한국식물보호학회지 : 제22권 제 4 호
Korean J. Plant Prot. 22(4) : 244~250(1981)

벼의 生育段階別 벼멸구 被害가 收量에 미치는 影響

李 俊 浩*·玄 在 善*

The Yield Loss Due to the Brown Planthopper, *Nilaparvata lugens* Stål, in Rrelation to the Growth Stages of the Rice.

Joon Ho Lee*. Jai Sun Hyun*

ABSTRACT

This study was carried out to analyse the damage due to the brown planthopper, *Nilaparvata lugens* Stål, at different stages(maximum tillering, booting, heading, and milking) of rice. The results are as follows:

The population density of the migrating and the first generations of the brown planthoppers seemed not to be large enough to cause significant effects on the plant height and the number of tillers, while the second and the third generations caused significant reduction in 1000 grain weight(Y1) and the filled grain percentage(Y_2). They were very closely related to the population density(X) of the second generation of the BPH;

$$Y1(g) = 25.602 - 0.0213X (r = -0.5205^{**})$$

$$Y2(\%) = 76.97 - 0.1370X (r = -0.4820^{**})$$

The relationship between rice yield(Yg) and the accumulated total density(X) of BPH per hill by the time of harvesl;

$$Y(g) = 24.694 - 0.0576X (r = -0.6959^{**})$$

Since the source of the outbreak BPH is the first generation, it may conclude that the detailed information on the population status of the first generation; density, age components, ratio of the brachypterous form, are very important in relation to management of the pest.

緖 論

害虫防除의 目的은 害虫에 依한 經濟的損失의 防止에 있으며 合理的 害虫管理體系는 害虫에 依한 經濟的 被害許容水準을 土臺로 害虫個體群密度抑制 要因의 體系的이고 統一性있는 調和를 前提로 樹立되어야 한다. 害虫에 依한 經濟的 損失이란 作物의 經濟性, 害虫의 種類, 密度, 加害時期, 作物의 生育狀態, 기타 여러가지 要因의 影響을 받는다. 그러나 어떤 作物에 對한 特定 害虫의 被害의 實體는 害虫과 寄主植物間의 相互作用으로 結果되는 生態學的 具現이다(Bardner等 1974, Chiang 1973).

即 害虫의 密度는 加害量을 通하여 作物의 生育에 影響을 미쳐 收量減少나 品質低下를 招來하는 反面 (Cagampang等 1974, Mita 1959, Sogawa 1971, 1972)

*서울大學校 農科大學 農生物學科(Department of Agricultural Biology, College of Agriculture, Seoul National University, Suweon, Korea)

作物은 害虫에게 營養을 通하여 生理的 影響을 미치며 生長에 따르는 微氣象의 變化와 같은 間接的인 影響을 通하여 害虫의 密度에 影響을 미치게 된다. (Kiritani 1979, Sogawa 1982, Uhm, 1981)

벼멸구(*Nilaparvata lugens* Stål)는 最近 多收性品種의 育成普及 그리고 그에 따른 耕種技術의 變遷에 따라 아시아 水稻栽培地域에서 大發生의 頻度나 發生量이 모두 크게 增大되어 가장 重要한 水稻害虫으로서 米穀生産의 큰 威脅이 되고 있다. (Hyun 1978, 1981, Kiritani 1979, Kisimoto 1977, Mochida, 1977).

이 害虫은 增殖力이 크고 世代數가 많으며 適應力이 커서 所謂 r-strategic pest의 一種으로 突發的이고 自體調節作用이 거의 없고 그의 密度는 生物的 要素보다는 生物外的 要因에 依하여 調節된다(Kiritani 1979).

따라서 本 害虫에 對한 防除對策은 密度增加의 本質的 動態를 把握하고 被害와 가장 密接한 關係가 있는 時期 또는 生育段階에 對한 情報와 이 時點에서의 決定的 抑制效果를 지닌 防除手段의 適用이 重要하다.

本 硏究는 自然條件下에서 벼멸구가 增殖하였을 때 벼의 어떤 生育段階의 被害가 收量減少에 있어서 가장 重要한가를 調査하여 앞으로의 벼멸구 방제전략수립에 필요한 資料를 얻고자 실험을 수행하였다.

