

벼멸구 생태형의 交雜種에 對한 水稻品種의 抵抗性에 關하여(I)

金正和·尹祥遠

KIM, JEONG-WHA AND SANG-WON YOUN : Varietal Resistance of Rice to the BPH Biotypes 1, 2, 3 and their Hybrid Progenies, *Nilaparvata lugens* Stål (I)

Korean J. Plant Prot. 26(2) : 63~69(1987)

ABSTRACT This study was performed to evaluate the resistance of three different rice cultivars to the BPH biotypes 1, 2, 3 and their hybrid progenies, *Nilaparvata lugens* STAL. The rice cultivars tested were Chucheongbyeo, Cheongcheongbyeo and Milyang 63. The following characteristics of hybrid progenies were compared with these of their parents: Seedling response, Host preference, feeding amount, Esterase polymorphism of the brown rice.

According to the responses of rice seedlings to the three BPH biotypes and their crosses progenies nymph, Chucheongbyeo was shown highly susceptible to their nymphs. The Cheongcheongbyeo was susceptible to the biotypes 2 and the Milyang 63 was susceptible to the biotype 3. The Cheongcheongbyeo and the Milyang 63 were moderate to the biotypes 2(♀)×3(♂) and 3(♀)×2(♂).

The preference in feeding and oviposition of three BPH biotypes and their hybrid progenies to Chucheongbyeo were shown higher than to another cultivars. The two preference were not only shown highly in Cheongcheongbyeo by the biotypes 2, 2(♀)×3(♂) and 3(♀)×2(♂) but also in Milyang 63 by the biotypes 3, 2(♀)×3(♂) and 3(♀)×2(♂).

The feeding amount of female adult was much on three BPH biotypes and their hybrid progenies in Chucheongbyeo and on the biotypes 2 and 3(♀)×2(♂) in Cheongcheongbyeo. On the biotypes 3 and 3(♀)×2(♂) in Milyang 63 were as same as the above.

The esterase bands of Est α -1, β -4, β -5 and β -I were detected on brown rice of all the tested cultivars. The bands of Est β -2 and α -I were detected on Cheongcheongbyeo (Bph 1 gene for resistance) and Milyang 63 (bph 2 gene for resistance). The Est β -3 and β -1 of esterase bands were detected on Chucheongbyeo.

緒 論

害虫防除의 窮極의 目標은 作物의 被害防止 또는 減少에 있으며, 그 被害는 害虫의 種類에 따라 다를뿐 아니라, 環境條件에 따라서도 달라진다.

植物體가 保有하고 있는 遺傳의 特性은 草食 昆虫의 食餌選擇에 큰 影響을 미치므로 害虫에 對한 抵抗性品種 育成活用은 化學的防除로 인해 提起되는 副作用 問題를 解消할 수 있는 綜合的 防除의 한 方便으로 큰 脚光을 받아왔다.^{4,8,15)}

害虫에 對한 作物의 抵抗性 要因을 Painter (1951)¹⁴⁾는 選好性, 抗虫性, 耐性에 起因하는 것으로 보는데, Beck(1965)¹²⁾는 選好성과 抗虫

性 만으로 限定하고 있다. 그러나 作物에 對한 昆虫의 相互反應은 行動反應과 生理的反應으로 볼 수 있으며 昆虫의 正常的인 發育을 阻害하는 要因은 作物의 生化學的, 生物物理學的 特性이 介在되어 있기 때문에 斷片的인 要因만으로는 害虫에 對한 抵抗性을 論하기는 어렵다.^{8,17)}

1962年 以來 國際米作研究所(IRRI)에서는 IR-26 等 벼멸구에 抵抗性인 品種을 育成 普及하여^{6,16)} 栽培하므로서 效果를 얻었으나 1974년부터 이들 品種을 加害하며 生存할 수 있는 集團 즉, 生態型이 出現되기 始作하여 國際米作研究所는 勿論 品種抵抗性 育種家들은 벼멸구 生態型에 큰 關心을 갖게 되었다.⁵⁾

生態型의 最初 概念은 Painter(1930)¹³⁾에 의해 報告된데서 由來되었으며 害虫의 生態型 發達樣相은 그들의 棲息處 어느곳에서나 나타나는 것인데 近來에와서 作物의 品種育種, 特히 抵抗

忠北大學校 農科大學 農生物學科. (Department of Agricultural Biology, College of Agriculture, Chungbuk National University Cheong Ju 810, Korea.)

