

벼잎에서의 稻熱病菌의 孢子形成 및 病斑進展과 圃場抵抗性과의 關係

湖南作物試驗場
趙 正 翼

Sporulation of *Pyricularia oryzae* and Lesion Development on Leaves in Relation to Field Resistance of the Rice Plant

Chung Ik CHO

Honam Crop Experiment Station, O. R. D., Iri, Korea

目 次

緒 言.....	42	2. 結果 및 考察	49
I. 研 究 史.....	42	1) 病斑形成後日數와 孢子形成.....	49
II. 研 究 內 容.....	45	2) 病斑置床日數와 孢子形成.....	51
實驗 1. 稻熱病菌의 孢子形成力의 菌系間差異	45	3) 病斑密度와 孢子形成.....	53
1. 材料 및 方法	45	實驗 3. 벼品種의 圃場抵抗性과 稻熱 病菌의 孢子形成과의 關係.....	53
2. 結果 및 考察	46	1. 材料 및 方法	54
實驗 2. 病斑의 進展과 孢子形成과의 關係.....	48	2. 結果 및 考察	54
1. 材料 및 方法	48	III. 綜 合 考 察.....	57
1) 病斑形成後 日數.....	48	IV. 摘 要.....	61
2) 病斑置床日數	48	Summary.....	62
3) 病斑密度	49	引用文 獻	63

緒 言

病害抵抗性育種에 있어서品種의 抵抗性의 機構와 病原菌의 寄生性의 分化에 對한 많은 研究가 이루어짐에 따라 抵抗性系統 및 個體의 檢定選拔方法이 確立되어지고 있다

稻熱病에 對한 抵抗性은 우리나라에 있어서도 40여의 育種事業이 始作된 때부터 가장 重要하게 다루어진 選拔指標로 삼어 왔으며 近來 稻熱病菌의 分化現象과 그에 對應하는 各品種의 抵抗性에 關한 研究의 結果로서 稻熱病菌自體에 系統 혹은 race가 存在하며 品種에 對한 寄生性의 特異性(選擇性)이 抵抗性逆轉의 主要原因로 밝혀지고 耐病性育種의 手段으로서 外國稻(主로 遠緣品種)에서 高度 抵抗性 導入의 育種計劃과 方法이 再檢討되고 이에 따라 圃場抵抗性(安定抵抗性)이 重要視되고 있다.

圃場抵抗性이란 元來 圃場觀察로 區分하는 抵抗性이지만 그 本質을 究明하고 이것을 硝子室 內에서 檢定하는 室內檢定方法의 確立은 今後 抵抗性育種을 遂行하는데 時急히 要請되는 課題이다. 이제까지의 圃場抵抗性의 室內檢定法에 對한 報告는 若干 있으나 많은 問題點이 남아 있다. 圃場抵抗性은 宿主의 病斑形成에 對한 抵抗성과 孢子形成에 對한 抑制作用의 두가지로 크게 나눌 수 있다. 그中 前者에 關한 研究는 多少 있지만 後者에 對한 研究結果는 거의 없는 實情이다. 따라서 本研究는 後者 即 稻體上에서의 病菌의 孢子形成力에 關한 實驗調查方法을 確立할 目的으로 試驗을 遂行하였으며 그 結果의 一部를 이에 報告하는 바이다.

本 研究는 主로 1971~1972년에 걸쳐 日本國 農業技術研究所 遺傳科에 滯在하는 동안 傳道第1研究室 清澤茂久技官의 指導로 遂行하였으며 그 一部는 따로이 報告한 것도 있으나(Cho & Kiyosawa 1973 b) 이를 綜合報告하여 今後 豫想되는 이 方面의 研究推進에 利用될 수 있다면 多幸으로 생각하는 바이다.

本 研究를 遂行하는 동안 始終 指導와 協助를 하여 주신 日本國 農業技術研究所 清澤茂久 技官과 新關宏夫 博士, 村上觀一 博士와 遺傳第一研究室 諸氏 그리고 資料의 供與 및 助言을 하여 주신 育種, 病理管係 研究 人士들에게 深謝한다. 또 本 報告書를 作成하는데 指導하여 주신 서울大學校 鄭厚燮 博士, 李殿雄 博士, 全南大學校 尹象鉉 博士에게도 衷心으로 感謝를 드립니다.

1. 研究 史

韓國에 있어서의 稻熱病抵抗性의 研究는 1926年 慶北道農事試驗場의 抵抗性品種試驗을 嚆矢로 그 後 品種의 選拔, 栽培法, 病害의 發生 및 防除에 關한 試驗 研究가 繼續되어 왔다. 特히 1930년 以後의 積極的인 各品種改良事業이 始作되면서 부터 抵抗性系統의 選拔方法의 檢討와 더불어 耐病性 特히 稻熱病抵抗性은 系統選拔, 品種決定의 指標로 重要視되어 왔다.^{9,10,13)}

韓國의 各育種家들도 外國에서와 같이 오랫동안 稻熱病抵抗性을 導入할 目的으로 外國稻品種을 많이 利用하여 왔으며 그 結果 雙葉, 關東51號, 구사부에, 綾錦, 石狩白毛等의 母品種에서 *pi-a*, *pi-k* 및 *pi-z*의 抵抗性因子를 導入, 湖光, 振興, 再建, 八錦, 關玉, 萬頃, 農白等 새로운 抵抗性 品種을 育成 普及하였고 特히 最近 南方稻品種을 利用한 “統一”品種의 高度 稻熱病抵抗性은 極東의 稻作地域에서 注目を 끌고 있다.¹³⁾

한편 日本國에서는 稻熱病菌의 菌系에 따라 品種의 抵抗性의 相異함을 認定하고 多數의 品種을 檢討한 結果 栃木戰捷과 熊本凱旋 二品種을 抵抗性品種으로 實證하고 陸稻戰捷을 母本으로 田戰捷을 育成하였으며 그 後 眞珠, 雙葉의 抵抗性水稻品種의 育成에 成功하였다.¹¹⁾ 그리고 數많은 外國稻品種으로부터 稻熱病에 對한 抵抗性을 導入하여 遺傳子型이 相異한 品種을 育成 普及하게 되었다. 한편 中森(1936)¹²⁾는 日本稻品種의 地域的인 抵抗性逆轉現象을 報告하였고 氏原等(1953, 1955),¹³⁾ 知久(1956)도 高度 抵抗性品種의 罹病化現象을 認定하였으며, 特히 Reishiko, Zenith, Tadukan 등 外國稻에서 由來한 *pi-k*, *pi-z*, *pi-ra* 및 *pi-ta*²⁾의 眞性抵抗性을 가진 品種들이 農家に 配付된 2~3년에 急激한 罹病性으로 轉落하므로써, 眞性抵抗性에만 依存하는 것이 얼마나 危險한 일인가를 認識하게 되었다.^{28,35,78,81,85,90,125)} 그리하여 罹病化對策을 目的으로 1966년부터 3年間に 걸쳐 組織化한 農林省特別 研究는 病理, 育種兩分野의 密接한 協力下에 圃場抵抗性本質의 解明과 檢定法 確立에 關한 研究가 重點의 으로 取扱되었다. 그밖에 病原性의 變異現象에 있어서 變異의 機構²⁴⁾ 變異體의 檢出 및 突然變異孢子率^{45,132,133,105)} race의 地域的分布消長 race의 檢定方法 및 類別等의 많은 研究와 育種的側面에서의 抵抗性의 機構, 定義 및 類別^{43,44,51,60,84)}, 遺傳機構 및 遺傳子分析^{49,52,53,54,67,66,137,137)} 品種의 抵抗性檢定方法 및 品種의

類別, 45, 47, 50, 62, 63, 81, 97, 98 121, 132)과 抵抗性育種의 實際的方法 27, 35, 67, 79, 115, 125)等에 對하여 急速度로 研究가 進展되었다. 菌系類別을 爲한 判別品種 set의 決定, 室內幼苗檢定法(注射 및 噴霧接種法, Punching 接種法, 葉鞘接種法)을 確立하였고 判別品種도 日本 12品種, 韓國 10品種¹⁾, (現在는 日本과 同品種) 臺灣 16品種²⁾, Philippines 12品種³⁾, 美國 12品種⁴⁾을 各各 選定하였다. 그 後 美, 日兩國의 共同研究로 美國, 日本, 臺灣等地에서 使用한 39個 判別品種 中에서 12品種을 選定利用하여 20餘 稻作國에서 蒐集한 稻熱病菌 菌株를 59 race로 類別하였고 다시 그 12品種中에서 最終的으로 9品種을 國際分型品種으로 選定하고 病原性을 A~H의 8群으로 分類하고 32個의 國際菌型의 特性을 밝혔다.⁴⁾

清澤(1972)⁶²⁾는 Flor의 gene for gene說²²⁾에 立脚하여 判別品種의 理想像을 指示했다. 即 抵抗性遺傳子 1個만을 갖는 品種이 病原菌의 病原性 race을 判別하는 가장 높은 能力을 갖는다. 따라서 isogenic line의 set을 만드는 것이 理想的이라고 하면서 現在 알려져 있는 12品種(完全한 單一因子의 品種만은 아니다)을 使用할 것과 race의 命名法도 Habgood(1970)²⁶⁾의 方法을 適用하는 것이 合理的이라고 提案하였다.

Matsumoto et al(1969)⁸⁹⁾는 亞細亞의 10個國, 그 밖에 澳洲, 부라질, 기니아 등의 13個國에서 蒐集된 約 350菌株를 美國 및 日本의 兩國 判別 品種에 對한 反應으로 整理하여 34種으로 類別하고 또 亞細亞에 있어서 race의 分布地域을 크게 日本 周邊, 比律賓周邊, 印度周邊의 세 地域으로 나누었으며 各 地域內의 主要 race는 他地域의 것과 相異한 病原性을 가졌다고 하였다.

race 分布를 支配하는 要因으로 山田(1967)¹⁵⁾는 寄主 品種의 種類 即 中國稻系品種에는 C race, 日本稻品種에서는 N race의 分離比가 크며 그 栽培面積의 比率과 並行하였고 또 中國稻系品種(高度抵抗性)의 羅病化 原因인 C race의 增加는 새로운 抵抗性 品種의 導入으로 特定 race의 選擇增殖에 基因된 것이며 그 밖에 品種과 race間의 親和性, race相互間의 競爭이 있을때의 生理, 生態的性質과 特定 race를 發生할 수 있는 變異의 方向性 等도 考慮하였다.

稻熱病菌의 病原性의 遺傳的變異는 一般的으로 (1) 突熱變異, (2) heterokaryosis에 依한 變異, (3) 準有性的交雜(Parasexual recombination)을 들 수 있으며 1細胞多核說^{14, 90, 107)}도 있으나 그 後 Yamasaki · Niineki(1965)¹²²⁾ 그 밖에 報告로 heterokaryosis는 成立되지 않는다고 否認되었으므로 recombination은 그 可能性이 있다¹²²⁾고 한다.

