

벼멸구 生育에 미치는 벼의 生育段階의 影響

李 俊 浩 · 玄 在 善

Studies on the Effects of the Growth Stages of the Rice Plant on the Biological Performance of the Brown Planthopper, *Nilaparvata lugens* Stål.

Juhn Ho Lee, Jai Sun Hyun.

ABSTRACT

This study was carried out to investigate the biological performance of the brownplanthopper, *Nilaparvata lugens* Stål, reared on rice plants at different growth stages; maximum tillering, booting, heading with and without panicles, and milking. The results obtained are as follows:

The rice plants at the maximum tillering stage gave the best in the longevity, oviposition period, and the total number of oviposited eggs for the macropterous females, and the worst with the booting stage. For the brachypterous females, however, the best results were obtained from the rice of which their panicles had removed after heading. There was no significant difference in the hatchability of eggs and the developmental period of the nymphs in the next generation, but the nymphal mortality was the highest with the milking stage and the lowest with the maximum tillering and heading stage without panicles. The longest life span was shown in males derived on the maximum tillering stage, and the shortest for milking(macropterous type) or booting(brachypterous type) stages. Coefficientes of variances in longevity and number of eggs for the adults emerged from heading stage without panicles were lower than those with panicles intact, and such trend was more obvious in brachypterous adults, especially for the females. The biological performances of the BPH have close relationship with the translocated organic material at the feeding site which showed considerable difference with the growth stages of the rice.

緒 言

過去 10餘年間の 水稻栽培 樣式の 變化는 벼멸구와
는 突發的이고 r-戰略의 害虫類 被害의 深刻性을 더
고 있다.

害虫의 發生動態는 生態系를 構成하고 있는 여러가
지 要素들의 相互作用의 結果이며 害虫問題의 中心課
題인 經濟的 損失은 作物과 害虫間의 相互作用의 時間
的 一致性和 量的 動態의 所産이다.

벼멸구와 같은 飛來害虫의 發生動態는 飛來量과 飛
來時期와 같은 發生源에 關한 問題와 飛來定着後의 個

體群 增加動態와는 分離하여 考慮되어야 하겠다.

久野(1968)는 日本에서 本害虫의 野外 個體群 動態를 分析하여 飛來後 第1世代의 增加率이 가장 크다고 報告하였고 Kishimoto(1977)는 移秧後 30~50日頃의 벼가 벼멸구 増殖에 가장 알맞는 生育段階이며 出穗後에는 増殖率이 크게 減少한다고 하였으며 Dyck(1978)도 IRR에서 同 一한 結果를 報告하였다. 嚴과 玄(1981)은 野外에서 7月下旬의 벼멸구 密度 減少가 後期發生量과 密接한 關係가 있음을 推定하였다.

本實驗은 飛來後의 벼멸구 増殖動態를 寄主植物의 生育段階와 關聯하여 分析하여 個體群 增加 動態의 Model化에 必要한 基礎資料를 얻고자 遂行하였다.

本研究를 遂行하는데 實驗材料 및 많은 助言과 協力を 아끼지 않은 農業技術研究所 朴重秀 生物部長을 비롯한 昆虫科 여러 研究員에게 衷心으로 感謝드립니다.

材料 및 研究方法

實驗에 쓰인 벼品種은 豐產벼(裡里 346號)로 40日苗를 3本 1株로 하여 포트에 심었다.

벼멸구의 接種時期는 벼의 主要 生育段階인 最高分蘗期 穗朶期, 出穗期, 乳熟期 등이었고 實際接種은 卵期間을 考慮하여 各生育段階에 이르는 時期보다 10日을 앞당겼다. 그리고 出穗期의 것에 對하여는 出穗後 同化物質의 顯花로 移動하는 것을 막았을 때의 영향을 알아보기 위하여 出穗直後에 이삭을 除去한 것과 放任한 것으로 兩分하였다. 接種한 벼멸구는 農業技術研究所, 昆虫科에서 累代飼育中인 長翅型을 利用하였고 接種頭數는 포트當 5隻, 5反覆으로 하였다.