性品種의 育種에 依하여 더욱 促進되는 傾向이 있다. 따라서 農生態系에서 昆虫自體의 能動的 適應에 依해서 새로운 生態型 出現이 促進, 多樣化될 可能性이 甚다. 特히 벼멸구와 같이 特種의 宿主植物에 局限되어 寄生하거나 그것이 環境條件이 다른 地域에 널리 分布되어 있을 때 生態型的 出現 可能性이 크게 된다.^{2,3)}

國內에서도 많은 抵抗性品種이 育成普及되고 있지만¹⁸⁾ 1980年以來 벼멸구 生態型이 南西部地域에 混合飛來하여 既存 抵抗性品種에 被害를 주고 있는 實情이다.

本 試驗은 아직 國內에서 벼멸구 生態型들의 交雜種에 對한 水稻品種抵抗性을 具體的으로 研究된 바 없고, 앞으로 벼멸구 生態型들의 多様な 混合飛來가 이루어질 可能性이 豫測되어 人爲的인 生態型交雜類形別로 各其 다른 抵抗性遺傳子를 保有한 세 品種을 宿主로 하여 그들의 加害態力을 檢討하고 水稻玄米의 Esterase isozyme을 檢出하여 防除對策의 基礎資料를 얻고자 修行하여 그 結果를 報告하고자 한다.

材料 및 方法

벼멸구 生態型 1, 2, 3은 秋晴벼, 靑靑벼密陽 63號의 幼苗를 食餌로 白熱電球(60W) 및 螢光燈(20W)을 24時間 照明한 昆虫飼育室에서 累代 飼育 하면서 아래와 같이 交雜하여 그 F을 秋晴벼로 飼育하면서 供試虫을 確保하였다.

供試水稻品種의 抵抗性遺傳子 및 母本은 다음과 같다.

幼苗의 抵抗性反應은 育苗箱에 범씨를 完全任

벼멸구 生態型別 交雜類型

生態型 交雜		記 號
(우)	(♂)	
生態型 1	× 生態型 1	A
生態型 1	× 生態型 2	B
生態型 1	× 生態型 3	C
生態型 2	× 生態型 1	D
生態型 2	× 生態型 2	E
生態型 2	× 生態型 3	F
生態型 3	× 生態型 1	G
生態型 3	× 生態型 2	H
生態型 3	× 生態型 3	I

供試品種	抵抗性遺傳子	遺傳子母體
秋 晴 벼	None	—
靑 靑 벼	Bph 1	Mudgo
密 陽 63 號	bph 2	ASD-7

意配置法 三反復으로 條播하고 1葉期때에 3~4 齡 若虫을 苗當 4마리씩 接種하고 秋晴벼 幼苗가 完全히 枯死되는 時期에 IRTP (1978)⁷⁾ 基準으로 被害度를 調査하였다.

食餌選好性은 小型팟트에 播種後 60日된 密陽 63號와 靑靑벼 各 1本과 秋晴 벼 1本씩을 짝지어 移秧하고 3齡若虫 15마리씩을 接種한 後 24, 48, 72時間에 調査하였으며, 產卵選好性은 食餌選好性 調査와 같은 裝置에 成虫 5雙씩 接種하고 72時間 後에 調査하였다.

攝食量은 팟트에 60日苗 1本씩을 移秧하고 甘露排泄量測定裝置에 1時間 絶食시킨 암컷 成虫 5마리씩을 24時間 接種한 後 bromocresol green

Table 1. Different reaction of rice seedlings to feeding by the BPH Biotypes 1, 2, 3 and their hybrid progenies, *Nilaparvata Ingens* STÅL

Biotype cross	Variety rating of reaction		
	Chucheongbyeo	Cheongcheongbyeo	Milyang 63
1 ×	1 (A)	S (8.8)	R (2.8)
	2 (B)	S (8.5)	R (2.4)
	3 (C)	S (7.6)	R (1.7)
2 ×	1 (D)	S (8.2)	R (2.3)
	2 (E)	S (8.3)	R (2.2)
	3 (F)	S (7.6)	M (4.6)
3 ×	1 (G)	S (7.5)	R (1.8)
	2 (H)	S (8.2)	M (5.0)
	3 (I)	S (8.2)	R (2.5)

과 ninhydrin染色法으로 測定(mm²)하였다.

