

水稻의 흰등멸구(*Sogatella furcifera* Horvath)에 대한 抵抗性 遺傳子의 連關分析

李 暎 泰·許 文 會*

Linkage Analysis of the Resistance Genes to Whitebacked Planthopper (*Sogatella furcifera* Horvath) in Rice

Lee, Y. T. and M. H. Heu*

ABSTRACT

The purpose of this study is to find out the linkage relationship of the resistance genes Wbph1 and Wbph2 which are known to be present in the rice cultivar N22 and ARC 10239 respectively, with the genetic markers which are identified as the specific linkage tester.

Crosses were made between the resistant parents and the genetic marker stocks and their F₂ populations were grown out in the field. The genetic segregations of the marker character were studied and the seeds were harvested individual plant base. These F₃ seeds were grown into plant-line base in the greenhouse and their responses to the whitebacked planthopper were tested. Then the linkage relationship between the F₂ plant marker character and the F₃ resistance responses to the whitebacked planthopper were examined.

In the F₂ generation of the crosses between the resistant parent N22 and the genetic marker stocks, the genetic markers, such as lg, d-t, g, la, bl and gl, showed the segregation of 3 dominance to 1 recessiveness, and the Bh marker segregated into 9:7 ratio. Another 4 marker genes, such as Cl, gh, Lh and bc, did not show the good fitness to the expected value.

In the F₂ generation of the crosses between the resistant parent ARC 10239 and the genetic marker stocks, the genetic markers, such as Cl, lg, Pn, g, la, bl and gl, showed the segregation of 3 dominance to 1 recessiveness, and the Bh gene segregation fitted well to the 9:7. The rest 4 genetic markers, such as gh, Lh, nl and bc, did not show the good fitness to the expected ratio.

The resistance genes Wbph1 of N22 and the Wbph2 of ARC 10239 appeared to be single dominant gene each.

The Wbph1 gene was linked with the marker gene, liguleless (lg) of linkage group II with the recombination value of 36.8%, and with the black hull (Bh) with the value of 35.9%.

The Wbph2 gene appeared to be independent of all the markers tested here, such as Cl, lg, Pn, g, Lh, la, nl, bl, bc, gl, Bh, of linkage group I, II, III, IV, VI, VII, VIII, IX, X, XI and XII, respectively.

That the Wbph2 linkage relations were not investigated was regarded as the causes that the tested marker

* 서울대학교 農科大學

* College of Agriculture, Seoul National University, Suweon 170, Korea.

genes on the chromosome were located with the resistance gene at the distant loci, and of the phenotypic properties of the marker characters.

The Wbph2 linkage relations should be reexamined in the cross combinations of linkage group VII, VIII, X and XII including linkage group V which was not tested in this experiment.

緒 言

흰등멸구(*Sogatella furcifera* Horvath)는 벼멸구와 같이 우리 나라에서越冬하지 못하는 移動性 昆蟲으로서 發生地의 低氣壓 條件下에서 長翅型 虫이 동지나해를 지나 遠距離를 移動하여 우리 나라 中部와 南部에 主要 發生하고 8~9월에 걸쳐 集中的으로 많은 피해를 주는 벼의 主要 害虫이며,^{4, 52, 56)} 벼를 栽培하는 地域, 즉 韓國, 中國, 日本, 印度, 네팔, 파키스탄, 필리핀, 인도네시아, 이집트 等地에 發生하여 많은 被害를 주는 것으로 報告되고 있다.

우리 나라에서의 흰등멸구 發生面積은 過去 10年 동안의 數値로 보아 매년 增加趨勢이었으며 1979年 에는 94만ha에 달하였고, 그 이후 다소 減少하는 傾向을 보이고 있다. 따라서 흰등멸구에 依한 벼의 減收率은 이와 비슷한 傾向을 보여 1982년에는 0.94%로서 害虫 全體에 依한 減收率(1.6%)의 58.7%, 病虫 全體에 依한 減收率(4.05%)의 23.2%의 높은 比重을 차지하는 重要한 害虫으로 나타나고 있다.⁴⁾

흰등멸구는 벼의 基部에서 吸汁함으로써 直接 被害를 주며 被害가 심한 경우에는 植物體가 마르거나 죽는 hopper burn을 일으키며, 輕微할 경우에는 到 伏을 誘發하거나 稻體의 生長 및 草長 伸長을 抑制 하고, 葉의 黃化現象을 誘發하며 分蘖 및 1000粒重 的 增加를 抑制하여 窮極的으로 심한 收量 減少現 象으로 나타난다.

印度와 東南亞 일대에 IRRI 育成品種들이 普及 된 後 흰등멸구에 依한 被害가 深化되면서 IRRI를 中心으로 흰등멸구에 對한 抵抗性 品種을 多數 選別 하게 되었다. 그들 중 N 22, ARC10239, ADR 52 및 Podiwi A 8 등이 가지고 있는 抵抗性 遺傳子를 各各 Wbph 1, Wbph 2, Wbph 3 및 wbp4로 命名하고 이들 遺傳子들의 遺傳的 機作을 檢討하는 한편 이들을 遺傳子源으로 하여 흰등멸구 抵抗性 品種 育成에 박차를 가하고 있다.

한편, 우리 나라의 경우 흰등멸구에 依한 被害가 漸增加함에 따라 흰등멸구에 對한 品種抵抗性의 檢討

가 이루어지고 있으나 國內 育成品種 中에서 청청벼 를 除外하고 흰등멸구 抵抗性 品種을 찾아 보기 어려워 흰등멸구 抵抗性 品種의 育成이 시급히 要求 되고 있는 實情이다.

앞으로 흰등멸구 抵抗性 品種을 育成하기 위하여 는 기존의 밝혀진 抵抗性 遺傳子를 利用하는 것이 有利할 것이며 그러기 위하여는 이들 遺傳子의 遺傳 的 特性을 究明하는 것이 必要하다.

이러한 觀點에서 本 研究는 N 22의 Wbph 1 과 ARC 10239의 Wbph 2 抵抗性 遺傳子를 徐 等 (1977)⁶⁹⁾이 育成한 12個 連關群과 交雜하고 그 後代에서 흰등멸구 抵抗性 遺傳子의 連關分析을 시도한 것으로 흰등멸구 抵抗性 品種 育成에 效率的 으로 利用될 수 있기를 바라면서 여기에 그 結果를 報告한다.

研 究 史

흰등멸구(*Sogatella furcifera* Horvath)는 벼멸구와 같이 吸汁함으로써 벼에 막대한 被害를 주는 害虫으로서 우리 나라에서는 옛부터 그 被害가 있었던 것으로 생각되나 浮鹿子類에서 흰등멸구를 分離하여 다루게 된 것은 勸業模範場 設立 以後에 이루어졌다고 판단된다. 森村(1915)⁴²⁾은 우리 나라에서 發生 하는 害虫 中에서 흰등멸구를 分離하여 그의 成虫, 卵, 幼虫의 形態를 報告하였으며, 岡本(1924)²⁵⁾은 우리 나라 發生 浮鹿子中 23種을 調査하고 이들 中 흰등멸구에 3種이 있음을 報告하였다. 白(1967)⁵¹⁾에 依하면 우리 나라에서 흰등멸구가 大發生한 해는 1912年, 1921~1923年, 1963~1966年 等이며 特히 1966年에는 漢水以北에서 大發生하여 크게 減收 要因이 되어 以後 흰등멸구는 水稻의 重要한 害虫으로 다루어져 왔다.

흰등멸구는 벼멸구와 함께 우리 나라에서 越冬하지 못하며 中國 大陸 南部로부터 發生되는 低氣壓의 通過와 더불어 每年 6月下旬에서 7月上旬경에 飛來하여^{13, 48, 52, 56)} 年間 4回 發生하여 7月下旬, 8月下旬, 9月下旬~10月上旬경에 發生 最盛期를 이루고⁴⁾ 낮은 密度下에서는 벼의 到伏, 萎凋, 黃變現象,

稔實率 低下 및 千粒重의 減少를 초래한다.^{4, 41, 60)} 특히 6~7月中 강우가 적고 溫度가 높으며 7~8月の 氣溫이 25~30℃로서 晝夜의 교차가 적고 濕度가 80% 以上이면 벼멸구 보다 그 發生量이 많은 것으로 알려져 있다.⁶⁶⁾

흰등멸구는 주로 Tropicopolitan, Caribbean, Brazil, 南部 및 東部 Asia, 日本, 韓國 等地에 發生하며 벼를 寄主로 하여 막대한 被害를 초래한다(Pathak, 1977).⁶³⁾ Bangladesh(1977)¹²⁾에서는 1960年代에는 흰등멸구에 對하여 크게 重要視하지 않았으나 1970年代 초반부터 優占虫으로 등장하게 되었고 1977년에는 大量 發生하여 80% 減收를 초래하였음을 報告하였는데, 이와 같은 現象은 파키스탄,^{37, 38)} 印度(Punjab)⁷⁰⁾ 말레이시아,⁴⁹⁾ 日本,¹²⁾ 네팔²¹⁾ 및 이집트²⁾ 等地에서도 發生하였으며 특히 IRRI 育成의 Semi-dwarf 品種이 普及된 이후 그 被害가 더 심해진 것으로 알려져 있다.^{8, 70, 75)}

이와 같은 害虫에 依한 被害를 輕減시키기 위하여 殺虫劑를 撒布하여 多少의 效果를 얻고 있으나, 殺虫劑의 使用은 人畜에의 被害, 天敵의 減少, 土壤 및 水質汚染 등을 고려할 때 바람직한 方法이라고 할 수 없다. 害虫의 防除를 위한 合理的이고도 經濟的인 方法은 抵抗性 品種을 利用하는 것이 有利한 方法으로 提示되고 있다.^{91, 62)}

作物의 虫에 대한 抵抗性이란 害虫에 依하여 發生하는 被害程度에 영향하는 作物의 遺傳的 特性을 말하며 同一水準의 害虫의 공격하에서 다른 品種 보다 多量의 生産物을 낼 수 있는 品種을 抵抗性 品種이라 한다.(Painter, 1951, 1958)^{53, 54)} Painter (1968)⁵⁵⁾는 이같은 品種 抵抗性的 機作을 ① Non-preference (非選好性), ② Antibiosis (抗虫性), ③ Tolerance (耐性) 등으로 나누어 해석하였으며 Beck (1965)⁵⁾는 抵抗性 機作을 ① 産卵에 對한 抵抗性 ② 섭식에 對한 抵抗性 ③ 生存에 對한 物理的 抵抗性 등으로 해석하였는데 Pathak과 Khush (1979)⁶⁴⁾는 이들을 綜合 考察하여 水稻 品種抵抗性 機能에 關여하는 要因으로 ① 選好性 (食餌, 産卵), ② 抗虫性 (약충의 生存과 發育, 약충의 수명, 생식력, 吸汁) 및 ③ 耐性 (植物의 被害) 등을 주축으로 한다고 하였다.