벼의 各生育段階에서 生育 羽化한 벼멸구에 對하여 成虫의 壽命, 産卵期間, 産卵數, 孵化率, 翅型 등을 調査하고 次世에 對한 若虫期間 致死率, 性比 등을 調査하여 次代에 미치는 영향을 調査하였다.

모든 實驗은 中型 試驗管內에 1.5% Agar로 固定한

豐產벼 幼苗를 食餌로 하였고 成虫에 對한 實驗은 雌雄 1隻을 接種하고 生存期間中에는 每日 새 幼苗로 交替하였다. 反覆數는 長, 短翅型 各各 30隻으로 하였다.

産卵數는 交替된 半數의 幼苗를 解剖하여 調査하였고 孵化率은 殘餘 半數의 幼苗에서 孵化하는 幼虫數와 未孵化卵數에서 算出하였다.

若虫에 關한 調査는 孵化直後의 若虫 5頭를 同 一한 方法으로 固定한 幼苗에 接種하고 每日 脫皮殼과 致死數를 調査하였으며 幼苗는 3日間隔으로 交替하였다. 反覆數는 10個였다.

實驗結果

1) 成虫의 壽命

벼의 主要 生育段階에서 羽化한 成虫의 壽命은 表 1, 2와 같다.

一般的으로 수컷의 壽命이 암컷에 비하여 길며 같은 性에서는 長翅型이 短翅型보다 平均壽命이 길고 그의 變異係數는 短翅型에서 큰 傾向이 있다. 長翅型 암컷中 最高分蘗期의 것은 22.4日로 가장 길고 穗朶期의 것이 17.5日로 가장 짧았으며 短翅型 암컷에서도 비슷한 傾向이었다. 壽命의 變異係數는 最高分蘗期의 것에서 가장 작고 出穗期의 것에서 가장 컸다. 短翅型 암컷에서도 平均壽命이나 變異係數에 있어서 同 一한 傾向이었으나 穗朶期에서 變異係數가 가장 컸다.

수컷에 있어서도 翅型에 關係없이 最高分蘗期의 벼에서 生育한 것이 平均壽命이 가장 길고 變異係數가 가장 적었으며 가장 짧은 것은 長翅型에서는 乳熟期, 短翅型에서는 穗朶期의 것이었으며 變異係數는 가장 컸다.

한편 出穗直後 이삭을 除去하였을 때와 그렇지 않았을 때를 比較하여 보면 암컷의 경우 長翅型이 20.1日과 20.7日, 短翅型은 17.9日과 24.0日이고 수컷의 경우 長翅型 23.2日과 23.8日, 短翅型에서는 20.2日과

Table 1. Longevity(days) of the female brown planthopper (*Nilaparvata lugens* Stål) obtained from nymphs reared on rice plant at different growth stages.

Growth stage	Max. Tiller		Booting		Heading a		Heading b		Milking	
	M	B	M	B	M	B	M	B	M	B
Longevity	22.4	22.5	17.5	15.1	20.1	17.9	20.7	24	20.4	13.6
Min.-Max.	8-36	2-37	5-30	3-34	4-36	3-35	8-33	9-35	8-42	7-24
C.V.(%)	29.8	41.4	36.1	53.3	43.0	43.9	28.6	26.2	35.2	41.3
No. of 우 tested	30	30	30	23	30	27	30	30	29	21

M : Macropterous female

a : Panicles were not removed

B : Brachypterous female

b : Panicles were removed

Table 2. Longevity of the male brown planthopper (*N. lugens* Stål) obtained from nymphs reared on rice plant at different growth stages.

Growth stages	Max. Tiller		Booting		Heading a		Heading b		Milking	
	M	B	M	B	M	B	M	B	M	B
Wing-form										
Mean longevity (days)	26.8	27	24.4	15.8	23.2	20.2	23.8	22.5	16.3	18.5
Min.-Max.	5-44	6-42	8-33	3-33	6-39	4-33	15-38	6-37	8-32	9-23
C.V. (%)	27.3	28	22.3	52.9	32.4	40.1	21.8	40	43.9	34.8
No. of ♂ tested	29	28	25	26	24	26	28	24	23	13

M : Macropterous male

B : Brachypterous male

a : Panicles were not removed

b : Panicles were removed

Table 3. Oviposition period (days) of the brown planthopper (*N. luens* Stal) obtained from nymphs reared on rice plant at different growth stages.