玄米의 esterase isozyme은 Ohba方法⁹⁾으로 檢出하여 各 品種間의 泳動帶를 比較하였다.

結果 및 考案

幼苗의 抵抗力反應 秋晴벼는 生態型 交雜種에 感受性反應을 나타냈으며, 靑靑벼는 E에 密陽63號는 I에 感受性反應을보였고, F와 거는 中間性反應을 나타냈으며, A, D, G는 抵抗力反應을 나타냈다. 이와같은 反應變化는 벼멸구 生態型이 水稻抵抗力遺傳子와의 相互作用에 依하여 出現된다는 理論과 一致하며¹¹⁾ 生態型間의

遺傳的 特性이 다른 것으로 생각된다.

選好性 食餌選好性은 表 2와 같이 生態型 交雜種 모두 秋晴벼에서 높은 選好性을 나타냈다. E는 靑靑벼에서 높은 選好性을 보였으며, A, B, C, D, G는 時間이 經過함에 따라 낮아지는 傾向을 보였고, 密陽63號에는 I가 높은 選好性을 보였고 A, B, C, D, G는 時間이 經過함에 따라 漸次的으로 낮아지는 傾向을 나타냈다. 또한 F, H는 靑靑벼와 密陽 63號에서 若干의 差異는 있으나 서서히 選好度가 낮아졌다. 產卵選好性은 生態型 交雜種 모두 秋晴벼에서 若干의 差異는 있으나 같은 程度의 選好率을 보였다.

Table 2. Feeding preference(%) of the BPH Biotypes 1,2,3 and their hybrid progenies between a test varieties and Chucheongbyeo in a cylindrical tube

Biotype cross	Feeding preference (%)							
	Hours after infestation							
	0hrs.	24hrs.		48hrs.		72hrs.		
	Chu. ^a	Chu.	Chu.	Chu.	Chu.	Chu.	Chu.	Chu.
1 ×	1 (A)	52.3	47.7	50.0	50.0	50.0	50.0	50.0
	2 (B)	44.2	55.8	55.3	44.7	57.8	42.2	46.4
	3 (C)	53.5	46.5	52.5	47.5	51.1	48.9	46.7
2 ×	1 (D)	56.8	43.2	56.1	43.9	51.1	48.9	51.1
	2 (E)	47.7	52.3	43.2	56.8	42.8	57.2	45.2
	3 (F)	41.5	58.5	41.9	58.1	41.9	58.1	41.9
3 ×	1 (G)	51.6	48.4	53.8	46.2	54.8	45.2	55.6
	2 (H)	53.3	46.7	47.5	52.5	46.5	53.5	52.3
	3 (I)	54.8	45.2	52.4	47.6	61.9	38.1	56.1
	C.C. ^a	Chu.	C.C	Chu.	C.C.	Chu.	C.C.	Chu.
1 ×	1 (A)	55.8	44.2	37.7	62.3	31.1abc	68.9	20.5abc
	2 (B)	46.6	53.4	20.9	79.1	13.9c	86.1	9.0c
	3 (C)	58.1	41.9	31.1	68.9	13.6c	86.4	4.4c
2 ×	1 (D)	50.0	5.0	5.0	5.0	40.0ab	60.0	28.9ab
	2 (E)	48.7	51.3	46.4	53.6	50.0a	50.0	53.5d
	3 (F)	44.2	55.8	41.8	58.2	37.2abc	62.8	31.1a
3 ×	1 (G)	34.5	65.5	35.5	64.5	36.8abc	63.2	26.3abc
	2 (H)	42.4	57.6	52.8	47.2	41.5ab	58.5	32.0ab
	3 (I)	31.0	69.0	36.8	63.2	28.9bc	71.1	13.9bc
	M63 ^a	Chu.	M63	Chu.	M63	Chu.	M63	Chu.
1 ×	1 (A)	58.9	41.1	20.5	79.5	22.7	77.3	8.9c ^b
	2 (B)	51.2	48.8	28.5	71.5	24.4	75.6	20.5abc
	3 (C)	65.9	34.1	34.1	65.9	22.5	77.5	12.2bc
2 ×	1 (D)	53.5	46.5	25.0	75.0	8.9	91.1	6.7c
	2 (E)	51.2	48.8	34.8	65.2	30.2	69.8	22.2abc
	3 (F)	44.7	55.3	28.5	71.5	31.2	68.8	30.2abc
2 ×	1 (G)	58.6	41.4	45.2	54.8	35.5	64.5	12.8bc
	2 (H)	72.2	27.8	58.1	41.9	54.5	45.5	51.2a
	3 (I)	50.0	50.0	52.8	47.2	56.8	43.2	55.9ab