韓國에서의 稻熱病菌의 分化에 關한 研究는 安·鄭(1962)²¹⁾이 國內 5個所에서 採集한 菌株를 培養基上에서 菌叢의 두께, 色, 孢子形成度 및 生長度를 調査하여 果糖寒天培地上에서의 生長率은 病原性과 關係가 있다고 하였고 10個判別品種(抵抗性因子型)으로 보면 6個品種에 該當)에 對한 分離菌株의 病原性을 檢討하여 1~5個 race로 判別하였는데 *pi-i* 抵抗性을 侵害하는 菌株는 없었으나 *pi-k* 抵抗性에 病原性인 菌株가 4個나 있었다. 李 및 松本(1966)⁷³⁾에 依하면 日本判別 品種에 對한 反應으로 10개의 race로 判別하였는데 T₂, T₃, N₁, N₂, N₃, N₄에 該當한다고 하여 여기에서는 *pi-k* 抵抗性에 對한 病原性을 가진 菌株가 없었다 또 金(1968)⁴²⁾은 韓國의 race構成은 日本國의 그것과 類似하여 c群 race 3과 韓國 特有한 1개의 race가 또 發見되어 모두 14개의 race가 있다고 하였다.

品種의 稻熱病에 對한 眞性抵抗性에 依한 類別은 山田等(1966)¹²⁷⁾이 日本水稻 1,349品種을 A~H의 8群으로, 江塚等(1969)¹⁸⁾은 山崎·清澤(1966)¹²¹⁾의 方法에 따라 11品種群으로 日本國 主要내品種 約 270種을 類別하였다. 山崎·清澤(1966)¹²¹⁾는 新2號型, 愛知旭型 關東 51號型, 石狩白毛型 및 杜稻型의 5群으로 分類하였으며 清澤(1972)에 依하면 日本國의 栽培벼品種 中에서는 抵抗性遺傳者로서 *pi-k*, *pi-a*^{59, 121)} *pi-k*, *pi-i*⁴⁹ *pi-ta*, *pi-ta*^{2 67)} *pi-z*⁶²⁾ 및 *pi-m*⁵³⁾의 8個의 因子가 發見되었고 그 밖에 *pi-zt*, *pi-i*, *pi-b*와 篠田等(1971)¹⁰⁷⁾이 朝日의 自然突熱變異系統(65A-15)中에서 既知의 抵抗性遺傳子와 全然 다른 抵抗性因子 *pi-s*를 發見하여 今後 耐病性育種에 突熱變異利用의 可能性을 示唆하였다.

한편 韓國벼品種에 對한 抵抗性의 檢討는 race의 同定과 더불어 實施되었다.

李等(1965)⁷⁴⁾은 A, B, C, D의 4群類型으로 區分하였고 清澤(1967)⁵⁰⁾, Kiyosawa(1968)⁵⁴⁾는 入達, 再建 2品種은 *pi-a* 豚糞는 *pi-i*의 抵抗性因子를 가졌다고 밝혔다. 金(1963)⁴²⁾은 韓國產 稻熱病菌 8 race를 判別菌株로 使用하여 236品種을 A-G의 7群의 類型으로 區分하였으며 Cho·Kiyosawa(1973)¹⁰⁾는 韓國의 主要品種을 年代別로 考慮하여 約 100品種을 選定 日本判別菌株에 對한 抵抗性反應에 따라 新 2號型, 愛知旭型, 關東 51號型, 石狩白毛型, 杜稻型, 및 P1 No.4型으로 分類하였다. 우리나라의 育成品種에 對해서는 그 母品種의 反應을 檢討하고 育成系譜의 으로 抵抗性의 遺傳關係를 밝혔다. 그리고 鄭(1967)¹⁷⁾은 韓國品種에 比律財菌系를 接種하여 36品種 모두 6個 供試菌株에 對하여 完全抵抗性反應을 보인것은 없었고 供試品:에는 關東 51號型에 屬한 品種도 없었다. 또 Chung(1972)¹⁵⁰⁾

은 韓國에서 選拔된 IR系統(20系統)을 韓國產 菌株과 比律茵株를 接種試驗하여 韓國品種 振興, 農白과 全혀 다른 反應을 보였다고 報告하였다. 우리나라에서 많은 普及面積을 占有하고 있는 品種과 또 將次 續出되고 있는 新育成系統들의 眞性抵抗性이 現存의 韓國內菌株에는 作用하지 않는 새로운 型의 것임은 確實한 바이나 過去 C群品種(구사부예, 關玉)들의 罹病化와 日本國에서 一時 高度抵抗性 品種들이 稻熱病激發로 慘狀을 입은 經驗은 큰 關心事이다.

稻熱病抵抗性 育種은 圃場抵抗性의 利用에서 眞性抵抗性의 利用으로 發展되었고 眞性抵抗性利用은 다시 감자品種 *Vertifolia*와 같은 抵抗性의 罹病化가 이리나 育種方向을 再考해야 할것을 主張하고 있다^{43, 67, 83, 86, 119}.

眞性抵抗性은 幼苗接種 後 病斑型에 따라 判定하는 質的인 抵抗性^{44, 45}인데 比하여 圃場抵抗性은 判然한 區分은 어려우나 病斑數, 病斑面積, 病斑進展速度, 주지 얇은 程度 및 收量에 미치는 影響等 所謂 量的抵抗性을 말한다⁸³. 垂直抵抗性(眞性抵抗性)은 傳染初期의 罹病組織에만 影響하고 水平抵抗性(圃場抵抗性)은 傳染速度(增殖速度)에 影響을 한다¹¹⁹, 또 抵抗性反應에서 R 또는 S라 함은 眞性抵抗性이며 圃場抵抗性은 그 反應中에서의 程度差를 區分한 것이며 圃場抵抗性도 品種의 特性이므로 遺傳의 支配를 받는다. 다만 眞性抵抗性이 作用力이 큰 主動遺傳子에 支配되는데 對하여 圃場抵抗性은 作用力이 弱한 多數 微動遺傳子의 協力에 依하여 發現된다는 即 Polyenic支配라고 생각되고²⁰ 또 圃場抵抗性은 比較的 環境條件의 影響이 크고 비 生育段階에 따라서도 달라 幼苗期 보다는 成稻에서 區別이 容易하였다^{83, 84}. 그러나 圃場抵抗性도 race에 따라 變動이 있어 Pi No. 1, 中國 31號는 特定 race에 對하여 激發現象을 보였는데 中國 40號, 中國 12號銀河 및 *Homare Nishiki* 등의 品種은 安定抵抗性을 보이고 특히 *Fukuton*, 黑禾 등의 品種에서는 race에 對한 抵抗性 變動이 전혀 없었으며 따라서 이것은 어떤 未知의 主動遺傳子를 갖고 있을 可能性을 示唆했다. ^{132, 133}

또 山中等(1970)¹²⁴은 葉稻熱病 및 穗首稻熱病 發生이 普通 日本稻品種에서는 1963 > 1954 > 1965 > 1966 年の 樣相으로 減少되었고 支那稻系品種은 1963 < 1964 < 1965 < 1966 年の 傾向이었는데 *Zenith*系, Pi系品種은 發病이 殆無하였던 것을 race의 種類, 侵害 race의 不在 또는 極度의 密度稀薄에 對한 回避라고 指摘하고 同一品種群 中에서는 年差間 相對的 抵抗性順位는 變動이 없다고 하였다.

새로운 眞性抵抗性品種의 漸進的 罹病化 原因은 病

原菌/宿主의 相對值(量) 增大에 있으며 이 量的變化 即 適應值(fitness), 또는 適應力은 品種의 壽命과 密接한 關係가 있다고 하였다. 또 淸澤(1969)⁹⁹는 適應力을 越冬(年)力과 增殖力으로 二大別하고 宿主의 圃場抵抗性은 이 病原菌系의 增殖力에 對한 抵抗性 即 抑制能力이며 따라서, 圃場抵抗性은 菌系의 病斑形成 및 病斑上에서의 孢子形成에 對한 品種이 갖는 積極的인 抑制能力으로 評價되어야 한다고 했다.

圃場抵抗性 檢定方法에 있어서도 많은 研究가 있다 그러나 이것들은 모두 病斑形成(感染 및 進展力)에 關한 것이다. 淸澤(1966, 1966)^{47, 48}은 室內幼苗檢定結果가 圃場에서의 調査値와 平行關係에 있었고 또 病原力이 比較的 낮은 菌系를 使用하여 室內檢定이 可能하다고 하였다. 新關(1967)⁸³은 6葉期 接種이 圃場檢定値와 相關이 컸었다고 하였고 柚木等(1970)¹³³은 室內檢定基準(案)을 提示하였고 江塚(1969)¹²⁹ *Sakurai* 및 *Toriyama*(1967)⁹³은 圃場檢定法으로 밭못자리와 本畝에서의 試驗結果를 報告하였다. 그리고 S; No. 1과 中國 31號의 圃場抵抗性의 遺傳因子를 分析한 結果 Pi-f의 優性單因子의 抵抗性에 支配되어 있다고 하였다.

孢子形成力에 對한 宿主의 抵抗性에 關한 研究는 全作物을 通하여 極히 稀少하며 品種間 差異에 對해서는 勿論, 植物體上에서의 孢子形成力의 菌系間 差異에 關係되는 研究도 거의 없다. Knutson(1962)⁶⁹이 감자의 疫病에 對한 圃場抵抗性을 硝子室內에서 病原菌을 接種하여 病斑크기 病斑數와 孢子形成量이 疫病感染에 對한 抵抗性과 如何히 關係하는가를 實驗調査한 結果于先 硝子室과 圃場條件下에서의 抵抗性이 平行的으로 나타나지 않았고 病斑의 크기와 孢子의 形成量間에도 相關이 없었는데 다만 品種間 孢子形成量의 差異는 認定되었다. 水稻에 있어서는 稻熱病의 歷史가 깊은 關係로 病菌의 分生孢子形成 및 離脫等에 對하여 培地와 病斑上에서 많은 研究가 되어 있다. 培地種類와 榮養物質^{70, 88, 87, 198, 114}, 病斑의 크기와 數, 病斑型別, 또는 稻作栽培條件과 分生孢子形成數와의 關係^{31, 37, 38, 39, 113}, 孢子捕集數와 發病^{31, 101, 103} 孢子濃度와 葉稻熱病發病率 및 被害程度와의 相互關係^{39, 42, 43, 109}等 外的(氣象的)條件과 內的(稻體生理) 條件을 網羅하여 發生豫察의 基準을 確立하려는 研究가 되었다. 그러나 菌系別 또는 品種別로 宿主의 病斑上에서의 孢子形成力을 研究한 例는 稀少하다. 加藤等(1970)^{38, 39}은 水稻 2品種에 N-1菌을 出穗後 1.3 10日에 接種한 稻에 있어서의 分生孢子 形成量을 調査하여 接種時期가 빠른 若葉에서는 孢子形成能의 頂點이 病斑發現後

4~12日이며 1穗當 7~8萬個의 孢子가 形成되고 그 持續期間은 20日以上이었는데 出穗後 10日 接種區는 形成能이 떨어져 1穗當 1萬個程度의 孢子가 頂點이 없이 13日程度 持續하였다고 報告하였고 高橋·吉村(1970)¹¹⁾가 病斑上에서의 分生孢子形成을 調査한 것에 依하던 多肥條件은 少肥條件에 比하여 孢子數가 많고, 菌系의 侵害力을 달리 받는 品種上에서는 孢子의 長徑이 길었음을 認定하고 病斑進展速度와 孢子形成과 어떤 關係가 있어 多窒素條件은 稻葉의 抵抗力을 底下시키어 病斑數의 增加는 勿論 分生孢子의 形成數에도 影響하여 蔓延을 助長한다고 하였다. 또 德永等(1965)은 磷酸吸收量이 많은 벼는 澱質의 으로 稻熱病菌의 侵害를 받기 쉬우나 病斑의 孢子形成量은 적었으며 菌의 生殖生長에는 不利한 條件을 준다고 하였다. 加藤等¹⁰⁾(1962)은 10~11葉期의 接種은 穗稻熱病의 直接感染源이 되지 않으나 10~13葉期의 接種은 出穗期間 中에 孢子形成이 認定되어 直接效果를 보았었다.