Growth stages	No. of female tested		Pre-oviposition period	Oviposition period	Post-oviposition period
Max. Tiller.	M	30	2.0±1.2	19.3±6.5	1.1±1.1
	B	30	1.4±1.1	20.4±9.3	0.7±0.9
Booting	M	30	1.9±1.2	15.0±6.5	0.7±0.9
	B	23	0.9±0.9	13.3±8.4	0.9±1.2
Heading a	M	30	2.1±1.3	17.2±8.4	0.8±1.0
	B	27	2.0±1.5	14.5±8.6	1.4±1.2
Heading b	M	30	1.9±1.0	18.2±5.6	0.7±0.8
	B	30	1.6±0.8	21.5±6.1	0.9±0.9
Milking	M	29	1.9±1.0	17.3±6.9	1.2±1.8
	B	21	0.8±0.9	11.0±6.3	1.3±1.3

M : Macropterous female

B : Brachypterous female

a : Panicles were not removed

b : Panicles were removed right after heading

2.5일로 이삭 除去의 영향이 長翅型에서는 뚜렷하지 않으나 短翅型에서는 암컷에서 約 6日 수컷에서 約 2日의 차이가 있으며 수컷보다 암컷에서 이삭 除去의 영향이 顯著하다. 그리고 變異係數에 있어서도 암컷에서는 長翅型 43.0과 28.6, 短翅型에서 各各 43.9와 26.2이고 수컷의 경우 長翅型 各各 32.4와 21.8, 短翅型에서 40.1과 40.0으로 平均 壽命에 있어서의 여러가지 特徵과 같은 傾向을 나타내고 있다. 이것은 이삭의 除去가 喰害하는 벼 稈부의 壽命을 延長시키고 安定시키는 것을 뜻하는 것으로 특히 이러한 傾向이 増殖型인 短翅型에 顯著히 나타난다는 것은 이 害虫의 最近의 變生動態와 關聯 興味있는 事實이다.

末永(1963)는 第N葉(止葉), 第N-1葉, 第N-1節, 第N-2節, 第N-3節에서 飼育한 短翅型 암컷의 壽命이 各各 42.1日, 31.8日, 24.9日, 27.3日, 5.3日이라고 하고 이것은 葡萄糖의 量과 關係가 있다고 하고 稻體의

部位에 따르는 稈부의 營養分의 量的 差가 原因이라고 하였다.

한편 個體群의 増殖과 關聯하여 壽命의 內容을 살펴 보면 表 3과 같다.

表 3에서 보는 바와같이 産卵前期間은 0.8~2.1日, 産卵期間은 11.0~21.5日 産卵後期間은 0.7~1.4日 등으로 産卵期間이 壽命의 大部分을 차지하고 있으며 이것은 翅型이나 食餌植物의 條件과 密接한 關係가 있다. 産卵期間은 長翅型이 短翅型에 比하여 긴 것이 普通이며 食餌植物의 生育段階가 壽命에 미치는 영향과 産卵期間에 미치는 영향은 同一한 傾向을 나타내고 있다.

末永(1963)는 第N-1節, 第N-2節, 第N-3節, 第N-4節에서 飼育한 成虫의 産卵狀況을 調査하고 羽化後 8日前後와 20日前後에 各各 하나의 産卵極大値를 나타내는데 産卵期間은 第N-1節에서 가장 길었고 第N-4節에서 가장 짧았다고 하고 寄主植物의 含有成分과 關

Table 4. Total number of eggs oviposited by a female brown planthopper (*N. lugens* Stål) obtained nymphs from reared on rice plant at different growth stages.