Santiago (1976)⁶⁰⁾는 흰등멸구 抵抗性 機作은 非選好性과 抗虫性이 各各 作用하거나 혹은 이들 2가지 要因이 合하여져서 抵抗性으로 發現된다고 하였으며 IRRI (1977)²⁰⁾는 抵抗性 品種과 感受性 品種

으로 試驗한 結果 흰등멸구 抵抗性 機作에는 antibiosis에 依한 生存率과 産卵率의 差異를 볼 수 있었을 뿐만 아니라, 食餌選好性에 있어서도 接種 1時間 後에 抵抗性 品種에서 感受性 品種으로 많은 虫이 移動하였고 吸汁 시작時間, 持續時間에도 差異가 있다고 하였다. 또한 崔等 (1982)⁷¹⁾은 흰등멸구 抵抗性 機作이 甘露排泄量 및 生存率과 가장 밀접한 關係가 있으며 食餌選好性, 産卵選好性, 後胚子 發育期間 等에는 일정한 傾向을 볼 수 없다고 報告하였다.

한편 IRRI를 中心으로 흰등멸구 抵抗性 遺傳子의 探索은 1970年代에 들어와 活發하게 이루어져 왔다. IRRI (1974, 1977)^{18, 20)}는 IRRI 보유 germ plasm bank의 品種 中에서 多數의 흰등멸구 抵抗性 品種을 選別하였으며 Khush (1977)²⁵⁾는 N22가 흰등멸구에 對한 單純優性 抵抗性 遺傳子를 가지고 있음을 밝혔다. 나아가 Colombo, Pankhari 203, JBS34, 651, SLO 12, Kaluheenali, Sudhubalawee 및 ARC 5752 등이 抵抗性임을 밝혔으며 Sidhu等 (1979)⁷¹⁾은 N22의 抵抗性 遺傳子를 Wbph로 命名하였다. 또한 Angeles等 (1981)³⁾과 IRRI (1979)²⁰⁾는 흰등멸구 抵抗性 遺傳子分析에서 ARC 10239가 N22와 서로 다른 單純優性遺傳子를 가짐을 밝혀 N22의 抵抗性 遺傳子를 Wbph 1, ARC10239의 抵抗性 遺傳子를 Wbph 2로 命名하였다. 그리고 IR 2035-117-3은 Wbph 1과 Wbph 2를, WC1240은 Wbph 1과 또 하나의 劣性抵抗性 遺傳子를 가지며 Colombo는 Wbph 2와 한개의 劣性抵抗性 遺傳子를 가지고 있음을 報告하였다. Hernandez等 (1981)¹¹⁾은 14개의 흰등멸구 抵抗性 品種에 對하여 遺傳分析을 한 結果 ADR 52는 Wbph 1과 Wbph 2와는 다른 單純優性抵抗性 遺傳子를 가지는 것으로 나타나 이를 Wbph 3라 命名하고, Podiwi-A8이 가지는 劣性遺傳子를 wbp4라 하였다. 따라서 현재까지 밝혀져 命名된 흰등멸구 抵抗性 遺傳子는 Wbph 1, Wbph 2, Wbph 3, wbp4 등 4개이다.²⁷⁾ 그 외에 Milra等 (1981)⁴⁰⁾은 흰등멸구에 對하여 高度의 抵抗性을 보이는 IET 6288은 1개의 優性抵抗性 遺傳子를 가지고 있다고 報告하였으나 기존의 遺傳子와 allelism檢定이 이루어지지 않았다. 또한 IRRI를 中心으로 시도된 흰등멸구 抵抗性 遺傳子 探索 結果^{24, 26)} 抵抗性을 가지는 品種들은 India, Sri Lanka, Bangladesh 및 Australia에서 由來된 品種이 많았으며 지금까지의 IRRI 育成品種들은 거의 모

두가 感受性인 것으로 밝혀졌다.

지금까지 알려진 抵抗性 遺傳子들의 抵抗性 程度를 比較 檢討하기 위하여 暹동멸구 抵抗性 機作的 여러 가지 要因에 對하여 調査한 結果 幼苗集團檢定²³⁾에서나 集團形成檢定(Population growth test)¹⁰⁾에서 IR2035-117-3 (Wbph 1+Wbph 2)가 가장 강한 抵抗性을 보였으며, WC1240의 劣性抵抗性도 강한 抵抗性을 가졌음을 報告하였다. 또한 이들 抵抗性 遺傳子들을 바탕으로 벼멸구에서와 같이^{19, 65)} 暹동멸구 Biotype의 人爲的 誘起²³⁾ 및 自然的 發生^{21, 34)}에 對하여 IRR1를 中心으로 檢討되었는데 그 結果는 Biotype의 人爲的 誘起 可能性을 示唆하였으며 India의 Hyderabad 地域에 새로운 Biotype이 發生했을 可能性을 밝혔다.

우리 나라에서는 暹동멸구에 對한 品種 抵抗性에 關한 研究가 1970年代에 들어와 시작되었다. 宋 등(1973), 崔 등(1973), 李 등(1976)은 國內 育成 系統 多數와 IRR1 選拔品種을 供試하여 抵抗性 程度를 檢討하고 抵抗性 機作에 對하여 調査한 結果 食餌選好性⁷²⁾과 抗虫性^{6, 35)}을 認定할 수 있었다고 하였다. 崔 등(1973), 金(1978), 朴(1982), 金 등(1983)은 國內 育成品種들의 抵抗性을 檢討한 結果 靑靑벼에서만 抵抗性을 認定할 수 있었고²⁹⁾ 다른 品種들은 모두 感受性이었음을^{6, 28, 57)} 報告하였다. 그 외에 우리 나라에서는 暹동멸구 抵抗性의 遺傳에 關한 研究는 거의 없는 狀態이다.

Kuwada(1910)³³⁾에 依하여 水稻의 染色體가 12 雙임이 밝혀진 以後 지금까지의 研究는 12가지의 遺傳子 連關群이 거의 다 밝혀지고 있다. Parnell 등(1917, 1922)^{58, 69)}은 Black hull과 節間의 Purple color가 連關되어 있다는 最初의 連關關係를 報告하였으며 Yamaguchi(1921, 1926)에 依하여 最初로 I번 連關群인 浮先의 色과 찰·에 特性의 連關關係가 成立되었다. 이 連關群은 그 以後 많은 研究者들에 依하여 “waxy” 連關群으로 定해졌다. 그 다음 Morinaga 등(1942)에 依하여 II번 連關群인 “Purple leaf” 連關群이 提唱되었고 여기에는 Purple leaf, liguleless, phenol staining 特性이 連關된 것으로 報告되고 있다. 그 외에 Nagai(1921)⁴³⁾는 Purple awn과 reddish-brown testa가 긴밀히 連關되어 있음을 밝혔고 Chao(1928)⁶⁶⁾는 기존의 몇가지 研究 結果를 바탕으로 25개의 形質을 대상으로 連關關係를 調査하여 3개의 連關群을 주장하고 네번째 連關群의 可能性을 示唆하였다. 그 以後 여러사람의

研究結果를 수합하여 Jodon은 8개의 連關群이 存在함(1948)을 示唆했다가 다시 6개의 連關群을 報告하고(1955) 다시 7개의 連關群으로 반복하여 發表하였다. IRC(1959)⁷⁷⁾의 遺傳記號 規定을 바탕으로 Nagao와 Takahashi(1960)⁴⁴⁾는 37개의 遺傳子를 對象으로 12개의 連關群을 區分하고 이들에 對한 染色體 地圖를 作成 報告하였다. 이후 다시 Nagao와 Takahashi(1963)⁴⁵⁾들은 完成된 12개의 連關群을 확정 발표하였으며, 이들 12개 連關群은 現在의 連關分析의 基礎가 되고 利用되고 있다.

Takahashi 등(1968)⁷³⁾은 Jodon(1956), Misro 등(1966), Nagao 등(1963) 및 Nagamatsu(1967) 등의 報告를 綜合하여 日本型 벼와 印度型 벼의 連關群에 對하여 記述하고 12개 連關群에서의 差異點을 報告하였으며 그 以後 Kinoshita(1976)³¹⁾ Takahashi(1977)⁷⁴⁾ 등이 日本型 벼와 印度型 벼의 連關群의 差異를 比較하였으며, 특히 26개의 着色遺傳子에 있어서 많은 差異가 있음을 報告하였다.