本硏究 遂行에 圃場, 기타의 試驗材料를 提供하고 많은 助言을 아끼지 않은 農村振興廳 昆虫科 朴重秀 科長님과 試驗遂行中에 많은 도움을 준 同科職員 여러분의 勞苦에 깊은 感謝를 드립니다.

材料 및 方法

供試品種은 豊增벼(이리 346號)였고, 接種벼멸구는 農技硏昆虫飼育室에서 累代飼育中인 것을 利用하였으며 實驗은 1981, 1982, 2年에 걸쳐 實施하였다.

4월 10일 播種하여 保溫折衷式으로 育苗하여 5월 20일 3.3m²當 72株를 移秧하고 殺虫劑處理를 除外한 圃場管理는 標準耕種法에 準하였다. 接種은 벼멸구 飛來時期인 6月下旬('81年 : 6月 20日, '82年 : 6月 23日)에 長翅型 우♀를 區의 中央株에 接種('81年 : 1雙, '82年 : 3雙)하였고 區當 株數는 240株였으며 '81年은 10反復, '82年은 5反復으로 했다.

處理는 벼의 主要生育段階를 基準으로 6個時期에 殺虫劑 BPMC(2-*Sec*-Butyl phenyl methyl carbamate)乳劑를 撒布하여 벼멸구를 除去하고 한번 處理된 區는 殺虫劑를 反復 處理하여 벼멸구의 加害를 防止하였다.

處理時期와 最初 殺虫劑 撒布날자는 다음과 같다.

處理時期	1981	1982
1. 最高 分蘖期 防除	7月 10日	7月 4日
2. 穗朶期 防除	7月 30日	7月 30日
3. 出穗期 防除	8月 15日	8月 9日
4. 乳熟期 防除	8月 30日	8月 29日
5. 虫接種 無防除		
6. 虫無接種 防除	7月 10日	7月 4日

虫密度調査는 接種株를 中心으로 四方 25株를 全區에 걸쳐서 虫接種後 1週間隔으로 株別로 成虫과 若虫을 육안實數調査하였으며 最初 殺虫劑撒布直前에도 調査하여 密度 變動狀況을 把握하고 그 後에는 收穫直前까지 계속 실시했다. 若虫은 3齡이상만 調査하였으며 成虫은 翅型을 區分하였다. 벼의 生育調査는 草長과 莖數를 調査했으며 收量調査는 '81年에는 接種株를 中心으로 區當 100株씩 收穫하여 正租重을 調査했고 '82年에는 接種株를 中心으로 區當 25株씩 收穫하여 이삭

Table 1. Change in density of the brown planthopper per hill in 1981.

	Jul. 13	Jul. 30	Aug. 15	Aug. 22	Aug. 30	Sep. 5	Sep. 14	Sep. 21	Sep. 28
Nymphs	0.04	0.11	13.41	9.62	3.40	1.27	0.14	21.87	36.27
Adults	0.02	0.1	0.44	1.6	1.85	0.73	0.34	0.09	0.09
Total	0.06	0.22	13.85	11.22	5.25	2.0	0.48	21.96	36.36

Table 2. Change in density of the brown planthopper per hill in 1982.

	Jun. 30	Jul. 21	Jul. 27	Aug. 9	Aug. 18	Aug. 29	Sep. 8	Sep. 15	Sep. 22
Nymphs	0	0.9	0.1	0.02	10.7	6.9	3.9	4.7	25.8
Adults	0.03	0	0.4	0.3	0.3	6.0	3.2	1.1	0.1
Total	0.03	0.9	0.5	0.32	11.0	12.9	7.1	5.8	25.9

數, 粒數 이삭, 登熟率, 1,000粒重을 調査했다.

結果 및 考察

1) 벼멸구 個體群의 經時的 變動 概況

表 1, 과 2는 殺虫劑 無處理 接種區에서의 벼멸구 個體群 密度의 經時的 變動狀況이다.

表에서 보는 바와 같이 兩年度에 있어서 2回의 最高密度期가 있어 大體로 3世代를 經過하였음을 알 수 있다. 1981年에는 最高密度期가 第2世代는 8月中旬 第3世代는 9月下旬이였으나 1982年에는 8月下旬과 9月下旬으로 1981年이 1982年보다 빨랐으며 그 密度도 높았다.