Growth stages	Max. Tiller.		Booting		Heading a		Heading b		Milking	
	M	B	M	B	M	B	M	B	M	B
Mean no. of eggs per female	345.1	381.1	232.5	195	272.8	212.4	267.0	342.5	262.5	139.3
Range	10~ 627	0~ 744	6~ 444	1~ 452	1~ 546	0~ 513	46~ 532	100~ 552	68~ 462	0~ 692
C.V.(%)	45.3	56.8	46.5	83.3	53.3	83.7	48.2	38.6	42.1	120.6
No. of ♀	30	30	30	23	30	27	30	30	29	21

M : Macropterous female
a : Panicles were not removed
B : Brachypterous female
b : Panicles were removed

Table 5. The number of oviposited eggs per day per a female brown planthopper (*N. lugens* Stål) obtained nymphs from reared on rice plant at different growth stages.

Growth stages	Max. Tiller		Booting		Heading a		Heading b		Milking	
	M	B	M	B	M	B	M	B	M	B
Mean No. of eggs/day/♀	15.4	15.5	12.9	10.8	12.9	9.8	12.5	14.0	12.8	7.9
Range	1.3~ 23.5	0.7~ 24	1.2~ 21.6	0~ 22.0	0.3~ 19.3	0~ 19.3	3.3~ 22.0	7.5~ 21.8	6.0~ 18.7	0~ 28.8
C.V.(%)	28.1	43.5	32.9	57.7	32.9	69.1	34.3	21.8	27.4	96.8
No. of ♀ tested	30	30	30	23	30	27	30	30	29	21

M : Macropterous female
a : Panicles were not removed
B : Brachypterous female
b : Panicles were removed

係가 있을 것이라고 하였다.

2) 産卵數

벼의 여러 가지 生育段階에서 飼育한 成虫의 産卵數는 表 4와 같다.

産卵數는 翅型과 關係없이 最高分蘗期에서 生育한 것이 가장 많았고 乳熟期の 것에서 가장 적다.

産卵數와 關聯, 興味있는 事實은 最大産卵數를 얻은 것이 最高分蘗期고 이삭을 除去한 區에서는 短翅型이 長翅型보다 産卵數가 많은데 反하여 나머지 試驗區에서는 反對로 長翅型에서 많고 그의 變異係數가 餘他區에서 83.3~120.6으로 큰데 反하여 두 試驗區에서는 56.8과 38.6으로 적은 것이다. 그리고 同一한 處理區에서 長短翅型간의 差는 産卵數의 多少와 平行하고 있다.

表 5는 日常 雌虫産 産卵數이다.

雌虫의 日常産卵數는 總産卵數와 同一한 一般傾向을 나타내며 最高分蘗期の 것은 平均値나 變異係數에 있어서 最適條件임을 나타내고 있으며 幼穗除去區는 이에 가까운 값을 나타내고 있다.

雌虫의 日常 産卵數는 長翅型에서는 食餌植物의 條

件과 關係없이 比較的 安定되어 있는 反面 短翅型에서는 食餌植物의 生育條件에 따라 큰 差가 있다.

3) 孵化率

벼의 여러 生育段階에서 飼育 羽化한 成虫에서 얻은 알의 孵化率은 表 6과 같다.

平均 孵化率은 長翅型에서 84.1%, 短翅型에서 86.7%로 翅型에 따르는 差는 明白하지 않다. 最高分蘗期에서 얻은 孵化率은 餘他區의 그것에 比하여 7.7~14% 높고 變異係數는 컸다. 또 幼穗除去 如否는 長翅型에서 얻은 알들에서는 큰 差가 없으나 短翅型에서 얻은 알에서는 7%程度가 낮아지고 있다.

4) 若虫期間 및 若虫期 致死率

벼의 여러 生育段階에서 飼育한 成虫으로부터 얻은 第2世代 若虫의 發育期間 및 致死率은 表 7과 같다.

各處理區에서의 若虫期間에는 差가 없다. 若虫期 致死率은 最高分蘗期와 幼穗除去區에서 6%로 가장 낮고 乳熟期에서 20%로 가장 높았다. 그리고 幼穗非除去區에서는 12%로 除去區의 6%보다 높았다.