^a Chu.: Chucheongbyeo, C.C.: Cheongcheongbyeo, M63: Milyang 63.

^b In each group of the populations, the values followed by a common are not significantly different at the 1% level (DMRT).

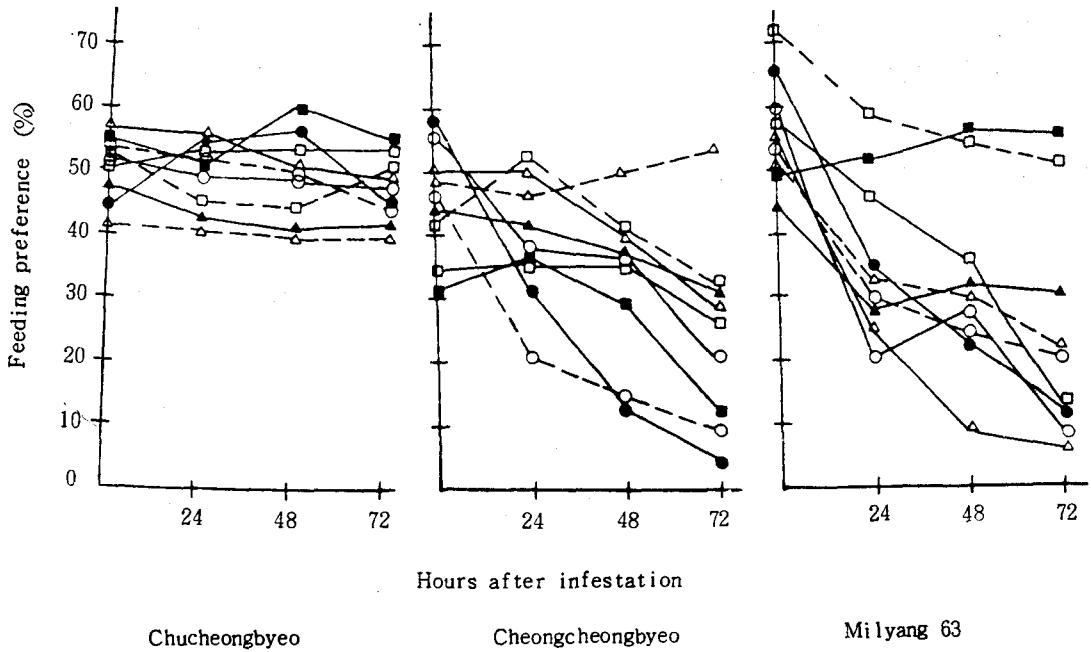


Fig 1. Changes in feeding preference of the BPH Biotypes 1,2,3 and their hybrid progenies between a test variety and Chucheongbyeo in a cylindrical tube.