實驗 1. 稻熱病菌의 孢子形成力의 菌系間差異

宿主의 團場抵抗性은 病菌의 傳染力의 逆數로 表示된다. 이 病菌의 傳染速度는 病菌의 病原力과 孢子形成力으로 大略할 수 있다. 그러나 萬一 病菌의 病原力과 孢子形成力이 遺傳的으로 獨立된 別個의 形質이라

면 罹病率로서 測定하고 있는 病原力만으로 病菌의 感染力을 評價하는 것은 合理的인 方法이라고 할 수 없다. 그런데 菌系間의 病原力差異에 對해서는 多少의 研究가 있지만 宿主上에서의 孢子形成力의 菌系間差에 關한 報告는 거의 없다.

1. 材料 및 方法

水稻品種 新2號와 農林8號를 서로 바꾸어 使用하고 菌系는 日本에서 稻熱病抵抗性檢定 및 遺傳因子分析의 判別菌系로 使用하고 있는 P-2b (N-2, T-2), Ken 53-33(T-1), Ina 72(C-3), Hoku 1(N-1), Ken 54-20(N-2), Ken 54-04(N-3), Ina 168(N-4)의 7菌系와 Ken 54-20에서 分離된 7個의 突然變異菌系를 그 의 母菌系와 比較하기 爲하여 新2號, 農林6號, 農林8號, 農林22號와 銀河의 5品種에 接種試驗하였다. (Table 5) 稻子室 內에서 木箱子(45×17×10cm)에 1株17粒씩 10株를 播種 5~6葉期에 50,000 spores/ml의 濃度로 病菌孢子懸濁液을 2箱子에 150ml(1箱子에는 100ml) 噴霧接種하였다. 接種後 約 7日 後에 5cm內에 1個의 罹病性病斑을 가진 葉片을 切取하여 0.5ml의 물을 넣은 小試驗管(1×10cm)에 넣어 파라필름으로 封하여 25°C의 定溫器 內에 螢光灯를 켜고 2~3日間 두어 孢子를 形成시켰다. 그리고 病斑上에 形成된 孢子는 bent glass rod로 時計皿上에서 水中에 끊어 내리거나(Rubbing), 또는 Tween 20, (0.02%)를

Table 1: The amount of sporulation of *pyricularia oryzae* on a susceptible lesion when seven strains were inoculated to the varieties, Shin 2 and Norin 8 and released by different methods (10^2 conidia/lesion)

Fungus strain	Shin 2, released by rubbing				Norin 8, Incubation date		
	Inoculation date				Nov. 27	Jan. 25	Average
	Oct. 8	Nov. 8	Sep. 28	Average	Rubbing	Mixing	
P-2b	11.8	37.4	5.1	18.8 BC	27.6	66.4	47.0
Ken 53-33	3.4	25.2	9.6	12.7 AB	15.5	55.1	35.8
Ina 72	55.2	82.6	37.4	58.4	32.5	278.3	155.4
Hoku 1	5.7	23.2	14.9	13.6 ABC	8.3	69.2	38.8
Ken 54-20	28.0	40.9	10.7	26.5	9.8	91.8	50.8
Ken 54-04	6.8	20.7	3.7	10.4 A	9.2	104.7	57.0
Ina 168	10.2	61.0	11.1	27.4	32.0	62.2	47.1
Average	17.3	41.4	13.2	24.0	19.4	104.0	61.7

<a. Based on 3 replications of counted 3 lesions, from each fungus strain or variety.

<b. Differences among the fungus strains and inoculation date on the variety, Shin 2 were significant (P=0.99). Values followed by the same letter are not significantly different (Duncan's new multiple range test, P=0.95).

添加한 물 1.5ml를 病斑과 같이 試驗管에 넣어 Thermomixer로 脫離시켜 Thoma's 血球計로 孢子數를 調査하였다. 한便 病原力을 調査하기 위하여 日本國 農林技術研究所 遺傳科에서 適用하고 있는 病徵型¹²⁾ 別로 病斑數를 세었다. 試驗은 3~4回 反覆實施하였다.

2 結果 및 考察

菌系의 孢子形成量의 差異를 究明하기 爲하여 本研究 全般에 걸쳐 7個 菌系를 同時에 使用한 것 中에

서 孢子形成量과 病原力을 併行하여 調査한 것을 綜合하던 다음 表 1와 같다.

統計分析의 結果 菌系間 및 實驗間에 有意差가 있었다. 實驗期別 孢子數의 差異는 植物의 生育條件 主로 溫度와 日照時數의 相異에 따른 植物의 發育狀態와 病菌의 發育에 影響이 컸기 때문이라고 생각된다. 生育期間이 10月~1月の 低溫, 短日下에서 遂行된 實驗結果는 孢子數가 적었으며, 2~5月에는 越等하게 많았으므로 環境條件에 따른 變異가 컸다. 한便 人工培養基

Table 2: The amount of sporulation of *Pyricularia oryzae* on an oatmeal agar (10^4 spores/ml)

Fungus strain	Measurement at				Average
	Nov. 8	Nov. 27	Dec. 6	Dec. 28	
P-2b	46.0	10.0	6.6	16.4	19.8
Ken 53-33	26.0	11.0	4.5	8.0	12.6
Ina 72	13.0	12.0	11.1	5.0	10.2
Hoku 1	52.6	103.0	45.9	28.4	57.5
Ken 54-20	24.0	36.0	9.9	31.0	25.2
Ken 54-04	21.6	15.6	10.6	11.2	14.8
Ina 168	18.0	7.0	9.8	13.2	12.0
Average	28.8	27.8	14.1	16.2	

<a. Based on 5 replication from each fungus strain and measuring date.

<b. Each experiment was made at different time between october and December.

<c. Significant difference ($P=0.99$) were found among fungus strains.

(Oatmeal 蒸糖寒天)上에서의 孢子形成量을 보면 (表 2) Hoku 1와 Ken 54-20의 菌系가 많았는데 植物體上에서는 Ina 72가 가장 많았었다. (表 1) 清澤(1972)⁶⁾는 培地間에 菌系의 孢子形成은 密接한 關係가 없었다고 하였다.

菌系間의 病原力의 差異는 表 3에서 보는 바와 같다. 이 算出法은 病斑數를 病斑型에 따라 調査하고 葉當平均病斑數를 算出하여 다음 式으로 病原力指數를 算定 評價하였다.

Aggressiveness (Pathogenicity index)

$$=b + 10bg + 30bG + 40pG$$

即 病斑型의 分類法(b, bg, bG, pG의 4型)은 山崎·清澤(1966)¹²⁾에 準하였고, 病斑의 特性을 重視하여 式을 考案한 것이다¹⁰⁾. 表3에서 보면 實驗에 따라 菌系間에는 病原力指數의 差異가 있었으나 統計的인 有意差는 없었다. 이들 7菌系는 病原力에 있어서明白한 差異가 있다고 알려졌으나(清澤 1972)⁶⁾ 宿主上에서의 病斑數로 評價되는 病原力은 한便 環境에 따라 至極히

變異가 큰 形質로서¹²⁾ 同一菌系를 2~3個의 箱子에 同時 接種하여 隣接해 두어도 箱子間에는 相當히 큰 差異가 있었다. 菌系間의 病原力의 差異는 그것이 環境條件에서 起因한 것인지 또는 元來 菌系가 갖는 遺傳的 能力의 差異인지 寄主, 寄生者, 環境 間의 相互反應의 結果는 뚜렷하지 않았다.

그러나 生葉에서의 孢子形成量은 同一條件에서 實驗하여 恒常 菌系間에 有意的인 差異를 認定할 수 있었으니 이는 孢子形成能力이 病原力보다 環境變異가 比較的 적은 形質이라 할 수 있다.

한편 宿主 및 人工培地上에서 孢子形成量과 病原力과의 相互關係를 比較하여 본 結果는 表 4와 같다.

即, 宿主 上의 孢子形成은 寄生繁殖이며 培地 上에서는 腐生繁殖이라고 생각할 수 있는데 Oatmeal砂糖寒天培地에서와 病斑上에서의 孢子形成力은 이는 實驗에서나 負의 相關을 보였으며 특히 農林 8號에서는 高度로 有意的인 相關이 있었다. 그리고 病原力과의 關係는 大體로 正의 相關을 보였으나 實驗에 따라 顯著한

^{<a}
Table 3: Aggressiveness of 7 strains of *Pyricularia oryzae* on the varieties, Shin 2 and Norin 8 at seedling stage.

Fungus strain	Shin 2, Inoculated on				Average ^{<b}	Norin 8, Inoculated on Nov. 27
	Nov. 8	Dec. 6	Dec. 28			
P-2b	116	50	47	71	75	
Ken 53-33	205	308	44	186	65	
Ina 72	179	343	51	191	93	
Hoku 1	20	131	86	79	46	
Ken 54-20	127	253	101	160	118	
Ken 54-04	47	266	43	119	35	
Ina 168	56	294	217	189	173	
Average	107	235	84	142	88	

<a. Based on formula, $Aggressiveness = b + 10bg + 3cdG + 40pG$. An average of 2 replication of each fungus strain or different inoculation date.

<b. Significant difference at the 1% level were found among fungus strains and inoculation date of the variety, Shin 2.

Table 4: Correlation between sporulation 7 strains of *Pyricularia oryzae* on lesion ana two factors, sporulation on oatmeal agar and aggressiveness of those different varieties at seedling stage.

	Shin 2, Inoculated on			Norin 8, Inocul. on Nov. 27 Inocul
	Nov. 8 Nox. 8	Dec. 6 Dec. 6	Dec. 28 Dec.	
Sporulation on oatmeal agar	-.504	-.323	-.279	-.890**
Aggressiveness	-.124	+.432	+.123	+.529

^{<a}
Table 5: The amount of sporulation of Ken 54-20 and its mutants of *Pyricularia oryzae* on 5 different varieties on oatmeal agar. (10^3 Conidia/lesion or ml)

Ken 54-20, Mutant	Shin 2					Average ^{<b}	Oatmeal agar ^{<b}
	Norin 6	Norin 8	Norin22	Ginga			
Ken 54-20	10.4	10.4	8.4	4.8	3.2	7.4	252
Ken 54-20b	15.2	6.8	3.2	5.6	3.6	6.8	228
Ken 54-20·ku-a	6.8	6.8	8.0	2.4	2.8	5.4	376
Ken 54-20·ku-b	11.2	12.4	7.6	8.8	3.6	8.7	484
Ken 54-20·k1	19.2	29.6	39.6	20.8	16.8	25.2	66
Ken 54-20·k2-a	22.7	4.8	23.2	18.4	12.4	16.3	222
Ken 54-20·k2-b	18.4	12.4	8.0	14.0	7.6	12.2	176
Ken 54-20·Pi No. 4	8.0	12.8	16.8	16.4	5.6	11.9	770
Average	14.0	12.0	14.4	11.4	7.0		

<a. Inoculation on May 6, releasing by thermomixing, based on 2 replication with 10 lesions counted.