Table 6. Hatchability(%) of brown planthopper(*N. lugens* Stål) obtained from nymphs reared on rice plant at different growth stages.

Growth stages Wing-form	Max. Tiller.		Booting		Heading a		Heading b		Milking	
	M	B	M	B	M	B	M	B	M	B
Mean Hatchability	74.4	79.2	88.3	90.1	84.0	89.1	84.7	82.3	89.0	92.6
Min.-Max.	31.4~ 97.7	40.0~ 93.2	75.4~ 100	58.3~ 100	59.3~ 99.6	60.0~ 100	43.5~ 96.9	57.1~ 96.4	68.6~ 100	42.3~ 100
C.V.(%)	26.6	20.6	9.2	11.6	13.4	16.0	12.1	16.1	11.6	17.1
No. of ♀ tested	15	15	15	14	15	14	15	15	15	14

M : Macropterous female

B : Brachypterous female

a : Panicles were not removed

b : Panicles were removed

Table 7. Nymphal period and death rate of nymphs produced by brown planthopper(*N. lugens* Stal) females reared on rice plant at different growth stages.

Growth stages	Max. Tiller.	Booting	Heading a	Heading b	Milking
Nymphal period(days)	13.5±0.91	14.6±1.14	13.8±1.04	13.9±0.92	14.5±1.63
Death rate (%)	6	15	12	6	20
No. of nymphs tested	50	50	50	50	50

a : Panicles were not removed.

b : Panicles were removed.

Table 8. Average partition ratio of dry matter to leaf sheaths, root, and to ears of rice plants at various growthstages. (Selected Data from Suzuki 1975).

Varieties		Growth stage*				
		-9/-6	-6/-3	-3/0	0/3	3/6
Honenwase	Leaf sheath	43.7±5.7	49.7±3.5	63.4±4.2	20.3±17.1	16.4±23.6
	Root	19.2±8.2	14.7±3.6	4.1±5.4	2.6±9.1	7.0±11.7
	Total	62.9	64.4	67.5	22.9	9.4
	Ear			19.5±8.2	132.6±15.7	102.2±17.9
Manryo	Leaf sheath	44.8±5.6	59.3±5.1	60.4±5.4	50.2±35.4	7.8±35.6
	Root	18.7±5.4	8.5±5.6	0.9±5.1	1.9±4.9	22.4±16.2
	Total	63.5	67.8	59.5	48.3	30.2
	Ear			28.6±5.5	168.6±87.8	172.5±56.3

*0 : Heading date

Numbers are weeks before and after heading.

考 察

벼멸구의 생육에 미치는 벼 생육단계의 영향은 1차적으로는 벼의 생육상태에 따르는 벼멸구에 대한 영양분의 분과 質을 통한 것이고 2차적으로는 벼의茂盛程度에 따르는 微氣象의 變化를 통한 것이라고 생각할 수 있는데 本實驗에서와같은 풋트實驗에서는 2차적인

영향은 考慮對象에서 除外하여도 無妨하지 않을까 생각된다.

Suzuki(1977)는 벼의 생육단계에 따르는 同化物質의 葉鞘, 뿌리, 이삭 등으로 移動하는 比率에 關하여 다음 表 8과 같이 報告하고 있다.

벼의 同化物質은 出穗以前에는 大部分이 營養體로 移動하나 出穗後에는 葉鞘部에 貯藏되었던 物質과 同化物質의 大部分이 이삭으로 移動하고 있음을 알 수

있다.

벼멸구는 水面에서 約 10cm內외의 葉鞘部位에 寄生하여 吸汁加害한다. 따라서 加害部位의 含有 營養物質 動態는 벼멸구의 生理에 重要한 影響을 미칠 것으로 推測된다.

