충이, 장시형 암수성충보다는 단시형 암수성충이 보다 많은 감로배설량을 보였다.

2. 벼품종별 벼멸구의 실내사육충, 비래충 및 포장에서 2세대 경과된 충에 따른 생태형의 감로배설량  
실내에서 누대사육된 생태형과 저기압기류를 타고 바로 비래한 생태형 및 비래 후 포장에서 2세대 경과된 생태형-1, 2, 3의 암컷성충을 각 공시품종의 60일묘에 1마리씩 접종하여 24시간 흡즙시키면서 배설된 감로량을 측정 비교한 결과는 Table 3과 같다.

생태형 모두 실내충<포장충<비래충 순으로 감로배설량

Table 3. Amount( $\mu\text{ml}$ ) of honeydew excreted for 24 hours by the female adults of *N. lugens* biotypes from different sources<sup>a</sup>

Biotype	Cultivar	Source of insects <sup>b</sup>		
		Laboratory	Migration	Field
1	Miryang 23	76.0 $\pm$ 3.5 <sup>a</sup>	162.3 $\pm$ 24.0 <sup>a</sup>	118.3 $\pm$ 24.0 <sup>a</sup>
	Cheongcheongbyeo	24.0 $\pm$ 3.2 <sup>b</sup>	27.6 $\pm$ 2.5 <sup>b</sup>	16.8 $\pm$ 2.7 <sup>b</sup>
	Miryang 63	23.3 $\pm$ 3.0 <sup>b</sup>	15.0 $\pm$ 2.5 <sup>b</sup>	15.3 $\pm$ 2.5 <sup>b</sup>
2	Miryang 23	49.0 $\pm$ 9.0 <sup>a</sup>	192.7 $\pm$ 50.7 <sup>a</sup>	141.7 $\pm$ 40.8 <sup>a</sup>
	Cheongcheongbyeo	42.1 $\pm$ 3.6 <sup>a</sup>	132.5 $\pm$ 15.0 <sup>b</sup>	113.5 $\pm$ 25.4 <sup>ab</sup>
	Miryang 63	14.7 $\pm$ 2.9 <sup>b</sup>	15.6 $\pm$ 2.9 <sup>c</sup>	14.5 $\pm$ 3.3 <sup>c</sup>
3	Miryang 23	41.0 $\pm$ 6.3 <sup>a</sup>	184.7 $\pm$ 22.3 <sup>ab</sup>	181.8 $\pm$ 60.9 <sup>a</sup>
	Cheongcheongbyeo	20.3 $\pm$ 2.7 <sup>b</sup>	32.7 $\pm$ 8.5 <sup>c</sup>	15.6 $\pm$ 4.8 <sup>c</sup>
	Miryang 63	45.3 $\pm$ 4.2 <sup>a</sup>	251.4 $\pm$ 58.6 <sup>a</sup>	97.7 $\pm$ 15.5 <sup>b</sup>

<sup>a</sup>Average for 10 replications and their standard error.

<sup>b</sup>Laboratory : The test biotypes were reared for at least 10 generation in laboratory.

Migration : The insects caught directly from migrating population.

Field : The insects obtained from rice fields, 2 generation after migration.

<sup>c</sup>Means within a column followed by common letter are significantly different at 1% by Duncan's multiple range test.

이 많았다. 생태형-1은 밀양 23호에서 실내충, 비래충, 포장충이 각각 76.0mm<sup>2</sup>, 162.3mm<sup>2</sup>, 118.3mm<sup>2</sup>로 나타났으며, 생태형-2와 3도 실내충<포장충<비래충 순으로 감로배설량이 많았다. 또 생태형-2에 감수성인 청청벼에서의 실내충, 비래충, 포장충은 각각 42.1mm<sup>2</sup>, 132.5mm<sup>2</sup>, 113.5mm<sup>2</sup>, 생태형-3에 감수성인 밀양 63호에서는 45.3mm<sup>2</sup>, 251.4mm<sup>2</sup>, 97.7mm<sup>2</sup>로 밀양 23호에서와 같이 많은 감로배설량을 보였는데, 특히 밀양 63호의 비래충은 타 감수성품종에서보다 훨씬 많은 감로배설량을 나타내었다. 그러나 각 생태형별 저항성품종에서는 실내충, 비래충, 포장충간에 감로배설량의 차이를 인정할 수 없었다. 이러한 결과는 동일 벼품종, 동일 생태형일 지라도 충이 어느 환경에 처해 있는가에 따라서 충이 가지고 있는 특성이 다르게 나타난다는 것을 의미하고 있다.