徐와 許(1977)⁶⁹⁾는 Jodon과 Takahashi 등이 發表한 標識因子 28개를 Semi-dwarf 草型으로 轉移시켜 印度型의 遺傳的 背景을 가진 12개의 連關群을 完成하고 Semi-dwarf 草型을 支配하는 d-t 遺傳子가 III번 連關群에 位置함을 밝혔다. Kinoshita(1982)³²⁾는 Takahashi 등(1974)이 발표한 50가지의 短稈支配 遺傳子들 中 21개에 對하여 isogenic을 만들고 各 遺傳子의 特性을 調査하였다.

한편 Takahashi 등의 12개 連關群과 細胞遺傳學的인 染色體와의 關係를 규명하는 研究가 이루어져 있으며 Sato(1976)⁶⁷⁾는 相互轉座에 依하여 連關群과 染色體의 相互關係를 밝혔으며, IX번 連關群의 ri遺傳子가 III번 連關群에 連關되었으며 IX번 連關群의 nl가 VII번 連關群에 連關되어 있어 새로운 IX번 連關群 遺傳子가 探索되어야 한다고 하였으며, 또한 Sato 등(1982)⁶⁸⁾은 4개의 標識因子를 가진 Taichung 65의 isogenic line과 7개의 相互轉座 系統을 利用하여 研究 檢討한 結果 VI번 連關群의 gold hull (gh₁), daikoku type dwarf (d₁), IX번 連關群의 neck leaf (nl) 및 XII번 連關群의 glabrous (gl₁) 등의 遺傳子가 모두 2번 染色體에 屬하는 것으로 나와 VI번, IX번 및 XII번 連關群에 對한 再檢討가 必要하다고 하였다. Kinoshita³⁰⁾는 이들을 종합하여 새로운 連關群·染色體 相互關係를 再構成 發表하였다. 그리고 日本의 水稻遺傳子 記號 小委員

會는 水稻 遺傳子 記號의 標準化를 위하여 지금까지 밝혀진 모든 遺傳子를 수합하여 ① 矮性遺傳子, ② 葉綠素 變異 遺傳子,¹⁵⁾ ③ 形態 形質에 關한 遺傳子, ④ 着色形質에 關한 遺傳子, ⑤ 生理的 特性에 關한 遺傳子¹⁶⁾ 로 分類하여 遺傳子 記號, 連關群, 染色體 등을 表記하여 發表하였다.

水稻에서 發見되는 各種 病害虫에 對한 抵抗性 遺傳子들 中에는 벼멸구에 對한 抵抗性(Bph 1, bph 2, Bph 3, bph 4), 稻熱病 抵抗性 遺傳子의 多數, 흰빛잎마름병 抵抗性 遺傳子 等에 對하여는 많은 研究者들에 의하여 連關分析이 시도되어 이미 밝혀진 것도 多數있었으나 暹동멸구에 對한 抵抗性 遺傳子는 Wbph 1 이 sd 1 (semi-dwarf stature gene), Bph 1, Glh 3, Xa 4 等과 獨立的으로 遺傳함이 밝혀져 있을 뿐⁷⁾ 전혀 連關分析이 시도되지 않았다.

本 研究는 現在까지 밝혀진 暹동멸구 抵抗性 遺傳子들 中에서 Wbph 1 과 Wbph 2 遺傳子에 對하여 徐와 許¹⁸⁾에 의하여 作成된 連關群을 利用하여 그들의 連關群을 밝혀 앞으로 暹동멸구 抵抗性 品種 育成의 基礎資料로 供與코자 한다.

材料 및 方法

本 實驗에서 使用된 材料와 그들의 特性을 表 1 에 提示하였다. 表에서 보는 바와 같이 暹동멸구에 對한 抵抗性 品種으로는 IRRI²²⁾와 Angeles 等³⁾에 의하여 Wbph 1 과 Wbph 2 를 가지고 있는 것으로

알려진 N22와 ARC10239를 使用하였다. 이들은 모두 우리 나라 條件下에서 出穗가 可能하였으며 暹동멸구에 對하여 높은 抵抗性을 나타내었다.

檢定親으로는 徐와 許⁶⁹⁾에 의하여 育成된 本大學 保有의 semi-dwarf 草型을 가지며 暹동멸구에 感受性인 12個의 Genetic marker stock (檢定親)를 使用하였다. 이들 檢定親들은 모두 semi-dwarf 草型을 가지면서 出穗期가 7月 26日에서 8月 6日 사이에 들어가는 早生種이다. 이미 連關群이 알려진 標識遺傳子를 가지는 12個의 Genetic marker stock 와 暹동멸구 抵抗性 品種 N22와 ARC10239를 各 各 交雜하여 溫室에서 F₁을 養成하였다. 여기에서 採種된 F₂를 圃場에 30×15cm로 栽植하여 各 個體別로 標識遺傳子를 調査하고 F₃ 種子를 個體別로 採種하여 抵抗性 檢定에 使用하였다.

暹동멸구에 對한 抵抗性의 檢定은, 1983年 冬委間 溫室條件下에서 幼苗檢定으로 實施하였다. 40×60×10cm의 4角 tray에 흙을 채우고 tray當 60系統, 系統當 15個體씩 播種하였으며 各 tray에는 兩親을 對比品種으로 같이 播種하였다. 溫室의 10×2.8m bed에 100tray를 넣고 檢定時에는 暹동멸구의 移動性을 考慮하여 10tray씩 大型 케이지를 만들어 畝區 區分하였다.

實驗에 使用된 暹동멸구는 本大學 水稻育種研究室에서 繼代飼育하고 있는 것으로서 表 2에서 보는 바와 같이 T(N)1을 침해하고 N22(Wbph1), ARC10239(Wbph 2), IR 2035(Wbph 1+Wbph 2), Co-

Table 1. Characteristics of semi-dwarf marker lines and their responses to the Wbph tested.

Pedigree	Marker	Link. group	Heading date	Response to Wbph
Resistant var.				
N22	Wbph 1	?	July 29	R
ARC 10239	Wbph 2	?	July 29	R
Marker lines				
HP856-12-1-2-B-1	Cl	I	Aug. 6	S
HP907-B-1-1-B-1	wx, lg	I, II	Aug. 27	S
HP849-32-1-1-B-1	Pn, Pau	III	July 27	S
HP748-7-2-B-1	lg, g, gh	II, IV, VI	July 29	S
HP907-B-2-1-B-1	g, gl, wx	IV, XII, I	Aug. 2	S
HP849-32-3-3-1	I-Bf, Ps; Bh	V, XII	July 28	S
HP553-3-1-2-1-1	gh, wx, gl	VI, I, XII	July 27	S
HP914-3-2-1	Lh	VII	Aug. 2	S
HP904-B-1-1-1-1	la	VIII	Aug. 2	S
HP887-1-1-3-1-1	nl	IX	July 26	S
HP745-2-3-1-1	bl	X	July 26	S
HP1013-1-1-B-1	bc	XI	July 29	S
wx 124-341-23-10-1-1-1	gl, wx	XII, I	July 29	S

lombo (Wbph 2 + 1 recessive), ADR 52 (Wbph 3) 등을 침해하지 못하는 것으로 Biotype의 분화가 아직 없는 점을 감안할 때 IRRI에서 사용한 흰등멸구와 동일한 것으로 판단된다.

虫의 接種時期와 方法은 播種後 平均 묘령이 3~4 葉期되었을 때 흰등멸구 2~3 명충을 水稻 各個體當 6~7 마리 程度의 密度가 되도록 大量 接種하였다. 接種後 溫室의 溫度는 20~30 °C 범위에 平均 27 °C를 基準하여 조절하였다.

抵抗力 程度의 判定은 感受性 母本이 완전히 反應을 나타내는 接種後 約 15日 頃에 實施하였으며, 全 個體가 흰등멸구의 침해를 받지 않은 系統을 抵抗力, 몇 個體만 침해를 받은 系統을 分離系統, 모든 個體가 침해를 받은 系統을 感受性으로 判別하였다.

F₂ 個體에서 調查된 標識遺傳子, 즉 I 번 連關群의 clustered panicle (Cl), II 번 連關群의 liguleless (lg), III 번의 purple node (Pn), IV 번의 long extra glume (g), VI 번의 gold hull (gh), VII 번의 long hairy (Lh), VIII 번의 lazy (la), IX 번의 neck leaf (nl), X 번의 brown leaf spot (bl), XI 번의 brittle culm (bc), XII 번의 glabrous (gl) 및 black hull (Bh) 등의 形質과 各 系統의 抵抗力 (Wbph 1 혹은 Wbph 2) 과의 連關關係를 檢定하였다. Wbph 1 혹은 Wbph 2 와 對應의 組合에 對하여는 Immer¹⁴⁾의 方法으로 組換價를 求하였으며, 標識遺傳子の 分離에 異狀이 있는 組合에 對하여는 Mather (1957)³⁹⁾의 方法으로 獨立性 檢定을 하였다.

Table 2. Response to the whitebacked planthopper used in this experiment.

Differential varieties	Resistance genes	Reaction to Wbph	Origin
TN1		S	Taiwan
N22	Wbph 1	R	India
ARC10239	Wbph 2	R	India
IR2035	Wbph 1 + Wbph 2	R	IRRI
Colombo	Wbph 2 + 1 recessive	R	India
ADR 52	Wbph 3	R	India
wx 817		S	Korea
wx 126		S	Korea
Suweon 290		S	Korea

實驗 結果

1. 標識形質의 遺傳分離

흰등멸구 抵抗力 品種 N22 및 ARC10239 와 檢

定親들 間에 交配된 F₂ 集團에서 V 번 連關群을 除外한 I~XII 번 連關群에 屬하는 標識遺傳子들의 分離比를 檢定하여 表 3 과 表 4 에 表示하였다.

1) 叢狀穗型 : clustered panicle (Cl ; I 번 連關群)

叢狀穗型을 가진 檢定親과 흰등멸구 抵抗力 品種 N22 와의 交雜 F₂에서 個體別로 特性을 調査한 結果 叢狀穗型이 優性이었으나 叢狀穗型과 正常穗型의 3 : 1 分離比를 확인할 수 없었고 ARC10239 와의 組合에서는 3 : 1 의 分離比를 認定할 수 있었다.