이와같이 1982年에 個體群密度 形成이 늦어지고 最高密度가 낮은 原因으로는 1982年 7月中의 平均氣溫이 1981年에 比하여 約 2°C 낮았고 平均 日較差가 3.1°C 程度 낮아 初期 個體群 密度形成에 不利하였고 이것이 늦어짐에 따라 後期密度增殖率이 낮아진 것으로 推測된다.

그림 1은 對照區에서의 短翅型 出現率이다.

兩年度에 있어서의 短翅型 出現率의 傾向은 差가 없다. 即 第2世代에 있어서는 거의 全部가 短翅型이고 第3~4世代에서 長翅型 出現率이 增加하고 있다. 特히

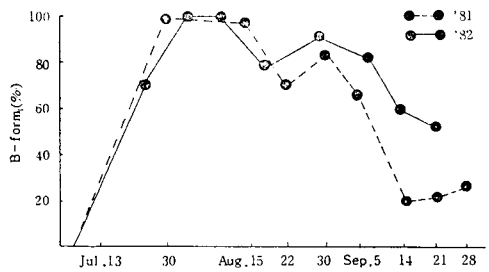


Fig. 1. Seasonal trends of the brachypterous(B) from of the brown planthopper in the paddy fields.

9月下旬에 있어서는 大部分이 長翅型이다. 이와 같은 趨勢는 氣溫의 低下, 寄主植物의 老化, 密度의 增加 其他 環境條件이 不利할 때에 일어나는 一般的인 適應現象이다.

2) 벼멸구 加害가 收質에 미치는 영향

表 3과 4는 接種後 벼의 主要生育段階에서 人爲的으로 벼멸구를 除去하였을 때의 生育에 미치는 영향이다

표에 보는 바와 같이 草丈이나 分蘖數에 있어서 處理間에는 差가 없다. 이것은 前述한 바와 같이 벼멸구의 密度가 낮았던 것과 우리나라와 같이 벼멸구의 密度가 營養生長이 거의 完了한 後에 形成되는 地方에서

Table 3. Plant height(cm) and number of tillers per hill of rice plants under different treatments in 1981

Observed date		Max. Tillering	Booting	Heading	Milking	Untreated	Control
Jun. 27	Plant height	41.1	43.1	42.0	42.0	42.6	41.3
	No. of tillers	19.9	19.5	18.4	19.7	18.6	18.6
July. 14	Plant height	64.3	64.1	63.1	64.4	63.8	65.5
	No. of tillers	24.0	22.7	22.9	22.2	22.2	23.5
July. 30	Plant height	74.9	74.5	74.8	76.1	75.0	76.1
	No. of tillers	20.6	20.2	20.3	20.9	20.9	20.9

Table 4. Plant height(cm) and number of tillers per hill of rice plants under different treatment in 1982.

Observed dates		Max. Tillering	Booting	Heading	Milking	Untreated	Control
Jun. 13	Plant height	31.9	30.8	30.7	32.4	31.5	31.5
	No. of tillers	7.2	7.4	7.1	9.0	8.3	8.2
July 3	Plant height	52.6	53.0	53.0	54.3	51.4	52.1
	No. of tillers	19.7	21.5	22.1	23.3	22.7	20.7
July 14	Plant height	60.8	60.6	60.5	61.6	59.2	59.8
	No. of tillers	18.6	18.4	19.0	19.4	18.1	18.3
Aug. 1	Plant height	74.3	74.1	73.0	75.1	72.0	73.5
	No. of tillers	13.7	14.8	15.6	14.5	13.5	13.8

Fig. 2. Comparison of the rice yield and BPH density under the different treatments in 1981

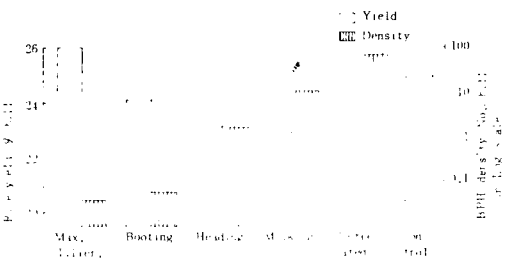


Fig. 3. Comparison of the rice yield and BPH density under the different treatments in 1982

의 一般的인 現象이라고 볼수 있겠다. Chen等(1978)은 營養生長期間中에 벼멸구의 加害가 있을 때에는 草長이나 有效分蘖數가 減少하며 株當 40마리 程度가 그의 限界水準이라고 하였는데 우리나라에 있어서는 特別한 경우를 除外하면 營養生長期에 이와같은 水準의 密度形成은 없을 것이라 생각된다.