이상의 결과를 종합해 볼 때 배설된 감로의 양은 흡즙한 식물체액의 양과 정의 상관관계가 있었다는 Sogawa의 보고[19]와 해충의 식물체 흡즙량은 그 식물체의 저항성과 관련이 있었다는 보고[13,17,20]등으로 미루어 보아 감로배설량은 섭식량 및 저항성과 밀접한 관계가 있으므로 본 연구결과를 활용하면 벼멸구에 대한 저항성기작 연구와 벼멸구 생태형들의 발생과 피해정도를 예측하여 벼멸구 방제에 기초자료로 활용될 수 있을 것으로 생각된다.

## 요 약

벼멸구(*Nilaparvata lugens* Stål)의 영기별, 시형별, 성별 및 교미유무별 우화경과일에 따른 감로배설량과 벼멸구의 실내사육충, 비래충 및 포장에서 2세대 경과된 충에 따른 생태형의 감로배설량을 조사한 결과 다음과 같다.

감수성품종 밀양 23호는 영기가 진행됨에 따라 감로배설량이 증가하여 5령기에는 1령기에 비해 6배이상 많았으며, 또 저항성품종 청청벼보다 2배이상 감로배설량이 많았다. 우화 후 경과일에 따른 감로배설량은 장·단시형 모두 우화 1일째는 적었으나, 우화 2일째부터 다소의 변이는 있었으나 증가하였다. 밀양 23호의 경우 교미한 장시형 암컷 성충의 감로배설량은 54.4mm<sup>2</sup>로 교미하지 않은 장시형 암컷 성충의 43.6mm<sup>2</sup>보다 높았고, 또한 교미한 단시형과 교미하지 않은 단시형 암컷성충은 각각 63.2mm<sup>2</sup>, 55.2mm<sup>2</sup>로 나타나 장시형에 비해 감로배설량이 많았다. 한편 암컷성충의 경우 장·단시형 모두 청청벼 보다 밀양 23호에서 약 3~4

배정도 높게 나타났다. 실내충, 비래충 및 포장충의 감로배설량은 생태형-1의 경우 밀양 23호에서 각각 76.0mm<sup>2</sup>, 162.3mm<sup>2</sup>, 118.3mm<sup>2</sup>로 나타났으며, 생태형-2와 3도 실내충<포장충<비래충순으로 나타났다. 또한 생태형-2에 감수성인 청청벼에서의 실내충, 비래충, 포장충은 각각 42.1mm<sup>2</sup>, 132.5mm<sup>2</sup>, 113.5mm<sup>2</sup>, 생태형-3에 감수성인 밀양 63호에서는 45.3mm<sup>2</sup>, 251.4mm<sup>2</sup>, 97.7mm<sup>2</sup>로 밀양 23호에서와 같이 많은 감로배설량을 보였다. 그러나 각 생태형별 저항성품종에서는 실내충, 비래충, 포장충간에 감로배설량의 차이를 인정할 수 없었다. 따라서 벼품종에 대한 충체특성별 및 환경조건별로 가해능력의 차이가 있는 것으로 보아 앞으로 이러한 결과를 활용하면 벼멸구에 대한 저항성기작 연구와 벼멸구 생태형들의 발생과 피해정도를 예측하여 벼멸구 방제에 중요한 자료로 활용될 수 있을 것으로 생각한다.