2) 無葉舌 : liguleless (lg ; II 번 連關群)

葉耳와 葉舌이 없는 無葉舌의 特性을 가진 檢定親과 N22 및 ARC10239 와의 交雜 F₂ 世代에서 2個 組合 公히 無葉舌 : 正常型의 分離比는 1 : 3 으로 나타나 無葉舌形質은 1個의 劣性遺傳子에 依하여 支配됨을 알 수 있었다.

3) 統一草型 : dwarf of Tongil (d-t ; III 번 連關群)

檢定親과 N22 와의 組合에서는 徐와 許⁶⁹⁾에 依하여 밝혀진 統一草型을 標識遺傳子로 調査하였는데 統一草型은 N22 의 長稈에 對하여 1 : 3 으로 分離하여 單純劣性遺傳子에 依하여 支配됨을 알 수 있었다.

4) 紫色마디 : purple node (Pn ; III 번 連關群)

ARC10239 는 紫色마디를 가진 檢定親과 交配하였는데 그 F₂ 世代에서 紫色마디는 綠色마디에 對하여 229 : 69 로서 3 : 1 로 分離하여 檢定親이 가진 紫色마디는 1個의 優性遺傳子에 依하여 支配됨을 알 수 있었다.

5) 長護穎 : long extra glume (g ; IV 번 連關群)

長護穎 遺傳子 g 를 가지는 檢定親과 N22 및 ARC10239 와의 組合 F₂에서는 正常型과 長護穎이 各各 277 : 98, 286 : 85 로서 3 : 1 로 分離하여 長護穎이 單純劣性遺傳子에 依하여 支配되는 것으로 나타났다.

6) 黃金色穎 : gold hull (gh ; VI 번 連關群)

黃金色穎을 가진 檢定親과 흰등멸구 抵抗力 品種 N22 및 ARC10239 와 交配된 F₂에서 두 組合 모두 黃金色穎이 劣性形質로 나타났다으나 3 : 1 의 分離比가 확인되지 못하였다.

7) 長毛型 : long hairy (Lh ; VII 번 連關群)

VII 번 連關群의 長毛型을 가진 檢定親과의 交配에서는 N22 및 ARC10239 組合의 F₂ 世代에서 두 組合 公히 長毛型이 優性으로 發現되었으나 3 : 1 의 分離比에 적합하지 않았는데, Lh 는 單純優性遺傳子

로 報告되고 있다.

8) laziness (la ; VIII번 連關群)

檢定親 HP904는 發芽 이후 盛熟期까지 줄기가 옆으로 퍼지는 lazy 形質을 가지고 있는데 흰등멸구 抵抗性 品種 N22 및 ARC10239와의 交雜 F₂에서 正常型 : lazy가 3 : 1로 分離하는 것이 認定되어 lazy를 支配하는 遺傳子는 單純劣性임을 알 수 있었다.

9) neck leaf (nl ; IX번 連關群)

neck leaf는 止葉 위에 不完全하게 또 하나의 잎이 發生하여 클 경우에는 이삭을 감싸기도 하는 形質로서 檢定親과 N22와의 組合에서는 正常型 : neck leaf가 3 : 1의 分離比가 認定되었으나 ARC10239 組合에서는 3 : 1 分離比가 확인되지 못하였다. 그러나 지금까지의 報告와 實驗 結果로 볼 때 neck leaf는 單純劣性遺傳子에 依하여 支配되는 것으로 판단된다.

10) 갈색반점 : brown leaf spot (bl ; X번 連關群)

bl은 잎이나 엽초에 갈색반점이 나타나는 것을 支配하는 遺傳子로 X번 連關群에 屬하는데 檢定親

과 N22 및 ARC10239와의 組合에서 모두 正常型 : 갈색반점이 3 : 1의 分離比에 合當하여 單純劣性遺傳子임을 알 수 있었다.

11) brittle culm (bc ; XI번 連關群)

brittle culm은 XI번 連關群의 標識形質로서 檢定親 HP1013과 N22 및 ARC10239와의 組合에서 劣性으로 發現되나 3 : 1의 分離가 확인되지 않았는데 brittle culm이 줄기나 잎 등이 잘 부러지는 特性이어서 移秧過程에서 오류가 발생했을 것으로 생각된다.

12) glabrous (gl ; XII번 連關群)

glabrous 形質은 稻體의 表皮에 毛茸이 생기지 않아 매끄러운 特性인데 gl 遺傳子를 가진 wx126과 N22 및 ARC10239 間的 組合 F₂ 世代에서 2 組合 공히 정상인 것과 glabrous가 3 : 1로 分離하였다. 이로써 glabrous 形質은 單純劣性遺傳子에 의하여 支配되는 것을 알 수 있었다.

13) 黑色類 : black hull (Bh)

穀粒의 盛熟過程에서 穎의 색깔이 黑色으로 변하는 特性으로 檢定親 HP849와 N22 및 ARC10239와의 組合에서 모두 9 : 7의 分離比가 認定되어 黑

Table 3. Segregation of marker characters of the 11 linkage groups in the F₂ of the crosses between marker lines and Wbph resistance variety, N22.

Link age group	Markers	Cross combinations	Segregation mode			Ratio	χ^2	P
					Total			
I	Cl	HP856/N22	Clustered	Normal	Total	3 : 1	6.1605	<.05
			246	109	355			
II	lg	HP907/N22	Normal	Liguleless	Total	3 : 1	2.2988	.10-.20
			184	48	232			
III	d-t	HP849/N22	Tall	Short	Total	3 : 1	0.9232	.30-.50
			268	79	347			
IV	g	HP748/N22	Normal	Long extra glume	Total	3 : 1	0.2569	.50-.70
			277	98	375			
VI	gh	HP553/N22	Normal	Gold hull	Total	3 : 1	5.0216	<.05
			170	77	247			
VII	Lh	HP914/N22	Long hairy	Normal	Total	3 : 1	4.3873	<.05
			257	64	321			
VIII	la	HP904/N22	Normal	Lazy	Total	3 : 1	1.2487	.20-.30
			254	73	327			
IX	nl	HP887/N22	Normal	Neck leaf	Total	3 : 1	0.9323	.30-.50
			159	45	204			
X	bl	HP745/N22	Normal	Brown leaf spot	Total	3 : 1	0.0011	>.95
			226	75	301			
XI	bc	HP1013/N22	Normal	Brittle culm	Total	3 : 1	8.6640	<.05
			108	17	125			
XII	gl	wx124/N22	Normal	Glabrous	Total	3 : 1	0.1791	.50-.70
			198	70	268			
XII	Bh	HP849/N22	Black hull	Normal	Total	3 : 1	2.0286	.10-.20
			213	142	355			

Table 4. Segregation of marker characters of the 11 linkage groups in the F₂ of the crosses between marker lines and Wbph resistance variety, ARC10239.

Link. group	Mar-kers	Cross combinations	Segregation mode			Ratio	x ²	P
					Total			
I	Cl	HP856/ARC10239	Clustered	Normal	Total	3 : 1	0.4756	.30-.50
			185	68	253			
II	lg	HP907/ARC10239	Normal	Liguleless	Total	3 : 1	0.0606	.70-.80
			147	51	198			
III	Pn	HP849/ARC10239	Purple	Green	Total	3 : 1	0.4505	.50-.60
			227	85	371			
IV	g	HP907/ARC10239	Normal	Long extra glume	Total	3 : 1	0.6477	.30-.40
			286	85	371			
VI	gh	HP553/ARC10239	Normal	Gold hull	Total	3 : 1	46.7605	<.05
			232	155	387			
VII	Lh	HP914/ARC10239	Long hairy	Normal	Total	3 : 1	35.8044	<.05
			274	31	305			
VIII	la	HP904/ARC10239	Normal	Lazy	Total	3 : 1	1.3297	.20-.30
			281	81	362			
IX	nl	HP887/ARC10239	Normal	Neck leaf	Total	3 : 1	6.4084	<.05
			304	69	373			
X	bl	HP745/ARC10239	Normal	Brown leaf spot	Total	3 : 1	2.3376	.10-.20
			248	67	315			
XI	bc	HP1013/ARC10239	Normal	Brittle culm	Total	3 : 1	27.1652	<.05
			229	28	257			
XII	gl	wx 124/ARC10239	Normal	Glabrous	Total	3 : 1	0.1980	.50-.70
			251	79	330			
XIII	Bh	HP849/ARC10239	Black hull	Normal	Total	3 : 1	2.3613	.10-.20
			168	155	323			

色類은 2개의 非對應의 優性遺傳子가 補足的 作用으로 發現되는 特性임을 알 수 있었다.

2. 抵抗性的 遺傳分離

1) N22의 抵抗性 遺傳分離

表 5는 흰등멸구 抵抗性 品種 N22와 12個 檢定親들 間에 交配된 F₂ 世代에서 흰등멸구 抵抗性的 遺傳分離를 組合別로 表示한 것이다. 表에서 보는 바와 같이 N22와 檢定親들과 交配된 12個 組合에서 組合別로 調査된 系統數는 125에서 375個까지 다소 差異는 있었으나 抵抗性 系統 : 分離 系統 : 感受性 系統의 分離比가 1 : 2 : 1로 分離됨이 認定되었다. N22와 組合된 12個의 檢定親들은 表 1에서와 같이 흰등멸구에 對하여 모두 感受性이므로 N22가 가지는 흰등멸구 抵抗性은 單純遺傳을 하는 優性遺傳子 1個에 의하여 支配되는 것을 알 수 있었다.