(A; ○—○, B; ○—○, C; ●—●, D; △—△, E; △—△, F; ▲—▲, G; □—□, H; □—□, I; ■—■)

E는 靑靑벼에서 I는 密陽63號에서 높은 選好率을 보였으며, 靑靑벼와 密陽63號에서 F와 G는 같은 程度이었고 그 外의 交雜種은 낮았다. 以上의 結果로 보아 宮虫과 作物間에 일어나는 相互作用의 第一段階는 選好性부터 이루어진다는 理論을 立證하여주며¹⁹⁾ 벼멸구 生態型에 따라 食餌 및 產卵選好에 作用되는 主要因은 虫自身이 保有한 特性과 植物體의 構成分中 虫이 利用할 수 있는 榮養物質의 種類와 그 含量에 左右되는 바, 生態型 交雜種類型에 따라 選好率에 相以性을 보이는 것은 벼멸구 生態型的 遺傳的特性이 水稻抵抗性和 關係가 깊은 것으로 생각된다.

攝食量 Bromocresol green 및 ninhydrin染色法에 依해 調査한 甘露排泄量은 秋晴벼에서 生態型 交雜種 모두 若干의 差異는 있으나 量이 많았고, 靑靑벼에는 E, 密陽63號에는 I가 顯著히 많았다. 金(1983)⁸⁾에 의하면 品種에 따라

벼멸구排泄量의 差異가 있다고 하였으며, 生態型 交雜種類型間에 甘露量의 差異는 벼멸구 生態型間의 特性이 다른것에 의해 나타나는 結果라고 생각되어 진다.

玄米의 esterase isozyme : 玄米의 esterase isozyme을 檢出한 結果 그림 2와 같이 Est α-1, β-4, β-5와 陰極方向에서 Est β-1泳動帶는 各品種에서 檢出 되었고 抵抗性遺傳子를 保有하지 않은 秋晴벼에서는 Est β-3와 弱한 Est β-1, 抵抗性遺傳子를 保有한 品種에서는 Est β-2, 陰極方向에서 Est α-1가 檢出되었다. 또한 靑靑벼에서는 Est β-5가 弱하게 나타났으며 Kim(1985)¹⁰⁾의 報告와 一致 하였다.

本 實驗은 벼멸구 生態型的 多世代 交雜에 依한 多樣한 遺傳的 實驗의 一端으로 于先 水稻品種에 따른 生態型別 交雜 F₁의 虫質을 究明한 것으로서 앞으로 벼멸구 生態型에 對한 研究에 基本資料로 活用이 期待된다.

Table 3. Ovipositional preference of the BPH Biotypes 1, 2, 3 and their hybrid progenies between a test varieties and Chucheongbyeo in a cylindrical tube

Variety	Biotype cross	Ovipositional preference (%)					
		Tot. No. eggs counted		Ave. eggs perseedling		Preference ratio	
		Chu.*	Chu.	Chu.	Chu.	Chu.	Chu.
Chucheong byeo	1 × 1 : A 2 : B 3 : C	386	335	128.7	111.7	53.5	46.5
		286	297	95.3	99.0	49.0	51.0
		313	416	104.3	138.7	42.9	57.1
	2 × 1 : D 2 : E 3 : F	327	351	109.0	117.0	48.2	51.8
		418	397	139.3	132.3	51.3	48.7
		346	377	115.3	125.7	47.9	52.1
	3 × 1 : G 2 : H 3 : I	406	389	135.3	129.7	51.1	48.9
		365	386	121.7	128.7	48.6	51.4
		376	294	125.3	131.3	56.1	43.9
Cheongcheong byeo	1 × 1 : A 2 : B 3 : C	C.C.*	Chu.	C.C.	Chu.	C.C.	Chu.
		87	264	29.0bcd ^b	88.0	24.8	75.2
		42	317	14.0d	105.7	11.7	88.3
	2 × 1 : D 2 : E 3 : F	21	295	7.0d	98.3	6.6	93.4
		28	274	9.3d	91.3	9.3	90.7
		308	316	102.7a	105.3	49.4	50.6
	3 × 1 : G 2 : H 3 : I	192	258	64.0abb	86.0	42.7	57.3
		83	320	27.7bcd	106.7	20.6	79.4
		211	301	70.3ab	100.3	41.2	58.8
Milyang 63	1 × 1 : A 2 : B 3 : C	81	246	27.0cd	82.0	24.8	75.2
		M63 ^c	Chu.	M63	Chu.	M63	Chu.
		87	274	29.0b ^a	91.3	24.1	75.9
	2 × 1 : D 2 : E 3 : F	106	316	35.3b	105.3	25.1	74.9
		98	291	32.7b	97.0	25.2	74.8
		73	173	24.3b	57.7	29.7	70.3
	3 × 1 : G 2 : H 3 : I	87	248	29.0b	82.7	26.0	74.0
		233	269	77.7ab	98.7	46.4	53.6
		117	307	39.0b	10.23	27.6	72.4
	251	327	83.7ab	109.0	43.4	56.6	
	345	287	115.0a	95.7	54.6	45.4	