<b. Differences among the mutants were significant ($p=0.99$)

差異가 있었으므로 繼續 檢討할 問題로 본다.

다음 同一菌系에서 分化되어 病原性이 달라진 突然 變異菌系들의 胞子形成力을 比較하여 본 바(表 5) 菌株 間에 顯著한 差異가 있었으며 病斑 上에서의 胞子形成數와 Oatmeal 培地上의 그것과의 關係에 있어서도 前述한 7菌系에서와 같은 傾向으로 Ken 54-20·K1은 1病斑에서의 平均胞子數(25.2×10³/ml)가 最高인데 培地上에서는 最少의 數值(66×10³/ml)를 보였다. (表5) 全體의인 相關을 求한 結果 -0.396으로 比較的 낮은 相關을 보였다.

또 病原力에 있어서도 變異菌系間에 差異가 뚜렷하며 元菌系인 Ken 54-20가 病原力指數 500인데 比較로 두 낮은 數值이었으며 特히 Ken 54-20·K1과 Ken 54-20·K2-a는 母菌의 $\frac{1}{3}$ 에 不過하였다. (表 6) 그러나 이와 反對로 宿主 上에서의 胞子形成量은 母菌보다 2~3倍의 많은 數值로서(表 6)興味있는 研究課題라고 생각된다. 따라서 이들 相互關係에 對하여는 再 檢討할 必要를 느낀다.

Table 6: Aggressiveness of Ken 54-20 and its Mutants of *Pyricularia oryzae* on 5 different varieties at seedling stage.

Ken 54-20, Mutant	Shin 2	Norin 6	Norin 8	Norin 22	Ginga	Average
Ken 54-20	746	376	489	432	456	500
Ken 54-20b	469	450	487	487	500	479
Ken 54-20·ku-a	140	252	211	196	299	239
Ken 54-20·ku-b	432	323	331	437	375	379
Ken 54-20·K ₁	187	162	136	135	175	158
Ken 54-20·K ₂ -a	253	88	101	150	174	153
Ken 54-20·K ₂ -b	665	332	313	317	301	385
Ken 54-20·Pi No. 4	570	389	491	451	349	450
Average	432	309	320	326	329	

<a. Based on formula, Aggressiveness=b+10bg+30tG+40pG. Replication was two with 17 plants in each fungus strain and variety.

<b. Differences among strains and varieties were significant at P=0.99, and P=0.95, respectively.

實驗 2. 病斑의 進展과 胞子形成과의 關係

菌系의 病原力과 宿主 上에서의 胞子形成量이 서로 相異한 傾向임을 前編에서 認定할 수 있었다. 病原力이란 病斑의 數와 그 進展度로 區分되며 이것이 胞子形成에 미치는 影響을 究明하고 또 宿主 上에서의 胞子形成量을 調査하는 方法을 確立하여 이 方面의 研究資料를 얻고자 本 實驗을 推進하였다.

1 材料 및 方法

本 實驗도 그 方法을 大部分 前項에 準하였다. 病斑의 進展度를 溫室 內에서와 定溫器 內에서 調査하고 進展率을 病斑長과 經過日數의 回歸係數로 算定하였

다. 胞子の 脫離는 Rubbing과 Thermomixing의 두 가지 方法을 適用하였다.

實驗別로 相異한 點은 다음과 같다.

(1) 病斑發現後 經過日數別

接種後 病斑이 發現되는 것은 大體로 5日後가 되었다. 罹病性病斑을 發現日 부터 1日 間隔으로 5回 採取하고 病斑長을 測定하였다. 이 때의 病斑採取도 前項과 같았다. 다만 菌系마다 두 箱子씩 接種하여 每日 두 줄에서 試料를 採取하였다. 病斑의 置床은 2~3日 間 하였다. 病斑의 進展率은 溫室 內에서 日別로 調査한 病斑長과 病斑發現後日數의 回歸係數를 求하여 算定하였다. 病斑長의 測定에는 Caliper를 使用하였다. 調査個體數는 16病斑 이었다.

(2) 病斑置床日數別

接種後 第 7日이면 罹病性病斑의 採取가 容易하게

된다. 이 때에 菌系마다 두 箱子씩 接種한 것에서 36 病斑(Rubbing), 또는 100病斑(Thermomixing)을 採取하여 28°C의 定溫器內에 螢光燈(Mitsubishi 20燭光)을 켜고 試料葉片이 든 試驗管을 넣었다가 1~5일에 菌系別로 9 또는 20個의 試料를 꺼내어 病斑長과 胞子數를 調査 하였다. 여기서 病斑의 進展率은 採取當日 및 置床後 胞子數調査前의 病斑長을 置床日數別로 測定하고 그 病斑長과 置床日數의 回歸係數에 依하여 算定하였다. 自然條件下에서도 適當한 溫度 및 濕度로 病斑上에서 胞子が 形成되어 離脫한다. 本研究에서 病斑上의 分生胞子形成을 促進하기 爲하여 濕室處理한 試料를 定溫器內에서 螢光燈 照明下에 一定期間保持하는 것을 置床이라 稱하고 表에서 Incubation으로 表現했다.

(3) 病斑密度

病斑의 密度와 1病斑當 胞子形成量을 調査하기 爲하여 比較的 病原力이 強하고 病斑上에서 胞子形成數가 많았던(實驗 1 結果參照) 菌系 Ken 53-33 및 Ina 72를

水稻品種 農林 8 號에 接種하여 罹病性病斑이 나타난後 5cm葉片內에 1~4의 病斑數를 달리한 罹病葉을 切取하여 2日間 置床하였다가 胞子數를 調査하였다. 12月 18日 接種의 첫번 째 實驗에서는 病斑數別로 12葉, 3月 4日 接種한 第2次 實驗에서는 20葉씩 採取하였다. 密度效果의 算定은 Leonard(1969)^{75,76,77}의 方法에 따랐다. 試料의 採取는 病斑型이 같은 罹病性으로서 發生部位도 可及의 葉片의 中央部에 位置한 것을 골라 個體變異를 제거 하였다. 胞子調査는 試料葉別로 調査하여 病斑當 平均胞子數를 算出하였다.

2. 結果 및 考察

(1) 病斑形成後日數와 胞子形成

前 實驗結果에서 菌系別로 病斑型別 發生程度를 病原力指數로서 記述하였다. 本 實驗은 胞子形成量을 調査하는데 가장 適合한 病斑發現後 採取時期와 病斑長의 經時的 變化를 菌系別로 檢討하였다. 病斑의 進展率을 表 7에서 보면 實驗時期에는 큰 差異가 없었으나

Table 7: Rate of susceptible lesion development when 7 different strains of *Pyricularia oryzae* with inoculated to the varieties, Shin 2 and Norin 8.

Strain	Variety ^{<a}	Diameter of susceptible lesion days after symptoms appeared (mm) ^{<b}						Coefficient of Lesion development rate ^{<c}
		1	2	3	4	5	Average	
P-2b	Shin 2	2.7	4.4	4.9	5.3	7.1	4.9	0.97
	Norin 8	3.4	4.4	5.9	7.6	7.1	5.7	1.06
Ken 53-33	Shin 2	2.4	3.8	5.3	5.2	8.9	5.1	1.44
	Norin 8	2.8	5.0	5.8	7.1	8.6	5.8	1.37
Ina 72	Shin 2	3.0	4.2	5.6	5.9	8.8	5.5	1.33
	Norin 8	4.0	5.4	6.3	8.0	8.7	6.5	1.20
Hoku 1	Shin 2	3.8	4.7	5.9	6.8	8.1	5.8	1.07
	Norin 8	3.7	3.7	5.4	6.1	7.4	5.2	0.98
Ken 54-20	Shin 2	3.5	5.2	6.1	6.8	9.4	6.2	1.34
	Norin 8	2.5	4.8	4.8	7.2	7.7	5.4	1.08
Ken 54-04	Shin 2	3.8	4.4	4.9	5.5	6.5	5.2	0.65
	Norin 8	4.3	4.9	5.2	6.3	6.9	5.5	0.56
Ina 168	Shin 2	3.4	4.0	5.4	5.5	8.5	5.4	1.27
	Norin 8	2.6	4.0	5.8	6.8	7.1	5.3	1.18
Average		3.3	4.5	5.6	6.5	7.4	5.5	1.03

<a Shin 2 and Norin 8 were inoculated on Dec. 28 and Jan. 25, respectively.

<b Based on 4 replication with 4 lesions in each strain, variety and days after symptom appeared.

<c Based on the formula of regression coefficient of lesion length against time in days after symptom appeared.

菌系間에는 病原力과 關聯하여 差異를 認定할 수 있었다. 即 Ken 53-33의 菌系는 病斑形成初期에는 가장 적은 病斑이었는데 그 進展率은 7菌系中 最大値를 보였고 反對로 病原力이 弱하였던 Ken 54-04의 菌系는 發現初에는 가장 큰 病斑이었지만 그 進展率은 最小値로서 全平均値의 約 $\frac{1}{2}$ 에 該當하였다.

또 供試植物의 生育이 良好하였던 農林 8號(12月 20日 播種)病斑 進展率은 新 2號(11月 22日 播種)보다

낮았다. 따라서 植物의 樂養 및 生長狀態가 좋거나 또는 侵害力이 弱한 菌系에 感染된 病斑의 進展은 低下된다고 하겠다.

胞子形成量을 살펴보면(表 8) 實驗間에 큰 差가 있으며 菌系에 따라서 若干의 差는 있으나 大體로 病斑形成初期(1~3日)에 많은 胞子가 形成되었다.

그리고 2回 反復實驗하면서 新 2號와 農林 8號의 品種을 各各 달리하였는데 다 같이 Ina 72菌系에서 가장 많은 胞子가 形成되었으므로 菌系選擇에도 考慮해

^{<a}
Table 8: The number of conidia of a susceptible lesion 5 days from inoculation on leaves with 7 different strains of *Pyricularia oryzae* counted daily followed by 48 hours incubation.