N22는 India가 그 原產地로서 IRRI²²⁾와 Angeles等³⁾에 의하여 單純遺傳을 하는 優性遺傳子 Wbph 1을 가진 것으로 報告되었는데 흰등멸구에 있어서 Biotype의 分化가 뚜렷이 발견되고 있지 않으며

또한 表 2의 結果로 볼 때 本 實驗에서 나타난 N22의 抵抗性은 Wbph 1과 同一한 遺傳子라고 生覺된다.

2) ARC10239의 抵抗性 遺傳分離

ARC10239와 12個 檢定親들 間에 交配된 組合들의 F₂ 世代에서의 흰등멸구 抵抗性的 遺傳分離를 組合別로 表 6에 表示하였다. 表에서 보는 바와 같이 ARC10239와 12個 檢定親 間에 交配된 組合에서도 N22 組合들에서와 마찬가지로 組合別로 調査 系統數에는 差異가 있으나 흰등멸구에 對한 抵抗性的 分離는 抵抗性 系統 : 分離 系統 : 感受性 系統이 한 組合을 除外한 모든 組合에서 1 : 2 : 1의 分離比를 認定할 수 있었다. 따라서 ARC10239의 흰등멸구 抵抗性은 1個의 優性遺傳子에 의하여 支配되는 것으로 보인다.

Angeles等³⁾은 India를 原產地로 하는 ARC10239에서 優性으로 遺傳하는 한 個의 흰등멸구 抵抗性 遺傳子를 찾아내고 이것이 N22의 抵抗性 遺傳子와 獨立의으로 作用함을 밝히고 ARC10239의 抵抗性 遺傳子를 Wbph 2라 命名하였다. 表 2의 結果에서 보는 바와 같이 本 實驗에 使用한 흰등멸구와 IRRI

Table 5. Segregation of resistance response to the Wbph in the F₃ of the crosses between N22 and each of 12 marker lines.

Cross combinations	Reaction to Wbph				x ² (1:2:1)	P	Marker
	R.*	Seg.	S.	Total			
HP856/N22	87	178	90	355	0.05	>.95	Cl
HP907/N22	63	119	50	232	1.61	.30-.50	lg
HP849/N22	86	178	83	347	0.29	0.80-0.90	d-t
HP748/N22	97	186	92	375	0.16	0.90-0.95	g
HP849/N22	97	172	86	355	1.02	0.50-0.70	Bh
HP553/N22	58	137	52	247	3.24	0.10-0.20	gh
HP914/N22	81	165	75	321	0.48	0.70-0.80	Lh
HP904/N22	78	171	78	327	0.69	0.70-0.80	la
HP887/N22	50	103	51	204	0.03	>0.95	nl
HP745/N22	65	163	73	301	2.50	0.20-0.30	bl
HP1013/N22	23	66	36	125	0.10	0.20-0.30	bc
wx124/N22	70	132	66	268	0.18	0.90-0.95	gl

*R: Resistant
S: Susceptible
Seg: Segregating

Table 6. Segregation of resistance response to the Wbph in the F₃ of the crosses between ARC10239 and each of 12 marker lines.

Cross combinations	Reaction to Wbph				x ² (1:2:1)	P	Segregating Marker
	R.*	Seg.	S.	Total			
HP856/ARC10239	53	138	62	253	2.73	0.20-0.30	Cl
HP907/ARC10239	38	117	43	198	6.80	<0.05	lg
HP849/ARC10239	69	154	73	296	0.60	0.70-0.80	Pn
HP907/ARC10239	102	194	75	371	4.71	0.05-0.10	g
HP849/ARC10239	73	176	76	323	2.33	0.30-0.50	Bh
HP553/ARC10239	94	209	84	387	3.00	0.20-0.30	gh
HP914/ARC10239	75	161	69	305	1.18	0.30-0.50	Lh
HP904/ARC10239	78	187	97	362	2.39	0.30-0.50	la
HP887/ARC10239	99	178	96	373	0.82	0.50-0.70	nl
HP745/ARC10239	69	172	74	315	2.83	0.20-0.30	bl
HP1013/ARC10239	64	133	60	257	0.44	0.80-0.90	bc
wx124/ARC10239	74	183	73	330	3.92	0.10-0.20	gl

*R: Resistant
S: Susceptible
Seg: Segregating

의 흰등열구를 동일한 type으로 볼 때 본 실험에서 나타난 ARC10239의 저항성 遺傳子는 Wbph 2와 동일한 遺傳子로 사료된다.

3. 抵抗性和 標識形質과의 連關關係

1) Wbph 1 抵抗性和 標識形質과의 連關關係

N22가 가지고 있는 흰등열구 抵抗性 遺傳子 Wbph 1과 V번 連關群을 除外한 11個 連關群의 12個 標識 遺傳子와의 連關關係를 檢討한 結果를 表 7, 表 8, 表 9 및 그림 1에 表示하였다.

① I번 連關群과의 連關關係: I번 連關群의 標識 遺傳子로 사용된 叢狀穗型(clustered panicle: Cl) 形質은 表 7에서 보는 바와 같이 N22의 Wbph 1 遺傳子와 185:61:80:29로서 9:3:3:1로 分離되는 것이 認定되었다. 그러나 表 3에서 보는 바와 같이 Cl 遺傳子는 3:1의 分離比가 확인되지 않아 表 8에서와 같이 Mather³⁹⁾의 方法에 依하여 獨立性을 檢定한 結果 叢狀穗型을 支配하는 Cl 遺傳子는 Wbph 1과 獨立인 것으로 나타났다. 따라서 Wbph 1 遺傳子는 I번 連關群에 속하지 않는 것으로

判斷되었다.

② III번 連鎖群과의 連鎖關係 : 表 7에서 보는 바와 같이 III번 連鎖群의 標識遺傳子로 使用된 統一型 草型을 支配하는 d-t 遺傳子는 N22의 흰등밀구 抵抗性 遺傳子 Wbph1과 獨立인 것으로 나타났다.

③ IV번 連鎖群과의 連鎖關係 : IV번 連鎖群의 長殼類(g) 形質은 單純劣性 遺傳을 하는 g 遺傳子에 의하여 支配되는 것으로 g 遺傳子는 表 7에서 보는 바와 같이 Wbph1과 9 : 3 : 3 : 1의 分離比가 認定되어 獨立인임을 알 수 있었다. 따라서 Wbph1 遺傳子 連鎖群에 屬하지 않았다.

④ VI번 連鎖群과의 連鎖關係 : VI번 連鎖群의 黃金色類(gh)은 表 3에서 보는 바와 같이 gh 遺傳子の 3 : 1분리가 확인되지 않아 이에 대하여 Wbph1과의 獨立性 檢定을 한 結果(表 8), Wbph1 遺傳子和 gh는 獨立인 것으로 나타나 흰등밀구 抵抗性 遺傳子 Wbph1은 VI번 連鎖群에 位置하지 않는 것을 알 수 있었다.

⑤ VII번 連鎖群과의 連鎖關係 : Lh 遺傳子는 VII번 連鎖群의 標識遺傳子로서 表 7에서 보는 바와 같이 흰등밀구 抵抗性 遺傳子 Wbph1과 獨立인 것으로 나타났는데 標識遺傳子の 分離比가 理論에 合當치 않아 Lh와 Wbph1 間에 獨立性 檢定을 實施한 結果(表 8) 두 形質은 獨立인 것으로 나타나 Wbph1은 VII번 連鎖群에 屬하지 않음을 알 수 있었다.

⑥ VIII번 連鎖群과의 連鎖關係 : VIII번 連鎖群에 位置하는 la 遺傳子는 表 7에서 보는 바와 같이 Wbph1과 獨立인 것으로 나타나 Wbph1 遺傳子는 VIII번 連鎖群에 位置하지 않았다.

⑦ IX번 連鎖群과의 連鎖關係 : IX번 連鎖群의 neck leaf는 單純劣性形質으로써 흰등밀구 抵抗性 遺

傳子 Wbph1과 9 : 3 : 3 : 1의 分離가 認定되어 獨立인 것으로 나타나(表 7) Wbph1은 IX번 連鎖群에 位置하지 않는 것으로 判斷된다.

⑧ X번 連鎖群과의 連鎖關係 : 갈색반점(bl) 形質은 單純劣性遺傳子 bl에 依하여 支配되는 形質로 Wbph1 遺傳子와는 表 7에서 보는 바와 같이 獨立인 것으로 作用하는 것으로 나타나 Wbph1 遺傳子는 X번 連鎖群에 位置하지 않았다.

⑨ XI번 連鎖群과의 連鎖關係 : XI번 連鎖群의 標識遺傳子로 使用된 bc 遺傳子는 잘 부러지는 特性을 支配하는데 表 3에서 보는 바와 같이 3 : 1의 分離比가 認定되지 않아 이들 두 形質 間의 獨立性 檢定을 한 結果(表 8) bc 遺傳子는 흰등밀구 抵抗性 遺傳子 Wbph1과 獨立인 것으로 나타났다.

⑩ XII번 連鎖群과의 連鎖關係 : XII번 連鎖群에 屬하는 2個의 標識遺傳子가 調査되었는데 gl 遺傳子는 흰등밀구 抵抗性 遺傳子 Wbph1과 獨立인 것으로 나왔으나 black hull을 支配하는 Bh 遺傳子는 Wbph1과 獨立性이 認定되지 않았으며, 두 遺傳子는 35.9%의 組換價로 連鎖되어 있는 것으로 나타났다(表 8, 表 9). 그런데 black hull을 支配하는 遺傳子 Bh는 II번 連鎖群의 Ph(phenol staining) 遺傳子和 補足的인 關係를 가지고 발견되는 形質으로써 흰등밀구 抵抗性 遺傳子 Wbph1이 Bh 遺傳子와의 連鎖關係인지 Ph 遺傳子와의 連鎖關係인지는 檢討되어야 할 것이다.