그림 2과 3은 兩年度의 處理區間 收量이다.

兩年度에 共通된 特性은 穗朶期以前의 벼멸구의 被害는 明白하지 않으며 이러한 特性은 우리나라에서의 一般的 傾向이라고 생각된다. 即 우리나라에서 穗朶期까지의 벼멸구 密度는 그리 큰 것이 못되며 그 以後의 密度가 問題가 된다. 勿論 이때까지의 密度는 그 以後 密度增加의 根源이라는 點에서 重要한 意義가 있다.

表 5는 各處理區에서의 收量構成要素別成績이다.

表에서 보는 바와 같이 株當穗數나 穗當粒數에는 處理間에 差가 없으나 登熟率이나 千粒重에서는 後期 處理區에서 減少하고 있어 乳熟期까지 防除가 늦어지면 明白한 差가 있음을 알 수 있다. Chen等(1978)도 乳熟期까지의 被害가 1000粒重이나 登熟率의 減少로 나타난다고 하고 被害의 深刻性은 穗朶期, 分蘖期, 乳熟期의 順이라고 하였다. Kishimoto(1978)는 出穗後 枯死時期에 따르는 收量을 報告한 바 있으며 朴等(1975)은 7月 10日까지 株當 1隻式을 接種한 區에서는 100%의 收量減少가 있었음을 報告한바 있다.

Table 5. Comparison of rice yield components among the different treatments in 1982.

	Mat. Tillering	Booting	Heading	Milking	Untreated	Control
Panicles/hill	12.5	12.5	12.3	12.5	11.5	12.1
No. grains/panicle	103.2	98.1	99.8	103.5	100.3	100.5
Filled grain(%)	78.2a	76.6a	75.5a	71.1b	71.2b	80.0a
1000-grain(g)	25.8	25.9	25.1	24.8	25.0	25.6

1. Means followed by same letter are not significantly different at 5% level according to Duncan's multiful range test.

한편 穗數는 有效分蘖數에 依하여 決定되는 것이며 穗當粒數는 出穗期까지의 加害에 依한 것이며 千粒重이나 登熟率은 大體로 出穗期 以後의 加害을 反影하는 것으로 생각해야 한다. 따라서 이들에 對한 벼멸구 密度의 影響은 이러한 點이 考慮되여야 할 것이다.

各實驗區에서의 벼멸구 個體群을 世代別로 區分하고 그와 收量 構成要素間의 關係를 調査한 것이 그림, 4, 5, 6, 7, 8등이다. 여기서 世代間 區分은 Kuno(1968)의 有效積算溫度를 利用한 世代 區分法을 利用하였고 接種世代를 G_0, 그後의 世代를 G_1, G_2, G_3등으로 하였다.

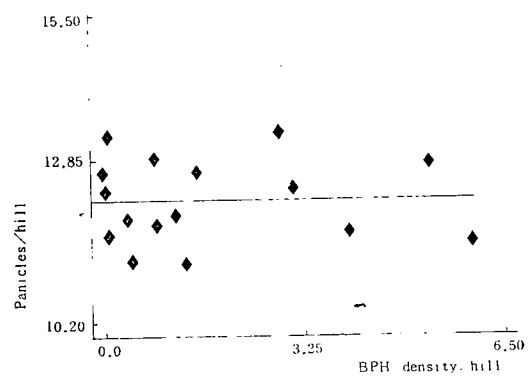


Fig. 4. Relation between the(G-0+G-1) population density of BPH and the panicles/hill.