## 참 고 문 헌

1. Aguiro, V. M. and K. C. Ling. 1978. Transmission of rice grassy stunt by three biotypes of *Nilaparvata lugens*. *Phil. Phytopathology* 14, 89-92.
2. Chen, C. C. 1984. Some epidemiological studies on rice wilted stunt. *Plant Prot. Bull.(Taiwan)* 26, 315-321.
3. Chen, C. C. and R. J. Chiu. 1982. Three symptomatologic types of rice virus diseases related to grassy stunt in Taiwan. *Plant Disease* 66, 15-18.
4. Claridge, M. F. and J. Den Hollander. 1980. The biotypes of the brown planthopper, *Nilaparvata lugens*. *Ent. Exp. Appl.* 27, 23-30.
5. Claridge, M. F. and J. Den Hollander. 1982. Virulence to rice cultivars and selection for virulence in populations of the brown planthopper, *Nilaparvata lugens*. *Ent. Exp. Appl.* 32, 213-221.
6. Den Hollander, J. and P. K. Pathak. 1981. The genetics of the biotypes of the rice brown planthopper, *Nilaparvata lugens*. *Ent. Exp. Appl.* 29, 76-86.
7. Hackerott, H. L. and T. L. Harvey. 1971. Greenbug injury to resistant and susceptible sorghums in the field. *Crop. Sci.* 11, 641-643.
8. Heinrichs, E. A., R. C. Saxena and S. Chelliah. 1979. Development and implementation of insect pest management system for rice in tropical Asia. pp 210-247, In *Sensible Use of Pesticides, Food and Fertilizer Technology Center for the Asian and Pacific Regions, Taipei.*

9. Heinrichs, E. A. and V. Viajante. 1978. Field reaction of rices to the brown planthopper and ragged stunt virus. *IRRN* 3, 9-10.
10. Kisimoto, R. 1979. Brown planthopper migration. pp 113-124, In *Brown Planthopper, Threat to Rice Production in Asia*, IRRI, Los Banos, Philippines.
11. Ling, K. C. 1977. Transmission of rice grassy stunt by the brown planthopper. pp.73-83, In *The Brown Planthopper, Food and Fertilizer Technology Center for the Asian and Pacific Regions*, Taipei.
12. Ling, K. C. and V. A. Aguiero. 1977. Transmission of rice ragged stunt by biotypes of *Nilaparvata lugens*. *IRRN* 2, 12.
13. Paguaia, P., M. D. Pathak and E. A. Heinrichs. 1980. Honeydew excretion measurement techniques for determining differential feeding activity of biotypes of *Nilaparvata lugens* on rice varieties. *J. Econ. Entomol.* 73, 35-40.
14. Parejarearn, A., D. B. Lapis and H. Hibino. 1984. Reaction of rice varieties to rice ragged stunt virus (RSV) infection by three brown planthopper(BPH) biotypes. *IRRN* 9, 7-8.
15. Park, J. S. and J. O. Lee. 1976. Studies on rice damage due to time of migration of the brown planthopper(*Nilaparvata lugens*) in Korea. *Rice Entomol., Newsl.* 4, 17.
16. Park, Y. D. and Y. H. Song. 1988. Studies on the distribution of the brown planthopper(*Nilaparvata lugens* Stål) biotypes migrated in the southern regions of Korea. *Kor. J. Appl. Entomol.* 27, 87-93.
17. Saxena, R. C. and M. D. Pathak. 1979. Factors governing susceptibility and resistance of certain rice varieties to the brown planthopper. pp 303-317, In *Brown Planthopper, Threat to Rice Production in Asia*, IRRI, Los Banos, Philippines.
18. Senboku, T., S. Shikata, E. R. Tiongco and K. C. Ling. 1978. Transmission of rice ragged stunt disease by *Nilaparvata lugens* in Japan. *IRRN* 3, 8.
19. Sogawa, K. 1977. Feeding physiology of the brown planthopper. pp 95-116, In *The Brown Planthopper, Food and Fertilizer Technology Center for the Asian and Pacific Regions*, Taipei.
20. Sogawa, K. and M. D. Pathak. 1970. Mechanism of brown planthopper resistance in Mudgo variety of rice(Hemiptera:Delphacidae). *Appl. Ent. Zool.* 5, 145-158.