⑪ II번 連鎖群과의 連鎖關係 : II번 連鎖群의 標識遺傳子는 無葉舌을 支配하는 lg 遺傳子으로써 單純劣性遺傳子이다(表 3). 또한 흰등밀구 抵抗性 遺傳子 Wbph1은 單純優性遺傳子로서(表 5), 두 形質의 連鎖關係를 檢討한 結果(表 9) lg 遺傳子和 Wbph1 遺傳子는 36.8%의 組換價로 連鎖되어 것으로 나타

Table 7. Linkage relations between each of the marker genes and Wbph1 gene in N22.

Linkage group	Linkage relation	Segregation mode					χ^2	P
		AB	Ab	aB	ab	Total		
I	Cl (3 : 1)—Wbph1(3 : 1)	185	61	80	29	355	6.35	0.05—0.10
III	d-t (3 : 1)—Wbph1(3 : 1)	202	66	62	17	347	1.42	0.50—0.70
IV	g (3 : 1)—Wbph1(3 : 1)	210	67	73	25	375	0.37	0.90—0.95
VI	gh (3 : 1)—Wbph1(3 : 1)	129	41	55	11	247	4.22	0.20—0.30
VII	Lh (3 : 1)—Wbph1(3 : 1)	193	64	52	12	321	5.49	0.10—0.20
VIII	la (3 : 1)—Wbph1(3 : 1)	189	65	60	13	327	3.07	0.30—0.50
IX	nl (3 : 1)—Wbph1(3 : 1)	120	39	30	15	204	2.43	0.30—0.50
X	bl (3 : 1)—Wbph1(3 : 1)	173	53	55	20	301	0.40	0.90—0.95
XII	gl(3 : 1)—Wbph1(3 : 1)	151	47	51	19	268	0.30	>0.95

Table 8. Independence test between Wbph 1 and the marker, Cl (I), gh (VI), Lh (VII), and bc (XI), which are the segregation is disturbed.

Link. group	Link. relations		Segregation mode				Total	χ^2	P
			AB	Ab	aB	ab			
I	Cl - Wbph 1	*obs.	185	61	80	29	355	0.14	.50-.77
		exp.	183.6	62.4	81.4	27.6			
VI	gh - Wbph 1	obs.	129	41	55	11	247	2.09	.05-.10
		exp.	126.6	35.8	49.2	13.9			
VII	Lh - Wbph 1	obs.	193	64	52	12	321	1.08	.25-.50
		exp.	196.2	60.9	48.9	15.2			
XI	bc - Wbph 1	obs.	77	31	12	5	125	0.03	>. 06
		exp.	76.9	31.1	12.1	4.9			

* obs. : observed
exp. : expected
Link. : linkage

Table 9. Linkage relations between Wbph 1 and liguleless (lg) and black hull (Bh).

Linkage group	Linkage relation	Segregation mode				Total	χ^2	*R. V.	Linkage phase
		AB	Ab	aB	ab				
II	Bh(9:7) - Wbph 1(3:1)	178	35	91	51	355	17.03	35.9	Coupling
	lg (3:1) - Wbph 1(3:1)	155	31	30	16	232	7.54	36.8	Coupling

* R. V. : Recombination value.

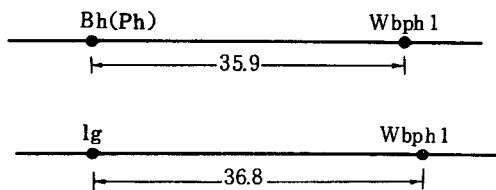


Fig. 1. Linkage maps of Wbph 1, Bh and lg genes.

났다.

따라서 이상의 결과를 連鎖圖로 表示하면 그림 1과 같이 나타낼 수 있으며 이들 간의 相互關係는 앞으로 더 檢討되어져야 할 것이다.

2) Wbph 2 抵抗性和 標識 形質과의 連鎖關係

表 10 에는 各 連鎖群의 標識 因子의 分離比가 3:1 혹은 9:7 로 完전한 對立關係로써 ARC 10239 가 가지는 흰등껍질 抵抗性 遺傳子 Wbph 2 와 連鎖關係가 獨立的으로 나타난 것만 表示하였다. 表에서 보는 바와 같이 흰등껍질 抵抗性 遺傳子 Wbph 2 는 I 번 連鎖群의 叢狀穗型을 支配하는 Cl 遺傳子와 獨立的이었으며 II 번 連鎖群의 標識 形質 liguleless 를 支配하는 lg 遺傳子와 獨立的이었다. 또한 III 번 連鎖群의 紫色 마디 形質을 支配하는 Pn 遺傳子와 獨立的이었으며, IV 連鎖群의 long extra glume 을

는 g 遺傳子 VIII 번 連鎖群의 lazy 形質을 支配하는 la 遺傳子, X 번 連鎖群의 褐色 斑點을 支配하는 bl 遺傳子, XII 번의 glabrous 의 gl 遺傳子, black hull 의 Bh 와 獨立的인 것으로 나타나 Wbph 2 遺傳子는 I, II, III, IV, VII, VIII, X, XII 번 連鎖群에는 위치하지 않는 것으로 나타났다.

表 4 에서 理論值에 不합되지 않았던 VI 번 gold hull 支配 遺傳子 gh, VII 번 連鎖群의 long hairy 支配 遺傳子 Lh, IX 번 連鎖群의 neck leaf 支配 遺傳子 nl 및 XI 번 連鎖群의 brittle culm 支配 遺傳子 bc 등과 흰등껍질 抵抗性 遺傳子 Wbph 2 와의 連鎖關係는 一般의 χ^2 -test 方法으로는 連鎖關係를 알 수 없어 獨立性 檢定을 實施하여 表 11 에 表示하였다. 表에서 보는 바와 같이 조사된 모든 連鎖群의 標識 形質에 대하여 ARC 10239 가 가지는 흰등껍질 抵抗性 遺傳子 Wbph 2 는 獨立的인 것으로 나타났다. 즉 VI 번 連鎖群의 gh 遺傳子, VII 번 連鎖群의 Lh 遺傳子, IX 번 連鎖群의 nl 遺傳子, XI 번 連鎖群의 bc 遺傳子와 Wbph 2 遺傳子는 獨立的으로 作用하는 것을 알 수 있었다.

따라서 흰등껍질 抵抗性 遺傳子 Wbph 2 는 I, II, III, IV, VI, VII, VIII, IX, X, XI 및 XII 번 連鎖群에는 위치하지 않는 것으로 判斷되며, 本 實驗에서 檢討되지 못

Table 10. Linkage relations between Wbph 1 in ARC 10239 and marker characters.

Linkage group	Linkage relation	Segregation mode				Total	χ^2	P
		AB	Ab	aB	ab			
I	C1 (3:1) - Wbph 1 (3:1)	135	50	54	14	253	1.65	0.50-0.70
II	Ig (3:1) - Wbph 1 (3:1)	114	33	38	13	198	0.57	0.90-0.95
III	Pn (3:1) - Wbph 1 (3:1)	172	55	51	18	296	0.57	0.90-0.95
IV	g (3:1) - Wbph 1 (3:1)	222	64	68	17	371	2.95	0.20-0.30
VIII	la (3:1) - Wbph 1 (3:1)	211	70	54	27	362	4.02	0.10-0.20
X	bl (3:1) - Wbph 1 (3:1)	195	53	46	21	315	5.44	0.10-0.20
XII	gl (3:1) - Wbph 1 (3:1)	202	49	55	24	330	5.44	0.10-0.20
	Bh (9:7) - Wbph 1 (3:1)	128	40	117	38	323	2.50	0.30-0.50

Table 11. Independence test between Wbph 1 and the markers, gh (VI), Lh (VII), nl (X), and bc (XI), which are the segregation is distured.

Linkage group	Linkage relations		Segregation mode				Total	χ^2	P
			AB	Ab	aB	ab			
VI	gh - Wbph 2	*obs.	180	52	123	32	387	0.16	.75-.90
		exp.	181.6	50.4	121.4	32.6			
VII	Lh - Wbph 2	obs.	216	58	20	11	305	0.29	.05-.10
		exp.	212.0	62.0	24.0	7.0			
X	nl - Wbph 2	obs.	226	78	51	18	373	0.004	> 95
		exp.	225.6	78.2	51.2	17.8			
XI	bc - Wbph 2	obs.	174	55	23	5	257	0.501	.25-.50
		exp.	175.5	53.5	21.5	6.5			

* obs. : observed
exp. : expected

한 V 번 連關群에 對한 檢討가 要求된다.

考 察

作物을 害虫으로부터 保護하여 그 被害를 輕減시킬 수 있는 가장 合理的이고도 經濟的인 方法은 抵抗性 品種의 育成 普及이 有利한 方法으로 提示되고 있는데⁶¹⁾, 作物의 抵抗性이란 害虫에 依하여 發生하는 被害 程度를 좌우하는 作物의 遺傳的 特性을 말하는 것으로^{53,54)}, 抵抗性 品種의 育成을 爲하여는 作物이 가지고 있는 抵抗性的 遺傳的 特性을 究明하는 것이 매우 重要한 일이다.

이러한 觀點에서 本 實驗에서는 暹羅米에 對한 水稻의 抵抗性을 지배하고 있는 Wbph 1 과 Wbph 2^{6,22)} 遺傳子의 遺傳的 特性과 連關되어 있는 連關群을 찾아 目的으로 시도되었다. V 번 連關群을 제외한 11 個 連關群에 對하여 Wbph 1 을 가지고 있는 水稻 品種 N22와 Wbph 2 를 가지고 있는 ARC 10329를 人工交配한 F₂ 世代를 圃場에 전개하여 標識 遺傳子를 調查하였는데 거의 大部分의 標識遺傳子는 理論值대

로 分離하였으나 특히 VI 번 連關群의 gh, VII 번 連關群의 Lh, XI 번 連關群의 bc 등은 두 組合 모두에서 理論值와 다르게 分離하였으며 그 정도는 N22와 ARC 10239에서 비슷한 傾向이었다.