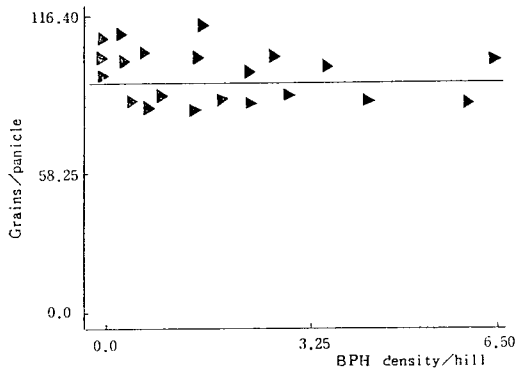
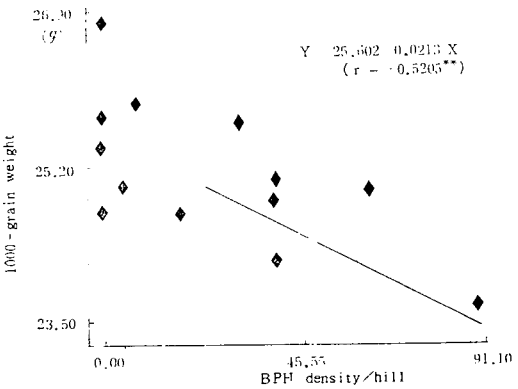


Fig. 5. Relation between the(G0-+G-1) population density of BPH and the grains/panicle.



Eg. 6. Relation between the G-2 population density of BPH and the 1000-grain weight.

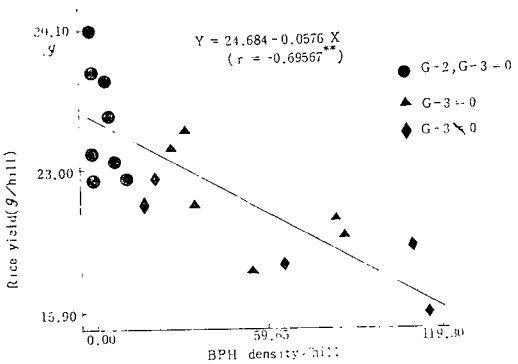


Fig. 7. Relation between the(G-2+G-3) population density of BPH and the 1000-grain weight.

그림 4와 5는 G_0, G_1 兩世代 密度와 株當穗數 및 穗當粒數와의 關係로 第1世代까지의 密度로는 有效分蘖數나 穗朶期의 粒數形成에는 影響은 받지 않음을 알 수 있다.

그림 6은 G_2世代 密度와 千粒重과의 關係이며 그림 7은 G_2+G_3世代 密度와 千粒重과의 關係이다.

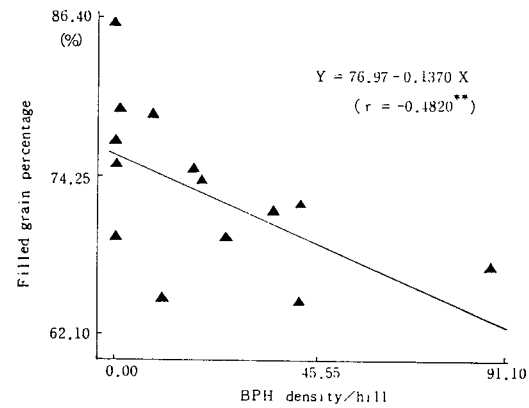


Fig. 8. Relation between the G-2 population density of BPH and the filled grain percentage.

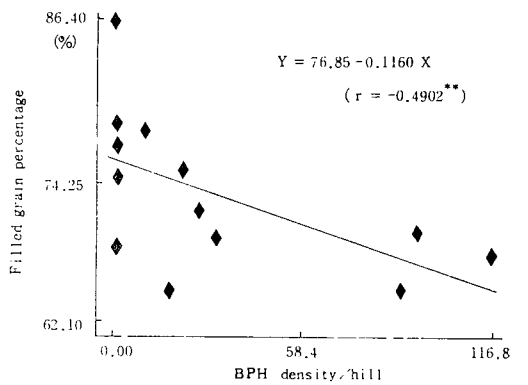


Fig. 9. Relation between the(G-2+G-3) population density of BPH and the filled grain percentage.

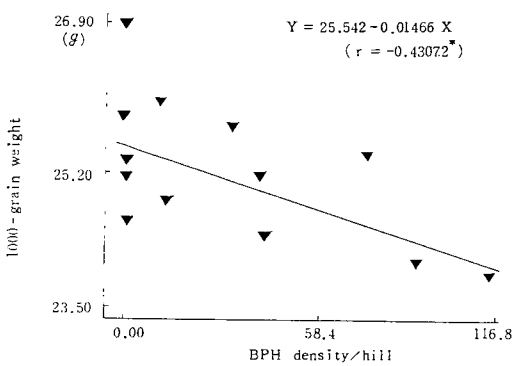


Fig. 10. Relation between the total population density of BPH and the rice yield.