本 實驗結果를 綜合하면 벼의 生育段階가 벼멸구의 生育에 미치는 影響은 長翅型보다 短翅型에서, 短翅型에서는 수컷보다 암컷에서 큰 것을 알 수 있다. 그리고 이와같은 影響은 好條件의 順으로 보면 最高分蘖期>出穗期>乳熟期>穗朶期로 되어있는데 이러한 關係는 벼의 生育段階에 따르는 同化物質의 根部와 葉鞘 移動率의 動態와 一致하고 있다. 即 뿌리나 葉鞘로 同化物質의 移動率이 높은 生育段階에서 飼育한 벼멸구는 壽命이 길고 產卵數가 많고 孵化 若虫의 致死率이 낮아지고 있다. 이와같은 關係는 出穗直後 幼穗除去로 同化物質의 幼穗로의 移動을 除去하였을 때 壽命이 길어지고 產卵數가 增加하고 致死率이 낮아지는 事實로도 明白하다.

벼의 生育段階가 벼멸구의 生育에 미치는 影響이 短翅型이나 암컷에서 明白하다는 것은 이들의 增殖動態와 關聯하여 重要한 事實이다. 末永(1963)에 依하면 翅型에 따르는 產卵數나 產卵開始後의 產卵消長에 明白한 差는 없으나 短翅型은 產卵이 前半期에 集中하는 反面 長翅型은 後半期에 많아지는 傾向이 있다고 하였다.

短翅型이 長翅型에 比하여 벼의 生育段階에 따라 壽命이나 產卵數 등에서 變異係數가 커서 不安定하고 幼穗 除去區에서 平均値가 增大하고 變異係數가 줄어지는 것은 이러한 處理에 銳敏한 反應을 나타내는 것으로 생각되며 이 翅型이 增殖態임을 감안하였을 때 注意해야 할 일이다.

벼멸구를 가을멸구라고 하고 r -戰略害虫(r -strategic pest)이라는 一般의 特性和 關聯 初期密度는 낮으나 自體密度調節能力이 없는 害虫으로 野外에서 이 害虫의 被害는 9月以後에 明白하여지나 實際로 그 根源은 이와같은 外見上의 被害가 明白하여지기 훨씬 以前에 決定된다고 할 수 있다. 따라서 早期 飛來로 第1世代가 最高分蘖期와 一致하였을 때는 次後世代의 增殖量은 大端할 것으로 생각된다. 即 飛來後 第一世代의 寄主條件은 그 後의 發生量 潛在力에 極히 重要함을 알 수 있다. 嚴(1981)은 圃場試驗에서 7月下旬의 若虫 個體群 減少가 後期 密度形成에 重要한 意味가 있음을 推論한 바 있다.

이와 같은 個體群 增殖過程으로 보아 이 害虫의 防除 目標은 7月下旬~8月上旬의 密度를 土台로 決定되어야 하며 이때의 個體群의 密度와 年令構成은 實質의 인 被害量을 左右하는 故로 이때의 個體群 特性的 把

握은 合理的 害虫管理體系 樹立의 基礎라 하겠다.

摘 要

벼의 主要 生育段階(最高分蘖期, 穗朶期, 出穗期, 乳熟期, 出穗後幼穗除去區)에서 飼育한 成虫과 次世代 若虫의 生物學的 特性을 調査하여 다음과 같은 結果를 얻었다.

1. 長翅型 암컷 成虫의 壽命, 產卵期間 및 總產卵數는 最高分蘖期>出穗期>乳熟期>穗朶期の 順이 였고 短翅型 암컷은 幼穗除去區에서 最大値를 얻었다.

2. 各 處理區에서 얻은 卵의 孵化率, 孵化若虫의 生育期間에는 큰 差가 없었으나 若虫期 致死率은 乳熟期 飼育區에서 가장 높고 最高分蘖期과 幼穗除去區에서 가장 낮았다.

3. 수컷 成虫의 壽命은 最高分蘖期の 가이 가장 길었고 乳熟期(長翅型)과 穗朶期(短翅型)에서 가장 짧았으나 處理區間의 差는 암컷에 比하여 적었다.