이와 같은 交雜後代에서 既存의 보고와 다른 異常 分離가 나타난 原因은 ①形質의 特性, ②交配 對象 母本의 特性, ③形質의 調査時期, ④形質判別 基準에 調査者의 오류 등이 한가지, 혹은 두가지 以上이 複合적으로 作用하여 發生하는 것으로 생각된다. ARC 10239와 組合된 경우 ARC 10239가 가지고 있는 brown furrow (Bf) 形質의 發現으로 조사상에 gold hull과 혼동이 發生할 수 있으며, N22와 組合된 경우 조사시기에 따라 穎의 着色 程度의 差異에서 조사자의 오류를 유발할 수 있다. long hairy를 支配하는 遺傳子는 H1a, H1b, Hg 등의 3個 遺傳子가 알려져 있으며, VII 번 連關群의 long hairy 특성은 H1a 이고, 이는 잎에 長毛發生을 유기시키며, Hg는 穎에 長毛를 發生시키는 特性을 가지는 데 조사자가 사전에 이와 같은 特性을 잘 모르고 있는 경우에는 判別基準의 不明確으로 오류를 범할 수 있을 것으로 생

각된다. brittle culm의 경우 發現 形質의 特性이 줄기, 잎 등이 잘 부러지는 特性이기 때문에 移秧, 管理, 收穫, 調製 過程에서 bc 遺傳子를 가지는 個體數가 감소될 수도 있다.

그 외에 clustered panicle(CI), neck leaf(nl) 등도 이상의 原因들로 인하여 오류가 發生될 수 있는 特性들이다. 本 實驗에서 發生한 異常分離 現象에 對하여는 이들 중 어떤 것이 原因인지는 分明하게 說明할 수는 없으나 이들 形質들과 흰등밀구 抵抗性과의 連關關係 分析에서 獨立性 檢定을 한 結果, 이들 異常分離 形質인 gh, Lh, bc 등은 흰등밀구 抵抗性 Wbph 1, wbp h 2와 獨立의으로 나타났다.

흰등밀구 抵抗性 檢定 結果, 本 實驗에서는 Wbph 1 및 Wbph 2 遺傳子는 그 抵抗性 程度가 明確하게 發現되는 것으로 나타났으나 苗齡, 虫의 密度 等에 따라 그 反應이 크게 달라진다는 報告도 있다.²³⁾

흰등밀구 抵抗性 遺傳子의 連關分析에서 Wbph 1 遺傳子는 II 번 連關群의 liguleless를 支配하는 遺傳子 lg와 36.8%의 組換價로 連關되어 있으며, 또한 XII 번 連關群의 black hull 支配遺傳子 Bh와는 35.9%의 組換價로 連關된 것으로 나타났다. black hull 을 支配하는 遺傳子는 Japonica 品種에서 Bh 1, Bh 2, Bh 3 等 3個의 遺傳자와 Indica 品種에서 Bh 1, Bh 2 等의 遺傳자가 알려져 있는데³¹⁾, Bh의 連關群은 명확하게 밝혀진 바는 없으나 徐와 許³²⁾는 XII번 連關群으로 區分하였다. black hull의 形質은 Bh 遺傳자와 II 번 連關群의 phenol staining (Ph)와 補足的으로 發現되는 것으로 알려져 있다.³¹⁾ 그렇다면 Wbph 1 이 II 번 連關群의 liguleless (lg)와 36.8%의 組換價로 連關되어 있으므로 本 實驗에서 나타난 Bh와 Wbph 1 과의 連關關係는 사실상 Bh와 補足的 關係에 있는 II 번 連關群의 Ph와의 連關關係로 볼 때 II 번 連關群에 위치하는 것으로 판단된다.

ARC 10239 가 가진 Wbph 2 遺傳자와 V 번 連關群을 제외한 11 個 連關群의 12 個 標識遺傳子들과는 모두 獨立의인 것으로 나타나 連關關係를 찾을 수 없었다. 이와 같이 連關關係가 分明하지 못한 것은 表 3에서 보는 바와 같이 標識形質의 分離比 檢定에서 遺傳子의 發現特性上 理論 分離를 確認할 수 없었던 것도 하나의 原因이 될 수 있다. 또한 檢計된 11 個 連關群의 標識 形質을 1 個만 選定하여 調查하였기 때문에 이들 形質을 支配하는 遺傳자와 Wbph 2 遺傳子가 염색체상에서 遠距離에 위치하여 그 連關關係가 分明치 못한 것도 하나의 原因이 될 수 있다고

思料된다.

따라서 ARC 10239 가 가진 Wbph 2 遺傳자의 連關關係 分析은 本 實驗에서 檢討되지 못한 V 번 連關群을 포함하여 獨立性 檢定에서 變異의 幅이 크게 나타난 VII, VIII, X 번 및 XII 번 連關群에 대하여 細密하고 복합적인 檢討가 이루어져야 할 것으로 생각된다.

摘 要

水稻에 있어서 흰등밀구에 대한 抵抗性 遺傳子를 가진 것으로 알려진 N22(Wbph 1)와 ARC 10239 (Wbph 2)의 흰등밀구 抵抗性 遺傳子의 連關 分析을 하기 위하여 V 번 連關群을 제외한 11 個 連關群의 標識 遺傳子를 가진 semi-dwarf 草型의 檢定親과 N22 및 ARC 10239 와의 交雜 F₂ 世代에서 12 個 標識 遺傳子의 遺傳樣式을 調查하고 F₃ 世代에서 흰등밀구에 대한 抵抗性의 分離를 調查하여, 이들을 利用하여 連關分析을 한 結果를 要約하면 다음과 같다.

1. N22와 檢定親들과의 交雜 F₂ 世代에서 lg, d-t, g, la, nl, bl, gl 등은 優性和劣性이 3 : 1 로, Bh 는 9 : 7 로 理論值에 맞게 分離하였으며, CI, gh, Lh, bc 等 4 個 形質은 誤차가 컸지만 大體로 理論分離比에 비슷한 分離比를 보였다.

2. ARC 10239와 檢定親들과의 組合 F₂ 에서 CI, lg, Pn, g, la, bl, gl 等은 優性和劣性이 3 : 1 로, Bh 는 9 : 7 로 分離하였으며, gh, Lh, nl, bc 等은 理論分離에 비하여 誤차가 크게 나타났다.

3. N22의 Wbph 1 遺傳자와 ARC 10239 의 Wbph 遺傳子는 單純優性遺傳子이었으며 抵抗性 系統, 分離 系統 및 感受性 系統의 分離比는 모든 組合에서 1 : 2 : 1 의 理論值에 合當하였다.

4. Wbph 1은 II 번 連關群의 liguleless (lg)와 36.8 %의 組換價로 連關되어 있으며 Black hull (B1) 과도 35.9%의 組換價로 連關된 것으로 나타났으며, Bh는 II 번 連關群의 Ph (Phenol staining)와 補足的으로 發現됨을 考察하였다.

5. Wbph 2는 檢定된 I, II, III, IV, VI, VII, VIII, IX, X, XI, XII 번 連關群의 CI lg, Pn, g, gh, Lh, la, nl, bl, bc, gl, Bh와 獨立의인 것으로 나타났다.

6. 以上에서 흰등밀구 抵抗性 遺傳子 Wbph 2의 連關關係가 分明하지 못한 것은 사용된 Marker 遺傳子가 染色體上에서 抵抗性 遺傳자와 遠距離에 있거나 Marker 形質의 發現特性에서 기인된 것으로 생각된다.