G_2世代나 G_2+G_3世代의 密度는 千粒重과 關係가 깊음을 알 수 있다. 그런데 G_2世代의 密度가 G_2+G_3兩世代의 總密度보다 千粒重에 미치는 영향이 크다는 것은 出穗後 乳熟期의 벼멸구 被害가 黃熟期의 被害보다

크다는 것을 말하는 것으로 벼의 生育段階에 따르는 同化量의 動態와 關聯 興味있는 일이다.

그림 8와 9는 各各 G_2世代와 G_2+G_3世代 密度가 登熟率에 미치는 영향이다.

G_2世代와 G_2+G_3世代의 密度는 登熟率과 密接한 關係를 갖고 있으며 千粒重에 미치는 영향보다 多少 커지고 있는 듯하다. 特히 G_3世代의 密度가 千粒重의 境遇보다 明白해지는 듯하다.

그림 10은 虫接種後 收穫期까지의 벼멸구 總密度와 收量과의 關係이다.

그림에서 보는 바와 같이 G_2와 G_3世代의 密度가 낮은 곳에서의 收量이 높고 G_3世代까지 벼멸구가 加害한 區에서 G_2世代까지만 加害한 區보다 收量이 낮아지고 있다.

우리나라에서 벼멸구의 飛來時期는 氣象的 條件에 따라 差가 있으나 大體로 南期가 始作되는 6月下旬頃이며 그 密度는 8月上旬~中旬頃까지는 크지 않다. 따라서 密度가 被害水準까지 上昇하려면 出穗期 以後가 될 것인 故로 그림 6과 8에서 보는 바와 같이 實質的인 被害는 千粒重이나 登熟率과 같은 것에서 始作되는 것이 一般的 現象으로 생각된다. 따라서 飛來世代나 다음 世代에 依한 被害는 問題가 되는 일이 거이 없으며 第2~第3世代의 密度에 依하여 被害가 左右된다고 할 수 있다. 그리고 그 過程은 千粒重이나 登熟率의 減少를 通한 品質的인 要素에서 枯死와 같은 甚한 被害로 進行하게 된다. 李(1976)에 依하면 炭水化物 生産量에 依한 玄米構成比率은 出穗前 貯藏炭水化物의 依存度가 15~26%라고 하였는 데 이로 미뤄보아 出穗後 炭水化物이 玄米生産量에 큰 영향을 미치고 있어 出穗後 乳熟期의 被害가 炭水化物 저장에 크게 영향을 미칠 것을 推測할 수 있다.

이러한 被害解析 結果를 벼의 生育段階와 벼멸구의 增殖動態와의 關係를 參酌할 때 벼멸구에 依한 實質的인 被害는 飛來後 第2~第3世代에 依하여 받게 되며 이 根源은 飛來世代와 第1世代의 增殖能이 된다고 結論할 수 있다. 따라서 飛來世代와 第1世代의 環境條件은 實質的인 被害는 없으나 第2~3世代密度와 關聯하여 重要한 것이다.

이러한 事實은 이 害虫의 防除對策樹立에 있어서 第1世代 密度에 對한 個體群 動態學的 諸性質 即 密度, 年齡構成 短翅型率, 天敵類의 活動 기타등에 關한 詳細한 情報의 收集과 이에 對應한 防除策의 選擇的 適用等이 考慮되어야 함을 明白히 하고 있다.

摘 要

自然條件下에서 人爲的으로 接種시킨 벼멸구가 增殖하였을 때, 벼의 生育段階別 벼멸구被害가 收量에 미치는 影響을 調査하여 다음과 같은 結果를 얻었다.

1. '81年의 경우 出穗期以後 防除區의 收量은 最高分蘖期, 穗孕期, 完全防除區에 比하여 收量減少現象이 있었고 '82年의 경우는 穗孕期 防除區부터 收量減少現象이 나타났다.