Variety ^{<b}	Strain	No. of Conidia (10 ³ /lesion) days after symptoms appeared					Average ^{<c}
		1	2	3	4	5	
Shin 2	P-2b	6.0	5.1	2.0	3.3	5.6	4.4 C D
	Ken 53-33	6.6	9.6	9.9	16.0	4.3	11.6 C D
	Ina 72	12.2	37.4	30.1	23.7	19.6	24.6 A
	Hoku 1	10.2	14.9	21.3	15.9	12.9	15.0 AB
	Ken 54-20	0.9	10.7	4.1	3.5	3.1	4.5 C D
	Ken 54-04	2.8	3.7	2.9	0.0	0.0	2.5 D
	Ina 168	19.4	11.1	7.0	4.5	14.8	11.4 BC
	Average	8.3	17.2	11.0	9.6	8.6	
Norin 8	P-2b	48.0	66.4	37.3	22.0	11.3	37.0
	Ken 53-33	55.1	55.1	52.3	25.4	5.7	38.7
	Ina 72	247.2	278.3	165.3	52.3	24.0	153.4
	Hoku 1	62.2	69.2	66.4	34.5	29.6	52.4
	Ken 54-20	73.5	91.8	52.3	7.1	19.8	48.9
	Ken 54-04	62.2	104.7	15.5	13.6	8.5	40.9
	Ina 168	25.4	62.2	42.4	26.8	29.7	37.3
	Average	81.9	104.0	61.6	26.0	18.4	
		A	A	A	B	B	B

<a. Based on 3 replication of 4 lesions of each fungus strain, variety and days after appeared of lesions.

<b. Varieties, Shin 2 and Norin 8 were inoculated on Dec. 26 and Jan. 25, released of conidia by rubbing and Thermomixing, respectively.

<c. Values followed by the same letter are not significantly different (Duncan's new multiple range test, P=0.95).

야 할 必要를 느꼈다. 胞子形成量에 對한 分散分析의 結果 病斑形成後 日數間 胞子形成量의 差異는 農林 8號에서만이 有意性이 있었으므로 環境條件에 따라 變異가 크고 採取日의 決定에도 注意를 要할 것으로 본다(表 8) 또 病斑의 크기와 胞子形成量間에는 關係가 없

는듯 하나 自然圃場에서의 病斑에 對한 檢討가 必要한 것으로 본다. Knutson(1962)은 감자 疫病의 病斑上에서 胞子形成量과 病斑의 크기와는 關係가 없으며 溫室栽培植物보다 圃場栽培의 것이나 또는 圃場에서 溫室로 옮겨 심은 것이 훨씬 罹病性이었으며 病斑이 더 크

고 病斑數도 많았다고 하였다. 稻熱病 病斑의 性質 (密度, 크기, 伸長性等)에 對해서는 抵抗性과 關聯하여 많은 研究가 되어있다.

그 中 黑崎(1960)⁷²⁾는 病斑의 擴大狀況을 經時的으로 觀察하여 “staling”型의 進展樣式을 認定하였고 그 病斑長의 分布圖로 寄主組織의 抵抗性의 經時的 變化를 記述할 수 있다고 하였다.

(2) 病斑의 置床日數와 胞子形成

稻熱病病斑 上의 胞子形成量을 調査하는 方法으로서 罹病葉 上의 病斑을 一定期間 置床함을 要한다. 本 實驗結果 表9에서 胞子形成數를 보면 實驗時期에 따라 큰 差異가 있었으며 置床期間에 對해서도 첫째 實驗에서는 2~3日이 胞子數가 많았는데 第2實驗에서는 4日째가 많았고 第3實驗에서는 置床日數가 갈수록 第5日까

Table 9. The number of conidia 10^2 /lesion when leaves were 7 days from inoculated with 7 different strains of *Pyricularia oryzae* were counted followed by incubation.

Variety and date of inoculation	Strain	10^2 conidia/lesion, leaves incubated for days					Average	<c	
		1	2	3	4	5			
<a Shin 2	P-2b	1.7	7.2	16.4	14.4		9.9	A	
	Ken 53-33	0.0	0.8	5.9	1.8		2.1	A	
	Nov. 8	Ina 72	12.8	78.8	31.5	49.1		43.1	B
		Hoku 1	8.1	3.0	8.4	6.0		6.4	A
		Kea 54-20	13.8	17.8	38.2	16.7		21.6	B
		Ken 54-04	0.0	5.7	7.9	2.7		4.1	A
		Ina 168	12.3	8.4	11.9	7.4		10.0	A
Average	7.0	17.4	17.2	14.0					
<a Norin 8	P-2b	22.3	42.1	13.0	19.5		24.2	A	
	Ken 53-33	9.9	16.6	16.4	48.6		23.9	A	
	Nov. 27	Ina 72	33.1	34.4	30.6	41.3		34.8	A
		Hoku 1	3.9	3.9	12.6	23.5		11.0	B
		Ken 54-20	4.0	13.1	6.4	32.5		14.0	B
		Ken 54-04	1.4	6.4	5.5	6.4		4.9	B
		Ina 168	9.4	17.7	46.3	30.4		26.0	A
Average	12.0	19.2	18.7	28.9					
		A	A	A	B				
<b Shin 2	p-2b	25	116	80	74	77	74.4	A	
	Ken 53-33	40	46	111	118	208	104.6	AB	
	Mar. 18	Ina 72	42	154	282	207	352	207.4	C
		Hoku 1	30	52	104	129	160	95.0	AB
		Ken 54-20	76	128	174	160	196	146.8	B
		ken 54-04	14	20	42	87	88	50.2	A
		Ina 168	34	24	166	188	201	122.6	B
Average	37.3	77.1	137.0	183.1					
		A	A	B	B	B			

<a. Based on 3 replication with 3 lesions of each fungus strain and days of incubated, and conidia were released by rubbing.

<b. Based on 2 replication with 10 lesions of each fungus strain and days of incubation, and conidia were released by Thermomixing.

<c. Values followed the same letter are not significantly different (Duncan's new multiple range test, $P=0.95$)

지 胞子量이 增加하였으며 第 2, 3實驗에서는 置床日數 間에 有意差가 있었다. 實驗(1), (2)에서 胞子形成量이 顯著히 적은 것은 短日條件 下에서의 生育不良에 基因된 것으로 보며 胞子形成數가 置床日數에 影響이 없었고 特히 첫째 實驗의 4日間 置床區에서는 잎이 軟化하고 病斑周圍가 甚하게 脫綠되었다. 그러나 第3實驗에서는 p-2b菌系區를 除外하고는 置床 5日 後까지도

胞子形成이 增加되고 軟白現象도 全然 없었다.

各 實驗 別 胞子數의 分散分析에서 置床日數間에 有意差가 認定되지 않았든 第 1, 2實驗에서는 그 原因이 調査個體數(3×3病斑)의 寡少에 있었다고 보며 第3實驗에서와 같이 最少限 20個(10×2病斑)以上の sample size가 必要한 것으로 생각된다.

또 本 實驗에서도 置床期間에 따른 病斑長의 經時的

Table 10. The rate of lesion development in different incubation days of 7 strains of *Pyricularia oryzae* on the variety, Shin 2.

Strain	Diameter of lesion days after incubated(mm) <a					<b Coefficient of lesion development rate
	0	1	2	3	4	
P-2b	5.2	7.4	8.1	10.9	9.6	1.37
Ken 53-33	5.5	6.8	10.5	12.9	12.2	1.92
Ina 72	4.8	7.4	8.9	9.9	10.7	1.58
Hoku 1	4.7	6.2	7.2	10.2	12.0	1.83
Ken-54-20	5.2	7.1	9.1	10.1	12.5	1.77
Ken 54-04	5.2	5.9	6.9	6.8	10.0	0.96
Ina 168	4.6	7.3	8.0	9.1	11.6	1.66
Average	5.0	6.8	8.4	10.0	11.7	1.57

<a. Based on 3 replication with 3 lesions of each fungus strain and days of incubated from 7 days after inoculation.

<b. Calculated by regression coefficient of lesion length against time in Pays during incubation.

變化를 第3實驗에서 調査하였다. 表10에서 보면 病斑 發現後 2~3日(接種後 7日)에 採取하였기 때문에 採取 時 病斑長이 平均 5mm程度의 進展된 病斑이었는데 置

床中 病斑進展率은 採取하지 않고 室内 生長을 繼續시킨 것 보다 큰 數値를 보이고 있다. 即 置床의 어느 期間까지는 病斑伸長에 好條件이 繼續된다고 본다.

Table 11: Correlation between development of lesion and sporulation on host plants and aggressiveness of 7 strains of *Pyricularia oryzae* studied in 10 years.

	<a	Sporulation on host lesion	<b
	Experiment, Variety		Aggressiveness in 10 years
Length of lesion	Shin 2 (1)	-.679	-.326
	Norin 8(2)	-.044	-.693
	Shin 2 (3)	-.449	-.344
Coefficient of lesion development	Shin 2 (1)	+.165	+.908**
	Norin 8(2)	+.136	+.853**
	Shin 2 (3)	+.199	+.788**

<a Based on data (1), (2) from Table 7 and (3) from Table 10.

<b Based on data from Kiyosawa (1972)⁶³.

病斑의 크기(길이), 進展速度와 胞子形成能(sporulation potency), 病原力과의 相互關係를 表11에서 보면

試料採取時的 病斑長은 胞子形成能 및 病原力과 有意性은 認定할 수 없으나 負의 相關을 보이고 病斑進展

率は 그와 反對로 正의 相關을 보였으며 特히 病原力과는 病斑發現後 經時的進展率이나 病斑採取後 置床期間 中の 進展率이 正의 높은 相關을 보이고 있어 病原力を 病斑型別 病斑數를 調査하여 評價하는 從來 方式보다 簡便한 罹病性病斑의 進展率을 測定하여 評價할 수 있는 可能性이 認定된다.

結論的으로 本 實驗을 綜合하여 孢子形成量에 對한 分析 結果 菌系間 및 置床日數 間에 有意性이 認定되었다.

(3) 病斑密度와 孢子形成

室內에서 病菌의 病原性 또는 品種의 抵抗力을 檢定 하려면 一定濃度の 孢子浮游液을 接種하여 나타나는 病斑數, 病斑型을 綜合評價하고 圃場檢定에서는 病斑面積率로 評價되는 것이 普通이지만 이것은 病菌이 宿主를 侵害하는 能力과 宿主가 그에 抵抗하는 힘의 一部를 調査하는데 지나지 않는다. 傳染初期에는 少數의 病斑數를 보이지만 그 後 宿主上에서 病菌이 急激히 增殖하여 宿主에게 큰 影響을 미치는 수도 있다. 따라서 圃場抵抗性을 처음 發生하는 病斑數와 그 後 病斑數가 어떻게 增加하는가를 關聯시켜 이 增殖力에 對應하는 抵抗力 即 病菌의 增殖을 어떻게 抑制하고 있는

가를 評價함이 더욱 合理的이다. 本 實驗은 病斑數에 따른 孢子形成能을 調査하여 그의 相互關係를 究明하였다.

單位面積 內的 病斑數 增加는 病斑當病原菌의 增殖率을 減少시킨다는 報告가 있다.^{39,75,65,66}, Leonard (1969, Fig. 5)⁷⁵는 病斑數의 漸增에 따라 1病斑當 孢子形成量이 減少되는 現象을 圖解하였다. 그 圖表中 曲線은 다음 式으로 表示된다.

$$y = \beta e^{\alpha x} \dots\dots\dots(1)$$

y는 1病斑上에 形成된 孢子數, x는 1葉當病斑數, β 와 α 는 常數 여기에 α 는 孢子形成에 對한 病斑數의 密度效果의 程度를 表示하는 恒數이며 密度效果係數 (density effect coefficient)⁷⁵라 불리운다. 이 式에서

$$\log_e y = \log_e \beta + \alpha x, \dots\dots\dots(2)$$

α 의 값은 式(2)의 回歸係數로써 計算하였다.