7. Wbph2의 連關關係는 本 實驗에서 檢討되지 못한 V번 連關群을 포함하여 獨立性 檢定에서 變異가 큰 것으로 나타난 VII, VIII, X 및 XII번 連關群과의 組合에 對하여는 再檢討되어야 할 것으로 판단된다.

引用文獻

1. Alam, S. and M. B. Alam (1977) White-backed planthopper outbreak in Bangladesh. IRRN 2(5) : p. 19.
2. Ammar, E. D., O. Lamie, and I. A. Khodir (1978) Populations of leafhoppers and plant-hoppers in Egypt from 1973 to 1975, as indicated by sweepnet samples. IRRN 3(2) : p. 12.
3. Angeles, E. R., G. S. Khush, and E. A. Heinrichs (1981) New genes for resistance to white-backed planthopper in rice. Crop Sci. 21(1) : 47-50.
4. 夏相倍 · 崔賢文 · 李英仁 · 金明燮 (1968) 흰등멸구 · 벼멸구의 發生 소장과 防除. 農試研報 第11集(3) : 59-65.
5. Beck, S. D. (1965) Resistance of plants to insects. Ann. Rev. Entomo. 10 : 207-232.
6. 崔承允 · 宋裕漢 · 李正云 · 朴重秀 (1973) 흰등멸구에 對한 벼 品種 抵抗性에 관한 研究. (III) 韓植保誌 12(4) : 139-142.
7. 崔承允 · 李時雨 · 鄭富根 · 金正和 (1982) 흰등멸구에 對한 水稻 新品種 · 系統의 抵抗性 機作에 關한 研究. 農學研究. 7(2) : 125-138.
8. Ghauri, M. S. K. (1979) White-backed planthopper attacks before introduction of new rice varieties in Pakistan. IRRN 4(5) : p. 11.
9. Gyawali, B. K. (1983) Whitebacked planthopper outbreak in Kathumandu Valley, Nepal. IRRN 8 : p. 1.
10. Heinrichs, E. A. and H. R. Rapusas (1983) Levels of resistance to whitebacked planthopper, *Sogatella furcifera* (Homoptera; Delphacidae) in rice varieties with different resistance genes. Environ. Entomo. 12 : 1793-1797.
11. Hernandez, J. E. and G. S. Khush (1981) Genetics of resistance to whitebacked planthopper in some rice (*Oryza sativa* L.) varieties. Oryza 18 : 44-50.
12. Hirao, J. (1981) Widespread outbreaks of immigrating leaf folders and white-backed planthoppers in Southwestern Japan. IRRN 6(5) : p. 18.
13. 玄在善 (1982) 氣象 環境과 病虫害 發生과 그 對策. 韓作誌 27(4) : 361-370.
14. Immer, F. R. and M. T. Henderson (1943) Linkage studies in barley. Genetics 28 : 419-440.
15. 이네遺傳子記號小委員會 (1983) 이네遺傳子記號의 標準化(I). 日育雜 33(3) : 346-350.
16. 이네遺傳子記號小委員會 (1983) 이네遺傳子記號의 標準化(II). 日育雜 33(4) : 493-498.
17. International Rice Commission (1959) Genetic symbols for rice recommended by IRC. IRC Newsletter 8(4) : 1-6.
18. IRRI (1974) Annual report for 1973.
19. IRRI (1976) Annual report for 1975. pp. 106-109.
20. IRRI (1977) Annual report for 1976. pp. 54-61.
21. IRRI (1978) Annual report for 1977. pp. 62-72.
22. IRRI (1979) Annual report for 1978. pp. 60-75.
23. IRRI (1980) Annual report for 1979. pp. 64-76.
24. IRRI (1982) Annual report for 1981. pp. 56-76.
25. 岡本半次郎 (1924) 朝鮮에 있어서의 벼 害虫 浮塵子에 關한 研究. 勸業模研究 12.
26. Khush, G. S. (1977) Disease and insect resistance in rice. Adv. Agronomy 29 : 265-341.
27. _____, D. V. Seshu, and S. K. Verma (1982) Varietal resistance to whitebacked planthopper. International Rice Research Conference. IRRI.
28. 金奎眞 (1978) 멸구 · 매미虫類에 對한 韓國 水稻 品種의 抵抗性에 關한 研究. 韓植保誌 17(1) : 53-63.
29. 金容憲 · 李正云 · 朴重秀 (1983) 우리나라 벼 장러품종의 멸구 · 매미충류에 대한 抵抗性 檢定.

- 農試研報 25(土肥) : 96-102.
30. Kinoshita, T. (1982) Linkage study in rice.
 31. 木下俊郎(1976) 日本型, インド型間における連關群の異同. 育種學 最近の進歩. 17 : 19-34.
 32. Kinoshita, T. and N. Shinbashi (1982) Identification of dwarf genes and their character expression in the isogenic background. Japan J. Breeding 32 (3) : 219-231.
 33. Kuwada, Y. (1910) A cytological study of *Oryza sativa* L. Bot. Mag. Tokyo. 24 : 267-281.
 34. Lal, M. N., S. K. Verma, G. C. Sacham, P. K. Pathak, and J. S. Nanda (1983) Varietal resistance to whitebacked planthopper. IRRN 8 (2) : p. 8.
 35. 李正云・朴重秀(1976) 멸구・매미충류에 대한 벼品種抵抗성에 관한研究. 農試研報 18 (5) : 67-72.
 36. Lien Fang Chao (1928) Linkage study in rice. Genetics 13 : 133-169.
 37. Mahar, M. N., I. M. Bhatli, and M. R. Hekro (1978) Whitebacked planthopper appears on rice in Sind, Pakistan. IRRN 3 (6) : 11.
 38. Majid, A. and J. A. Dar. (1979) Occurrence and control of whitebacked planthopper in the Punjab of Pakistan. IRRN 4 (1) : p. 17.
 39. Mather, K. (1959) The measurement of linkage in heredity. (Ed.) John Wiley & Sons, Inc. : 91-96.
 40. Mitra, G. N. and J. S. Bentur (1981) Rice resistance to whitebacked planthopper. IRRN 6 (1) : 8.
 41. Mochida, O. (1982) Whitebacked planthopper, *Sogatella furcifera* (Horvath), problem on rice in Asia. IRRI Saturday Seminar, June 5th.
 42. 森村誼(1915) 朝鮮에 있어서 稻作 害虫(承前) 朝農會報 10 (11) : 23-26.
 43. Nagai, I. (1921) A genetical-physiological study on the formation of anthocyanin and brown pigments in plants. J. Coll. Imp. Univ. Tokyo. 8 : 1-92.
 44. Nagao, S. and Man-emon Takahashi (1960) Genetical studies on rice plant. ; XXIV. preliminary report of twelve linkage groups in Japanese rice. J. Fac. Agr. Hokkaido Univ. 51 : 289-298.
 45. Nagao, S. and Man-emon Takahashi (1960) Genetical studies on rice plant. ; XXVIII. Trial construction of twelve linkage groups in Japonica rice. J. Fac. Agri. Hokkaido Univ. 53 : 73-130.
 46. Nair, R. V., T. M. Masajo, and G. S. Khush (1982) Genetic analysis of resistance to Whitebacked planthopper in twenty-one varieties of rice, *Oryza sativa* L. Theor. Appl. Genet. 61 : 19-22.
 47. 農村振興廳(1982) 作物保護事業報告書. 303 pp.
 48. Hokyo, N., M. H. Lee, and J. S. Park (1976) Some aspects of population dynamics of rice leafhoppers in Korea. Korean J. Plant Prot. 15 (3) : 111-126.
 49. Ooi, P. A. C. (1979) Flight activities of brown planthopper, whitebacked planthopper, and their predator, *C. lividipennis* in Malaysia. IRRN 4 (6) : p. 12.
 50. Pablo, S. J. (1976) Varietal resistance to whitebacked planthopper, *Sogatella furcifera* (Horvath) in rice. IRRI Saturday Seminar June, 19.
 51. 백운하(1967) 흰등멸구・벼멸구의 발생 및被害에 관한 史的 考察. 農振廳심포지엄 : 7-18.
 52. 백운하(1967) 흰등멸구・벼멸구의 발생 및被害에 관한 史的 考察. 農振廳심포지엄 : 21-31.
 53. Painter, R. H. (1951) Insect resistance in crop plants. Macmillan Co., N. Y. 520 pp.
 54. _____ (1958) Resistance of plant to insects. Ann. Rev. Entomo. 3 : 267-269.
 55. _____ (1968) Crop that resist insects provide a way to increase world food supply. Kansas State Agr. Expt. Bull. : 520 pp.
 56. Park, J. S. (1973) Studies on the recent occurrence tendency of major insect pest on rice plant. Symposium on plant Environ. Res. in Commemoration of Dr. Kim's 60th Birthday : 91-102.
 57. 朴重秀・金容憲(1982) 水稻 主要 害虫에 對한

- 品種 抵抗力 研究. 農試總說 : 48-62.
58. Parnell, F. R. and Ayyangar. G.N. R.(1917) The inheritance of characters in Rice. I. Ibid 9 (2) : 75-105.
 59. _____ (1922) The inheritance of characters in rice II. Memoirs Dept. of Agri. India 11 (8) : 185-208.
 60. Pathak, M.D.(1968) Ecology of common insect pest. Ann. Rev. Entomo. 13 : 257-296.
 61. _____, C. H. Cheng, and M. E. Fortuno(1969) Resistance to *Nephotettix impicticeps* and *Nilaparata lugens* in varieties of rice. Nature 223 : 502-505.
 62. _____ (1972) Resistance to insect pests in rice varieties. In Rice Breeding (IRRI) : 325-341.
 63. _____ (1977) Insect pests of rice (IRRI) : 16-23.
 64. _____, and G.S. Khush(1979) Studies of varietal resistance in rice to the brown planthopper at IRRI, in Asia. In Rice Breeding (IRRI) : 285-301.
 65. Pathak, P. K. and E. A. Heinrichs(1982) Selection of biotype populations 2 and 3 of *Nilaparata lugens* by exposure to resistant rice varieties. Environ. Entomo. 111 : 85-90.
 66. 上遠章(1945) 病虫害の 防除對策(浮鹿子) 農業及園藝 120(1) : 11-16.
 67. Sato. S.(1976) Linkage analysis of rice plant by the use of reciprocal translocation lines. Bull. Coll. Agri. Univ. Ryukyu. Vol. 23 : 73-104.
 68. Sato. S., K. Muraoka, and Y. Sano.(1982) Reconstruction of a linkage group corresponding to the Nishimura's second chromosome in rice, *Oryza sativa* L. Japan J. Breeding 32 (3) : 232-238.
 69. 徐學洙·許文會(1977) 水稻 多收性 統一 品種의 草型遺傳子 分析. 農學研究. Vol. 2(1) : 36-68.
 70. Sidhu, G.S.(1979) Need for varieties resistant to the whitebacked planthopper in the Punjab of India. IRRN 4(1) : 6-7.
 71. _____, G.S. Khush, and F. G. Medrano (1979) A dominant gene in rice for resistance to whitebacked planthopper and its relationship to other plant characteristics. Euphytica 28 : 227-232.
 72. 송유한·박중수·이정운·최승윤(1973) 멸구·매미충류에 대한 벼의 내충성에 관한 연구. 농시연보 16(1) : 11-20.
 73. Takahashi, Man-emon and T. Kinoshita (1968) Present status of rice linkage map-Genetical studies on rice plant XXX I. Bul. Agr. Coll. Farm, Hokkaido Univ. No. 16 : 33-41.
 74. 高橋 萬右衛門(1977) イネの連鎖地圖. 遺傳 Vol. 30(7) : 19-26.
 75. Verma, S. K., P. K. Pathak, B. N. Singh, and M. N. Lal(1979) Susceptibility of promising rice cultivars to whitebacked planthopper. IRRN 4(2) : p. 8.