2. 벼멸구 第1世代 個體群에 依한 草長과 莖數에의 影響은 없었으나 벼멸구 第2世代, 3世代 個體群에 의한 千粒重(Y_1)과 登熟率(Y_2)에의 影響은 收量減少의 結果로 나타났다. 이 影響은 特히 出穗後부터 乳熟期까지의 벼멸구 個體群(第2世代 個體群)과 상당한 關係가 있었으며 다음과 같은 回歸方程式을 구하였다.

$$Y_1(g) = 25.602 - 0.0213X \quad (r = 0.5205^{**})$$

$$Y_2(\%) = 76.97 - 0.1370X \quad (r = -0.4820^{**})$$

3. 虫接種後 收穫時까지의 벼멸구 個體群의 株當總密度(X)와 收量(Yg)과의 關係는 $Y(g) = -24.684 - 0.0576X$ $(r = -0.6956^{**})$였다.

4. 벼멸구 大發生의 根源은 飛來後 第1世代에 있는 故로 이 世代의 密度, 年齡構成, 翅型, 기타의 個體群特性에 關한 知識은 이 害虫 防除의 合理化를 爲한 基礎가 된다.

參 考 文 獻

1. Bardner, R. and K.E. Fletcher, 1974. Insect infestations and their effects on the growth and yield of field crops: a review. Bull. Entomol. Res., 64 : 141-160.
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. Zool., 9(3) : 174-184.
3. Chen, C.N. and C.C. Cheng, 1979. Ecological physiology of rice plants attacked by the Brown Planthopper, 1979: Symp. on Rice Productivity, pp. 135-146.
4. Cheng, C.H. and W.L. Chang, 1977: Varital restistance to the brown planthopper in Taiwan. Symp. Brown planthopper. IRRI, Los Banos, Philippines, p. 45.
5. Chen, C.N. and C.C. Cheng, 1978. The popula-

tion levels of *Nilaparvata lungens* (Stål) in relation to the yield loss of rice, I. Plant Protec. Bull(Taiwan), 20 : 197-209.

6. Cheng, C.H., 1976a. Assessment of rice losses caused by the brown planthopper and the rice green leafhopper. Plant Prot. Bull.,(Taiwan), 18 : 148-160(In Chinese).
7. Cheng, C.H., 1976b. A preliminary report on application of insecticide for controlling brown planthopper based on thresholds of economic damage. Paper presented at the International Rice Research Conference, April, 1976, International Rice Research Institute, Los Banos, Philippinese, p. 4.
8. Dyck, V.A., B.C. Mirsa, 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, Philippines, pp. 369 : 61-97.
9. Hyun, J.S., 1978: Problems and pnospect of plant protection technology in Korea, Kor. J. Pl. Prot., 17(4) : 201-215.
10. Hyun, J.S., 1981. Ecology of white back planthopper and brown planthopper: Relation between outbreak and cropping systems in Korea, In seminar on Pest management of Rice in East Asia, ASPAC, Suweon, Korea.
11. Kiritani, K., 1979. Pest management in rice. Ann. Rev. Ento., 24 : 279-312.
12. Kisimoto, 1977. Bionomics, forecasting of outbreaks and injury caused by the rice brown planthopper in the rice. Brown Planthopper, Taipei, ASPAC, p. 27-41.
13. Kuno, E., 1968. Studies on the population dynamics of rice leafhoppers in a paddy field. Bull. Kyushu Agric., Exp. Stn., 14 : 131-246.
14. Lee, J.Y., 1976. The effects of the Photosynthetic Ability and the Nutritional Status of Dry-matter Production and Yield Comonents of the Rice Plant at the latter half of the Growth Stage, J. Korean Soc. Crop. Sci., Vol. 21 No. 2 : 187-202. (In Korean with English summary).
15. Park, J.S., J.O., Lee 1975. Relation of occurrence, time and damage due to brown planthopper. Kor. J. Pl. Prot. 14(1)34.
16. Sogawa, K. and C.H. Cheng, 1979. Economic thresholds, nature of damage, and losses caused by the brown planthopper. Brown planthopper: Threat to rice production in Asia. IRRI, Los Banos, Phillipinese, pp. 125-142.
17. Sogawa, K., 1982. The rice brown planthopper: Feeding physiology and Host plant Interactions. Ann. Rev. Entomol., 27 : 49-93.
18. Suzuki, M. 1975. Crop productivity and Solar energy utilization in various climates in Japan. Ed. by Y. Murata, JIBP Synthesis, Vol. 11, p. 136-144.
19. Uhm, K.P., 1981. Effects of the different levels of nitrogen fertilizer and planting space on the population growth of the brown planthopper. M.S. Thesis, S.N.U.,(In Korean with English summary).