密度效果係數를 實驗 (1), (2)에서 計算하여 表 12에 提示하였다. 實驗 (1)에서는 負의 效果가 有意的으로, 實驗 (2)에서는 有意性은 없으나 負相關의 傾向이었다. 따라서 이 實驗의 範圍 內에서는 負의 密度效果가 있었다고 할 수 있으며 結論的으로 1葉當 病斑數가 增加

Table 12: The amount of sporulation (10^2 /lesion) on the leaves with 1-4 lesions when 2 strains *Pyricularia oryzae* were inoculated at different season.

Varety and date of inoculation	Fungus strain	The number of lesions/leaf					Average	Density effect coefficient ^{<b}
		1	2	3	4			
Norin 8 Dec. 18	Ken 53-33	10.6	3.8	3.7	3.0	5.3	- .365*	
	Ina 72	26.6	16.3	19.3	5.4	16.9	- .520*	
Norin 8 Mar. 4	Ken 53-33	140	86	88	96	103	- .022	
	Ina 72	360	356	424	322	366	- .023	

<a Based on 3×4 lesions released by rubbing and 2×10 lesions released by Thermomixing, inoculated on Dec. 18 and Mar. 4, respectively.

<b Calculated as the regression coefficient of equation by Leonard (1969).⁷⁵

하면 거기에 包含된 病斑 1個當 孢子形成數가 減少되어 病斑數 增加와 平行的으로 增殖力이 增大되지 않는다고 할 수 있다.

實驗 3. 벼 品種의 圃場抵抗性和 稻熱病菌의 孢子形成과의 關係

벼 稻熱病은 勿論 各種 作物의 病害抵抗性育種에 있어서 圃場抵抗性의 重要性이 再認識되었고 또 圃場抵

抗性은 病原菌의 宿主 上에서의 病斑形成 및 孢子形成에 對한 抑制作用을 同時에 考慮해야 할 假階에 이르렀다. 前章의 研究結果에서는 菌系의 宿主上에서의 孢子形成能의 差異와 室內 幼苗期의 孢子形成量을 調査하는 方法을 提示하였다.

本 研究의 終局的인 目的은 많은 品種의 圃場抵抗性을 評價하는 方法을 究明하는데 있다. 그러나 從來의 많은 研究結果에서 病菌의 病斑形成에 對한 宿主의 抵抗性檢定은 環境에 따라 變異가 크고 調査評價하는데

여러가지 難點이 隨伴되어 있었고 前章의 實驗結果에서도 이것을 指摘하였다.

本 實驗은 宿主 上에서의 病菌의 孢子形成에 對한 各 品種間 差異의 有無와 病原力과의 相互關係를 밝히려고 遂行하였다.

1. 材料 및 方法

本 實驗은 (1)과 (2)로 區分 遂行하였다.

(1) 實驗에서는 眞性抵抗性 推定因子型 “新2號型” 5品種 即 農林 6號, 農林3號, 農林22號 新2號 및 銀河를 供試하고 1月 10日, 17日, 24日에 播種하여 前 實驗結果에서의 病原力과 孢子形成을 參照하여 菌系 Ken 53-33, Ina 72 및 Ken 54-20의 3菌系를 2月 12日, 22日 26日에 各各 接種하였다. 病原力調査는 每區 68個體의 病斑을 調査平均하였고 孢子形成數는 前法(Thermomixing)에 準하여 20病斑씩 調査平均하였다.

(2) 實驗에서는 眞性抵抗性과 圃場抵抗性程度를 考慮하여 “新2號 型” 品種, 農林 6號, 農林 8號, 農林22號, 新 2號 및 銀河와 “Aichi Asahi型” 品種, 愛知旭 農林 17號 및 Homae Nishiki, “關東 51號型” 品種 Kusabue와 關東 51號의 10品種을 2月 14日 및 3月 21

日에 播種하고 이들 品種의 眞性抵抗性을 侵害할 수 있는 病原性 菌系 Ken 53-33, Ken54-20-k⁺ 및 Hoku 1-k⁺를 3月 13日과 4月 21日에 各各 接種하였다. 病原力 및 孢子調査는 前 實驗과 같다.

이 品種들의 圃場抵抗性程度는 愛知旭, 農林17號 및 Kusabue 極弱, 農林 6號는 弱, 農林 8號는 中位, 農林 22號 및 新 2號는 中強이며 銀河와 Homae Nishiki는 抵抗性이 強한 것으로, 또 關東 51號는 Kusabue보다 圃場에서 強한 便으로 알려져 있다^{10, 27, 47}. 한 便 菌系 Hoku 1-k⁺와 54-20-k⁺는 Hoku 1과 Ken 54-20에서 各各 由來된 變異菌系로서 *bi-k*의 眞性抵抗性因子를 갖은 品種을 侵害하는 것이다.

2. 結果 및 考察

實驗(1)에서 水稻 5品種의 圃場抵抗性을 病斑形成 및 孢子形成에 對한 抑制效果로 區分 調査하였다. 3菌系에 對한 品種의 反應을 表13과 表14에 各各 綜合하였다. 菌系別로 孢子形成力의 差異가 있어, 어느 實驗時期에서나 Ina 72가 顯著히 많았고, Ken 54-20이 有意적으로 적었다. 品種間 差異는 菌系에 따라 若干順位가 바뀌지는 것 같았으나, Ken 54-20과 같이 孢子形

Table 13. The amount of sporulation 10² conidia/lesion 3 strains of *Pyricularia oryzae* were inoculated on 5 different varieties at three different periods.

Strain	Date of inoculation	Norin 6	Norin 8	Norin 22	Shin 2	Ginga	Average ^{<b}
Ken 53-33	Feb. 12	266	147	141	195	233	196.4
	Feb. 22	296	218	219	170	60	192.6
	Feb. 26	486	284	317	189	341	323.4
	<b Average	349.3	216.3	235.7	183.7	211.3	
Ina 72	Feb. 12	285	302	233	181	248	247.8
	Feb. 22	602	459	358	287	191	379.4
	Feb. 26	386	410	339	374	461	394.0
	<b Average	424.3	390.3	306.7	280.7	300.0	
Ken 54-20	Feb. 12	24	17	8	11	17	15.4
	Feb. 22	103	69	72	60	119	84.6
	Feb. 26	35	5	15	69	39	32.6
	<b Average	54.0	30.3	31.7	46.7	58.3	
<b Grand average		275.9	212.3	188.0	170.7	189.9	

<a. Based on 4 replication with 5 lesions released by Thermomixing.

<b. Significant differences among the varieties and fungus strains were found at p=0.95, and 0.99, respectively.

成력이 적은 菌系는 變異性과 誤差가 크자 나타나 品種間差를 보기 어려웠다. Ken 53-33과 Ina 72의 菌系에서 보면 農林 6號가 가장 많고 그 順位는 農林 6號> 農林 8號> 農林 22號> 銀河> 新2號였으며 品種間에

有意差가 있었다. (表 13)

한 便 病菌의 病原力에 對한 抵抗力을 品種別로 表14에서 보면 菌系間에 큰 差異없이 農林8號> 農林3號> 農林 22號> 新 2號> 銀河의 順位로 品種間에 有意的

<a
Table 14. Aggressiveness of 3 strains of *Pyricularia oryzae* were inoculated to 5 varieties at two different periods.

Strain	Date of inoculation	Norin 6	Norin 8	Norin 22	Shin 2	Ginga	Average
Ken 53-33	Feb. 12	343.7	313.4	197.1	222.6	122.6	239.9
	Feb. 22	207.0	239.0	198.3	186.3	94.3	185.0
	Average	275.4	276.2	197.6	204.5	108.5	212.5
Ina 72	Feb. 12	68.2	67.1	87.2	55.6	65.6	68.7
	Feb. 22	370.5	383.2	253.5	249.0	223.5	295.9
	Average	219.4	225.2	170.4	152.3	144.6	182.3
Ken 54-20	Feb. 12	186.3	263.8	123.3	161.6	63.3	195.7
	Feb. 22	246.5	310.3	177.3	223.5	198.5	231.2
	Average	216.4	287.1	150.3	192.6	130.9	195.5
<b Grand average		237.1	254.7	180.3	180.0	128.0	

<a. Based on formula, Aggressiveness= $b+10bg+30bG+40pG$, and an average of lesion number on 68 plants which were grown in two seedling boxes.

<b. Differences among the varieties were significant (P=0.99)

<a
Table 15. The amount of sporulation 10^2 conidia/lesion 3 strains of *Pyricularia oryzae* were inoculated on 10 different varieties at two different periods.

Strain	Date of inoculation	Kusabue	Aichi Asahi	Norin 17	Norin 6	Knto 51	Norin 8	Norin 22	Shin 2	Ginga	Honare Nishiki	<b Average
Ken 53-33	Mar. 13	330	265	255	309	251	165	168	209	157	270	238
	Apr. 21	216	114	80	210	58	36	138	62	94	104	111
	Average	273	190	168	260	155	101	153	136	126	187	
Ken 54-20-h*	Mar. 13	173	182	179	363	258	160	193	234	177	192	211
	Apr. 21	126	76	121	178	112	162	242	178	66	76	134
	Average	150	129	150	271	185	161	218	206	122	134	
Hoku 1-h*	Mar. 13	44	20	37	98	67	19	30	52	54	28	50
	Apr. 21	20	24	24	120	32	40	40	16	13	24	30
	Average	32	22	31	109	50	30	35	34	34	26	
<b Grand average		152	114	116	213	130	97	135	125	94	116	

<a. Based on two replication with 10 lesions released of conidia by Thermomixing.

<b. Differences among the varieties and fungus strains were significant (P=0.99).

인 差異가 있었다.

3個의 實驗을 綜合한 孢子形成量의 分析結果에는 品種間, 菌系間 및 實驗間에 高度의 有意差가 있었으나 相互作用에는 모두 差異가 없고 孢子形成은 實驗時期에 따라 量的인 差異는 免하기 어렵지만 菌系間 또는 品種間 順位가 逆轉되는 일은 없었고 安定성이 높은 特性이라고 본다. 그러나 病原力은 2個 實驗結果를 綜合分析한 바 品種間 및 實驗間에는 有意差가 있으나 菌系間에는 없었으며 이것은 菌系와 實驗間의 相互作用 때문이라고 본다. 即 菌系の 病原力은 環境變異가 크다는 것을 前章의 實驗에서도 認定하였다.

다음 第2의 實驗에서 10品種에 3個菌系를 接種하여 같은 方法으로 孢子形成量과 病原力을 調査하여 表 15와 表 16에 綜合하였다. 表 15에서 孢子形成量은 實驗時期別差異가 顯著하였고 菌系間的 差異도 컸다. 品種間的 差異를 보면 農林6號가 가장 많았고 農林 8號와 銀河보다도 2培의 孢子가 形成되었다. 統計分析結果 品種間, 實驗間, 菌系間에도 높은 有意差가 있었다. (表 15)

病原力指數에 있어서는 첫째 實驗에서와 같은 傾向으로 有意差가 있었다. 品種間差는 그 順位가 前實驗과 傾向이 다르며 農林 8號 > 新 2號 > 農林 6號 > 農林

<a
Table 16. Aggressiveness of 3 strains of *pyricularia oryzae* were inoculated to 10 different varieties at two different periods.