*Chu.: Chucheangbyeo, C.C.: Cheongcheongbyeo, M63: Milyang 63.

^b In each group of the populations, the values followed by a common are not significantly different at the 1% (DMRT).

Table 4. Feeding activity of the female adults (5 pairs per plant) of the BPH Bioypes 1, 2, 3 and their hybrid progenies infested for 24 hours (by Bromocresol green staining method)

Biotype cross	Honeydew amount (mm ³)		
	Chucheongbyeo	Cheongcheongbyeo	Milyang 63
1 × 1 (A) 2 (B) 3 (C)	829.0a ^c	57.7ab ^b	26.3a ^b
	657.7b	52.2ab	16.7a
	720.0ab	56.3ab	40.0a
2 × 1 (D) 2 (E) 3 (F)	741.3ab	28.6b	85.6a
	629.0b	730.4d	75.0a
	828.7a	123.7a	107.0a
3 × 1 (G) 2 (H) 3 (I)	706.0b	98.0ab	91.7a
	712.0ab	226.3c	307.3b
	653.0b	98.0ab	855.7c

^a In each group of the populations, the values followed by a common are not significantly different at 5% level (DMRT).

^b In each group of the populations, the values followed by a common are not significantly different at 1% level (DMRT).

Table 5. Feeding activity of the female adults (5 pairs per plant) of the BPH Biotypes 1, 2, 3 and their hybrid progenies infested for 24 hours (by Ninhydrin staining method)

Biotype cross	Honeydew amount (mm ³)		
	Chucheongbyeo	Cheongcheongbyeo	Milyang 63
1 × 1 (A)	1205.5	84.3a ^a	25.7b ^a
	1003.0	81.6a	20.3b
	986.8	72.4a	38.0b
2 × 2 (E)	992.4	36.4a	92.4ab
	1150.3	977.6b	78.9ab
	975.6	147.7a	168.0a
3 × 3 (I)	1105.3	92.0a	96.0ab
	1066.4	162.4a	280.8c
	1040.7	83.0a	890.6d

^aIn each group of the populations, the values followed by a common are not significantly different at 1% level (DMRT).

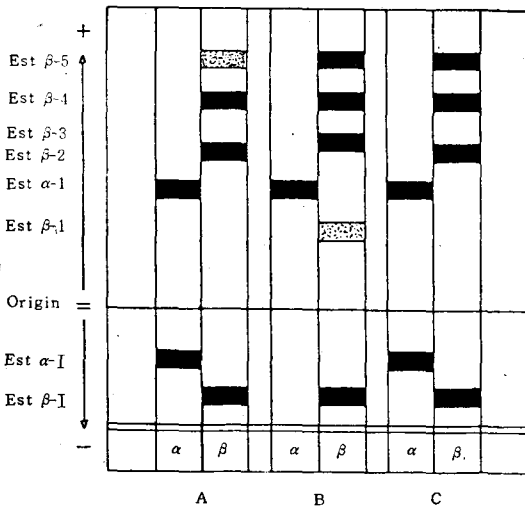


Fig. 2. Esterase isozyme of brown rice of the different varieties (A; Cheongcheongbyeo, B; Chucheongbyeo, C; Milyang 63)

摘 要

幼苗의 抵抗力反應은 秋晴벼가 生態型交雜種 모두에 感受성이었고, 青青벼는 生産型 2(♀)×2(♂), 密陽63號는 生態型3(♀)×3(♂)에 感受성이었다. 青青벼와 密陽63號는 生態型2(♀)×3(♂)과 3(♀)×2(♂)우에 中間성이었다.