4. 出穗直後 幼穗除去가 成虫의 壽命, 產卵數 其他의 生物學的 特性에 有利한 影響을 미치며 이러한 傾向이 암컷 短翅型에서 明白하다는 事實과 最高分蘖期에 飼育한 個體들이 有利하다는 것은 同化物質의 移動動態와 密接한 關係가 있다.

5. 벼멸구의 野外增殖動態와 關聯 벼의 最高分蘖期와 飛來後 第一世代와의 一致性은 極히 重要한 것으로 思料되며 7月下旬~8月上旬의 野外個體群의 密度와 年令分布는 害虫個體群 管理體系 樹立에 重要한 意味가 있을 것으로 생각된다.

引用文獻

1. Bae, S.H. and M.D. Pathak, 1970, Life history of *Nilaparvata lugens* (Homoptera: Delphacidae) and susceptibility of rice varieties to its attacks. Ann. Ent. Soc. Amer. 63(1) : 149~155.
2. Cagampang G.B., M.D. Pathak, and B.O. Juliano, 1974. Metabolic changes in the rice plant during infestation by the brown planthopper, *Nilaparvata lugens* Stål (Hemiptera: Delphacidae). Appl. Ent. Zoo, 9(3) : 174~184.
3. Chen, C.N. and C.C. Cheng, 1979. Ecological physiology of rice plants attacked by the brown planthopper. Symp. on Rice Productivity, 135~146.
4. Dyck V.A., B.C. Misra, S. Alam, C.N. Chen., C.Y. Hsieh, and R.S. Rejesus, 1979. Ecology of the brown planthopper in the tropics. Brown

- planthopper: Threat to rice production in Asia. IRRI, Los Banos, Laguna, Phillipines. 61~97.
5. Hokyo, N., M.H. Lee, and J.S. Park, 1976. Some aspects of population dynamics of rice leafhopper in Korea. Kor. J. Pl. Prot. 15(3) : 111~126.
 6. Hyun, J.S. 1981. Ecology of white back planthopper and brown planthopper: Relation between outbreak and cropping systems in Korea. Seminar pest management of rice in East Asia. ASPAC. Suweon, Korea.
 7. 玄在善, 1978, 韓國植物保護의 當面課題와 그 對策, 韓植保 17(4) : 201~215.
 3. Kiritani K. 1979. Pest management in rice. Ann. Rev. Ento. 24 : 279~312.
 9. 岸本良一, 1956. ウンカ類の翅型に関する研究 I. トビイロウンカの翅型決定に及ぼす環境要因, 特に幼虫期の飼育密度について. 應動昆 12(3) : 105~111.
 0. 岸本良一, 1957. ウンカ類の翅型に関する研究 III. ウンカ類の長翅型と短翅型における形態および生理的相違について 應動昆 1 164~173.
 1. 岸本良一, 1965, トビイロウンカにおける多型現象とそれが個體群増殖の過程で果たす役割. 四國農試 13 1~106.
 12. Kishimoto, 1977. Bionomics, forecasting of outbreaks and injury caused by the rice brown planthopper. Italic the rice brown planthopper, Taipei, ASPAC. 27~41.
 13. 久野英二, 1968, 水田に於ける稻ウンカ, ヨコバイ類個體群の動態に関する研究. 九州農試彙報. 14 (2) : 131~246.
 14. Sogawa, K. 1972. Studies on the feeding habits of the brown planthopper, III. Effects of amino acids and other compounds on the sucking response. Jap. J. appl. ent. Zool. 16(1) : 1~7.
 15. _____, 1982. The rice brown planthopper: Feeding physiology and host plant interactions. Ann. Rev. Ent. 27 : 49~93.
 16. 末永一, 1963, セジロウンカ, トビイロウンカの異常發生機構に関する生態學的研究 九州農試彙報 8 (1) : 1~152.
 17. Suzuki, M. 1975. Crop productivity and solar energy utilization in various climates in Japan. Ed Murata. JIBP, 11 : 136~144.
 18. 嚴基白, 1981. 施肥水準과 栽植距離가 벼알구增殖에 미치는 影響에 관한 研究, 碩士論文 서울大.