Strain	Date of inoculation	Kusabue	Aichi Asahi	Norin 17	Norin 6	Kanto 51	Norin 8	Norin 22	Shin 2	Ginga	Homare Nishiki	<b Average
Ken 53-33	Mar. 13	286	302	286	274	304	326	298	310	258	324	297
	Apr. 21	484	430	383	386	234	345	280	565	219	184	351
	Average	385	366	335	330	269	336	289	438	239	254	
Ken 54-20-k ⁺	Mar. 13	280	318	290	322	188	342	320	332	292	278	296
	Apr. 21	217	867	682	590	164	620	508	689	295	357	499
	Average	249	593	486	456	176	481	414	511	294	318	
Hoku 1-k ⁺	Mar. 13	175	220	200	209	284	273	122	152	91	140	187
	Apr. 21	171	164	134	139	77	133	126	137	43	85	121
	Average	173	192	167	174	181	203	124	145	67	123	
<b Grand average		269	384	329	320	209	440	276	364	200	231	

<a. Based on formula, Aggressiveness = $b + 10bg + 30tG + 4cG$, and an average of lesion number on 68 plants which were grown in two boxes.

<b. Differences among the varieties and fungus strains were significant, $p=0.95$ and 0.99 , respectively.

22號 > 銀河로서 病原力이 實驗에 따라 一致하지 않았다(表 16).

前 I, II의 實驗結果(表 4, 11) 宿主上에서의 病菌의 菌系間 孢子形成力의 差異만 明白하고 病原力의 差異는 없었으나 相關關係는 낮은 正相關이었는데, 本 實驗의 結果 얻어진 相關關係는 表 17에 綜合했다.

첫째 實驗, 5品種間에서는 菌系 Ina 72만이 孢子數와 病原力間에 正相關이 있었다. 이것은 病斑形成에 對한 抑制能力과 孢子形成에 對한 그것이 平行關係에 있다는 것을 意味한다. Ken 54-20의 菌系에서는 負의 相關値로서 이것은 菌系間的 差異가 있음을 暗示한다.

둘째 10品種의 實驗에서는 正의 相關値가 極히 낮았다.

다음 圃場 및 室內檢定結果 評價한 ^{19, 28, 55)} 圃場抵抗性의 程度를 다음과 같이 分級했다. Homare Nishiki, 銀河(1), 新 2號(3), 農林22號(3, 5), 關東51號 農林 8號(5), 農林 6號, 農林17號, Kusabue(7). 이 數量的 抵抗性程度와 病斑形成 및 孢子形成量과의 相關은 孢子形成보다 病斑形成의 便이 더 密接한 關係를 보였다. 이것은 病原力指數로 圃場抵抗性을 評價하는 便이 近似値를 얻기 쉽다고 解釋되지만 病原力이 實驗別로 差異가 크고 環境變異가 甚한 特性이라는 點에서 보다 安定성이

<a

Table 17. Correlation coefficients between various values.

Group of true resistance type	No. of variety	Fungus strain	Between resistance to lesion formation and sporulation	Between field resistance and resistance to		Between first and second series	
				Lesion from.	Sporul.	Lesion form.	Sporul.
Shin 2	5	Ken 53-33	+ .499	+ .972**	+ .684	+ .474	+ .927*
		Ina 72	+ .945**	+ .918*	+ .857		
		Ken 54-20	- .454	+ .747	- .335	+ .699	- .027
		Average	+ .381	+ .798	+ .690	+ .736	+ .687
Shin 2	5	Ken 53-33	+ .223	+ .568	+ .489		
Kanto 51	2	Ken 54-20-k*	+ .140	+ .411	+ .139		
Aichi Asahi	3	Hoku 1-k'	+ .148	+ .823**	+ .181		
		Average	+ .103	+ .635	+ .370		

<a Grand average in Table 13, 14, 15 and 16 were used for calculation of correlation coefficients.

높은 胞子形成에 對한 抵抗力을 重視해야 할 것으로 본다. 또 從來의 評價値가 主로 病原力으로 表示되는 病菌의 侵害力에 對한 抵抗力을 본 것이며 極히 部分的으로만 胞子形成力에 對한 抵抗力이 影響하였을 것이다.

胞子形成量과 病原力과의 相關關係가 稀薄하다는 事實이 서로 獨立인 遺傳의 特性에서 온 것이라면 圃場抵抗성과 病斑形成에 對한 抵抗성과의 密接한 關係가 胞子形成에 對한 抵抗성의 差異에 依해서 깨트러질 可能性도 暗示하는 것이며 今後의 研究課題로 提示한다.

Ⅲ. 綜合考察

作物病害抵抗성의 育種方向은 圃場抵抗성의 利用에서 眞性抵抗性利用으로 推進되어 왔으며 水稻의 稻熱病抵抗性育種도 그 한 例이다. 그러나 감자의 品種 Vertifolia에서와 같이 眞性抵抗品種의 罹病化¹¹⁹⁾가 各國 各作物에서 일어나 育種의 方向도 再考를 하게 되었다. 그의 育種의 對策은 (1) 圃場抵抗성과 眞性抵抗성의 結合 (2) 眞性抵抗性遺傳子의 集積 (3) 多系混合品種의 利用 (4) 眞性抵抗性品種의 交替栽培等의 方法으로 要約되며 ^{43, 44, 44, 65, 66, 86, 120)} 清澤(1973)⁶⁷⁾에 依하면 Vertifolia effect의 原因으로서 (1) 眞性抵抗性遺傳子 그 自體의 圃場抵抗성을 低下시키는 多面發現作用 (2) 眞性抵抗性遺傳子 導入의 過程에서 圃場抵抗性遺傳子의 脫落을 假定하고 萬一 前者가 主因이 된다면 眞性抵抗性에 圃場抵抗성의 附加는 不可能할 것이며

同一 眞性抵抗성을 가진 系統間에도 圃場抵抗성에 差가 있었다는 研究報告를 綜合하여 後者가 支配인 原因이라는 것을 支持하였다.

이에 따르면 抵抗性品種의 罹病化現象에 對한 育種의 對應策으로 圃場抵抗性 遺傳子의 脫落을 防止하고 또 積極으로 因子源을 探索導入하는 手段이 要請된다.

寄生病에 對한 作物의 圃場抵抗성은 圃場에서 宿主品種上에서의 病原菌의 傳染率(侵害力)을 比較하므로서 評價되는 것이다. 그러나 抵抗性品種을 侵害할 수 있는 病原성을 가진 病原菌이 存在하지 않을 때나 그 存在하는 密度가 너무 稀薄하면 自然感染으로 罹病하지 않음으로 人爲으로 適當한 菌系를 接種하여야 하며 또는 이와 反對로 甚한 發病을 할때에도 圃場抵抗성의 評價는 不可能하게 된다. 그러나 이것을 檢定할 目的으로 危險한 菌系를 圃場에 放出하는 것도 問題가 되기 때문에 隔離된 硝子室內에서의 檢定이 不可避하게 된다.

硝子室內에서 圃場抵抗성을 檢定하는 方法에 對해서는 若干의 試驗結果가 있으며 ^{47, 48, 83)} 硝子室內에서 幼苗에 特定 菌系를 接種하여 나타나는 病斑數를 比較하므로써 그 抵抗性 程度를 推定할 수 있게 되었다. 또 柚木等(1970)¹²²⁾ 또는 江塚등(1970)¹²³⁾은 圃場(밭 못자리)에서 自然感染에 依한 發病程度를 比較하는 方法을 提示하고 供試品種을 먼저 眞性抵抗性 遺傳子型別로 分類해야 한다고 하였다.

現在까지의 벼 稻熱病에 對한 圃場抵抗성의 硝子室 檢定에 關한 研究는 그리 많지 않다. 清澤(1966)⁴⁷⁾는

病原력이 弱한 菌系 Ken 54-04를 幼苗期에 噴霧 또는 注射 接種하여 그 檢定の 可能性을 提示하였고 新關⁹³⁾ (1967)는 되도록 成長한 苗(本葉 6~7葉期)에 噴霧接種한 結果가 圃場에서의 抵抗性程度와 平行關係에 있었다고 하였다. 그러나 이러한 試驗은 病原菌이 病斑을 形成시키는데 對한 宿主의 抵抗性程度를 調査하는데 不適當하였다.

病原菌의 傳染能力은 病斑形成과 胞子形成의 두가지 形態의 Potency로 區分된다. 稻熱病抵抗性에 있어서 後者即 胞子形成에 對한 宿主의 抑制效果에 關한 研究는 없다. 그리하여 이 方面의 研究調査 方法을 究明하고 病菌의 病原力에 關與하는 若干의 形質이 胞子形成力과 如何히 關係하는가 등을 考慮하면서 研究를 推進한 것이다.

1. 稻熱病菌의 病原力과 病斑上에서의 胞子形成力의 菌系間 差異

여 品種의 稻熱病抵抗性 判別用 菌株 7菌系를 이 菌系들에게 特異의 抵抗性을 갖지 않는 罹病性 品種의 幼苗에 接種하여 發生한 病斑上에 形成된 分生胞子를 分離하여 그 數를 調査하였다. (表 1) 即 表 1, 2에서 보는 것과 같은 여러 時期에 5回 試驗한 成績을 取捨하였던 바 어느 實驗에서나 菌系間에 統計의 有意差가 認定되었으며 實驗間에도 큰 差異를 보였다. 그 菌系間 差異를 보면 菌系 Ken 54-04, Ken 53-33 Hoku 1이 적은 편이었으며 Ina 72는 壓倒的으로 胞子形成數가 많았다.

한편 接種後 7~3일에 發現한 病斑數를 病斑型別로 調査하여 病原力指數(infections rate)를 求하여 菌系間 侵害力을 比較하였다. (表 3) 4회에 걸친 實驗에서 病原力을 調査하였으나 菌系間的 有意的인 差異가 없었고 다만 實驗間에는 큰 差가 認定되었다. 따라서 病斑形成은 環境條件에 依하여 變異性이 큰 것이라고 볼수 있다.

病斑形成力에 依한 菌系의 病原力과 病斑上에서의 胞子形成力과의 相互關係를 보면 낮은 數值의 正相關을 나타내고 있었으며 이것은 病原力에 關與하는 要因以外的 因子가 胞子形成力에 作用하고 있을 可能性을 示唆하는 것이다.

現在로서는 우리는 菌系間的 傳染力을 比較할 좋은 方法을 모르기 때문에 特殊한 菌系에 對한 品種의 圃場抵抗性을 檢定하는 方法도 不確實하다. 그러므로 本實驗에서 病原力과 宿主上에서의 胞子形成力과의 相關이 낮았다고는 하지만 菌系의 傳染力은 病原力이나 혹은 胞子形成力과의 評價만으로도 可能하리라고 본다.