食餌 및 産卵選好性은 秋晴벼에서 生態型 交雜種 모두 높은 選好率을 보였고, 青青벼에는 生態型 2(♀)×2(♂), 2(♀)×3(♂) 3(♀)×2(♂),

密陽63號에는 生態型 3(♀)×3(♂), 2(♀)×3(♂), 3(♀)×2(♂)이 높은 選好率을 나타냈다.

모든 生態型 交雜種의 攝食量은 秋晴벼에서 많았으며, 青青벼에는 生態型 2(♂)×2(♂), 3(♀)×2(♂), 密陽63號에는 生態型3(♂)×3(♂), 3(♀)×2(♂)의 攝食量이 많았다.

LITERATURES CITED

1. Beck, S.E. 1965. Resistance of Plante to Insects. Ann. Rev. Entomol.10 : 207~232.
2. Dethier, V.G. 1954. Evolution of Feeding Preference in Phytophagous Insects. Evolution. 8 : 38~54.
3. Feure, R. 1976. Biotype II Brown Planthopper in the Philippines. IRRN 1 : 15.
4. Hyun, J.S. 1978. Problems and Prospect of Plant Protection Technology in Korea. Korean J. Plant Prot. 17(4) : 201~215.
5. IRRI (International Rice Research Institute). 1974. Genetic Evaluation and Utilization (GEU) Program Insect Resistance. Ann. Report for 1974, Los Banos, Laguna, Philippines : 86~91.
6. IRRI (International Rice Research Institute). 1977. Control and Management of Rice Pest Insects. Ann. Report for 1977. Los Banos, Laguna Philippines, p.195~226.

7. IRTP (International Rice Testing Program). 1978. Final Report of the third International Rice Brown Planthopper Nursery (IRBPHN-1977). IRRI. 15.
8. Kim, J.W. 1983. Studies on the Mechanism of Varietal Resistance of Rice to the Brown Planthopper (*Nilaparvata lugens* STAL). Thesis for the Degree of Ph.D. p.27. The Graduate to School of Chungnam University.
9. Kim, J.W. 1975. Polymorphism of the Esterase Isozyme in Natural Population of *Drosophila virilis*. Master Thesis. The Graduate to School of Chungang University. p.23.
10. Kim, D.H. 1985. Studies on the Varietal Resistance of Rice Plant to Biotypes of the Brown Planthopper, *Nilaparvata lugens* STAL. Thesis for the Degree of Master. p.36. The Graduate to School of Chungbuk National University.
11. Lee, H.R. 1980. Studies on the Artificial induction of Biotypes in the Brown planthopper, *Nilaparvata lugens* STAL, on the resistance varieties and their biological characteristics. Master thesis. p.60.
12. Maxwell, F.G. and Jennings, P.R. 1980. Breeding Plants Resistant to Insects. Wile Interscience Pub. Jone Wiley and New York, p.683.
13. Painter, R.L. 1930. The Biological Strains of Hessian fly. J. Econ, Entomol. 23 : 322~328.
14. Painter, R.H. 1951. Insect Resistance in Crop Plants. Machmillan Co. New York. p.520.
15. Pathak, M.D. and R.C. Saxena. 1976. Insect Resistance in Plant. Current Advances in Plant Sci. 8 : 1232~1252.
16. Pathak, M.D. and G.S. Kush. 1979. Studies of Varietal Resistance in Rice to the Brown Planthopper at the International Rice Research Institute, In Asia. Los Banos, Laguna Philippines : 218~301.
17. Russel, G.E. 1978. Plant breeding for Pest and Disease Resistance. Billing and Sans Ltd. Guilford and London. p.293~324.
18. Song, Y.H., S.Y. Choi and J.S. Park. 1972. Studies on the resistance of Tongil varietal (IR667) to brown planthopper (*Nilaparvata lugens* STAL) Korean J. Plant Prot. 11(2) : 61~68.
19. Sogawa, K.G. 1982. Studies on the Host Resistance Breaking Biotypes of the Brown Planthopper; *Nilaparvata lugens* STAL (Homoptera: Delphacidae). Technical Bull of the Tropical Agriculture Research Center, No.15 : p.55.