더욱이 病原力의 不安定성과 胞子形成力의 比較的 높은 安定性은 調査에 難點은 있으나 胞子形成力이 病原力보다는 合理的인 特性이라고 推定된다. 宿主植物에서의 胞子形成과 病原力과의 關係가 必然的인 것이 아니었다는 報告가 감자의 疫病의 抵抗性研究⁹⁴⁾에서 있었다. 그러나 이 相互關係에 對해서는 보다 많은 菌系와 品種을 利用하여 再確認할 必要가 있다고 본다.

實驗에 따라 接種前 培地上에서의 胞子數를 比較하였으며 또 過去 成績을 綜合한 時期의인 培地上에서의 胞子形成能은 Oatmeal 砂糖寒天培地와 大麥穀粒培地를 比較하였다. 過去成績에 對해서는 清澤(1972)⁹⁵⁾가 따로히 報告한 것도 있다. 本實驗範圍內에서 보면 各試驗마다 培地上에서의 胞子形成量이 負의 相關이 認定되었다. 勿論 菌系間的 胞子形成力이 培養基에 따라 다르다는 報告는 많다.^{16, 63, 102, 122)}

宿主上에서의 培養基上에서의 胞子形成能은 獨立的인 菌의 特性으로 보인다. 萬一 腐生圈에서의 生存이 Robinson(1971)⁹⁶⁾에 의하여 指摘한 것처럼 稻熱病菌과 같은 寄生病菌 菌系의 安定化淘汰(stabilizing selection)에 重要な 役割을 한다면 胞子形成能(力)은 菌系의 適應度(fitness)에 있어서 하나의 大端히 重要な 特性이 될 것이다. 그러나 培養基에 따라 胞子形成能이 獨立的이라고 하면 腐生圈에서의 各菌系의 自然的 胞子形成能力을 評價하기 어렵게 된다. 따라서 우리는 菌系들의 越年期間中の 自然條件과 가장 近似한 培養基를 찾아야 할 것이다.

菌系의 適應度(力)는 越冬(年)力과 傳染力(增殖力)으로 나누어지고 傳染力은 다시 病原力과 胞子形成力으로 區分되는 疫學的 見地에서 菌系의 越冬力과 같은 腐生圈에서의 胞子形成力을 培養基를 利用하여 더욱 高次的인 研究가 있어야 한다고 본다.

稻熱病菌의 病原性의 分化는 그 原因으로서 自然突然變異에 依存된다고 하는 說이 支配的이며 많은 研究結果가 이를 뒷받침하고 있다. 여 品種의 眞性抵抗性을 侵害할 수 있는 病原性의 變異와 더불어 病原力 및 胞子形成力이 母菌系와 變異菌이 如何히 相異한 것인가를 밝히는 것은 抵抗性育種上 重要な 일이다. 本實驗에서는 菌系 Ken 54-20에서 얻어진 突然變異菌系(7個)의 病原性에 特異的인 抵抗性을 갖지 않는 品種 新 2號 農林 6號 農林 8號 農林 22號 및 銀河의 5品種의 幼苗에 接種하여 實驗하였는데 宿主植物에서의 胞子形成力 및 培養基上에서의 胞子形成量이 菌系別로 有意的인 差異가 있으며 이들 相互關係에 있어서도 負의 相關을 보였었다. 또 病原力에 있어서도 菌系間에 差異가 認

定되었는데 母菌의 病原力 指數 500보다 모든 變異 菌系의 病原力이 낮은 傾向이었다. 그리고 특히 Ken 54-20-K₁ 菌系는 母菌系에 比하여 宿主上에서는 3倍 以上の 많은 胞子를 形成하고 培養基上에서는 母菌系의 $\frac{1}{4}$ 에 該當되는 적은 胞子形成을 보였다. 病原力에 있어서도 $\frac{1}{3}$ 以下の 적은 指數로써 病斑形成力이 적었으며 眞性抵抗性이 없는 品種上에서의 侵害力이 病原性 遺傳子가 單純한 母菌系 Ken 54-20보다 越等하게 弱하다는 것은 前述한 安定化淘汰의 作用에 依한 것인 지 興味 깊은 研究課題라고 생각된다.

2. 病斑의 經時的進展程度 및 病斑數와 胞子形成 과의 關係

病斑의 病原力은 感染力과 病斑進展力으로 分析된다. 感染力은 病斑의 初期感染의 程度로서 發現된 病斑의 型, 數를 調査 評價하고 病斑의 進展力은 發生한 病斑의 一定期間에 있어서의 型 및 크기의 變化 數의 增減을 말한다. 普通圃場에서 調査되는 抵抗性은 發生한 病斑數와 그것의 增加速度에 關聯된 것이며 病菌의 立場에서 이 兩者를 合하여 增殖力이라 稱하고 이에 對應하는 圃場抵抗性은 病菌의 增殖力을 如何히 抑制하는 가에 따라 評價되는 것이다. 따라서 病斑의 數와 進展力이 胞子形成과 어떠한 關係가 있는가를 究明하는 것은 病菌의 增殖力을 分析하는데나 胞子形成에 關한 研究를 推進하는데 매우 意義가 있는 것으로 본다.

먼저 病斑發現 後 日數別 病斑의 伸長과 胞子形成과의 關係는 病斑伸長과 胞子形成量 및 過去 10年間의 7菌系의 病原力과의 間에는 낮은 負의 相關을 보이고 있으며 이것은 病斑의 크기와 胞子形成力 및 病原力과의 사이에 正相關이 있을듯한 從來의 概念을 本實驗 範圍內에서는 認定할 수 없다.

이와 비슷한 結果를 Knutson(1962)⁶⁹⁾도 감자 疫病의 圃場抵抗性 研究에서 報告한 바 있다. 그러나 病斑의 伸長度(進展率係數)와 胞子形成 및 病原力間에는 正의 相關을 보이고 있다. 특히 病原力 指數와는 어느 實驗에서나 모두 높은 有意的인 正相關을 보였다.

病斑發現 後 日數別로 病斑伸長은 增加하지만 胞子形成과는 關係가 없었고 그 增加率이 큰 菌系는 胞子形成도 많았다. 또 胞子形成量은 日數에 差異가 없었던 實驗 結果도 있고 有意的인 差가 認定되기도 하였다.

van der Plank(1969)¹¹⁹⁾는 感染後 分生胞子形成 開始까지의 時間을 latent period라 稱하고 있는데 本實驗結果는 大體로 罹病性病斑 發現後 1—3日에 採取하는 것이 胞子量 調査에 適當하였다. Kato et al(1970)³⁸⁾에 依하면 罹病性病斑 發現 後 3~8日에 胞子形成이

最高에 達하였고 胞子形成能의 增加는 迅速하였으나 徐徐히 減退되는 傾向이 있으며 病斑 發現 後 20日間이나 胞子形成能이 있었다고 한다. 또 展開中에 있는 잎에 接種된 것이 完全展開 3~4日 後에 接種한 것 보다 胞子形成이 많았다고 하였다.

病斑 上에 形成된 分生胞子의 量을 調査하려면 于先 濕室處理(incubation)로서 胞子形成을 可及的 多量으로 促進시켜 그 病斑이 갖은 胞子形成能을 最大로 發揮시켜야 한다. 本 實驗에서는 3回 反覆 實驗한 結果 첫번째 實驗에서는 有意的인 差가 없었으나 2—3日後에 胞子が 많이 形成되었는데 菌系에 따라 傾向이 多少 다른 것도 있었다. 第 2~3回 實驗에서는 4~5日까지 오래 置床된 것이 胞子數가 많았었다. 이것은 第1回 實驗에서는 試料葉이 4日 置床으로 甚한 脫綠과 더불어 etiolation이 일어났는데 基因한 것으로 보이나, 大體로 置床 3日後에 胞子形成 調査에 適當한 듯 생각되었다. 病斑의 伸長度는 溫室內 (in vivo)에서 보다 置床 (incubation)하는 便(in vitro)이 컸었으며, Ken 53-3 菌系는 1日 0.96mm로 約 $\frac{1}{2}$ 에 該當되고 이것은 菌系의 病原力과 密接한 關係가 있는 것으로 認定되었다. 黑崎(1960)⁷²⁾는 稻葉의 代身 稻稈煎汁 蔗糖 1%加用 寒天平面培地를 使用하여 稻熱病菌胞子를 極히 稀薄하게 뿌려 그의 生育狀況을 觀察한바 各 個體는 “n staling”型的 生長曲線을 表示하여 病斑의 伸長曲線과는 根本적으로 相異함을 認定하고 同一病原菌이라도 in vitro에서는 營養과 空間이 있는 限 伸長이 繼續되지만 in vivo에서는 大多數의 個體가 生育初期에 伸長이 停止되었다고 한다.

單位面積 內的 病斑數는 病斑의 密度 또는 病斑面積率을 左右한다. 그리고 1病斑當 胞子形成數가 恒常 一定하다면 病斑數의 多寡 即 病斑密度는 病菌의 增殖力을 直接的으로 影響하게 될 것이다. 病原力이 強하고 胞子形成力이 컸었던 Ina 72와 Ken 53-3을 使用하여 2回 反覆實驗을 遂行한 結果(表 12)), 實驗에 따라 密度效果가 認定되었다. 即 病斑數가 增加하면 1病斑當 形成하는 胞子數는 病斑數에 逆比例的으로 減少된다. 即 病斑數增加와 平行的으로 病菌의 增殖力이 커지는 것이 아니라는 Leonard(1969)의 見解와 一致하였다.

3. 本 品種의 圃場抵抗性과 胞子形成에 對한 抑制 作用

病害抵抗性을 眞性抵抗性과 圃場抵抗性으로 區分하는 以外에 學者에 따라 많은 表現이 있으나 相對的으로 共通性이 많았다. 新關(1967)⁸⁹⁾는 圃場抵抗性은

主動遺傳子抵抗성을 갖은 品種이라 할지라도 이것을 侵害하는 病菌이 있어 主動遺傳子抵抗성이 作用하지 않은 條件下에서 病斑數의 多少 病斑의 크기의 差異等으로 表示하는 抵抗성의 差異를 圃場抵抗성의 差로써 取扱한다고 하였고 高坂(1969)⁷⁰⁾는 抵抗性, 罹病性, 이라 하는 것은 各 品種이 各各의 race에 對한 侵害與否를 말하는 것이며 親和性, 不親和性, 이라고도 할 수 있는 性質로서 이것을 便宜上 眞性抵抗性(過敏感抵抗性)이라 稱하고 한편 親和性 race에 對한 罹病度의 差를 便宜上 圃場抵抗性이라고 부른다고 하였다. 清澤(1970)⁶⁰⁾는 抵抗성을 高度—特異性, 高度—非特異性, 低度—特異性, 低度—非特異性的 4型으로 나누는 것이 適當하다고 하였다. van der Plank(1963)¹¹⁹⁾는 病勢進展樣相에서 垂直抵抗性(高度抵抗性)은 傳染初期의 罹病組織率에만 影響을 주며 水平抵抗性(低度抵抗性)은 傳染速度(增殖速度)에만 影響한다. 여기에서 罹病組織率을 傳染初期의 罹病性 病斑數를 代入하여 考察하였다.

圃場抵抗性(水平抵抗性)이 病菌의 增殖力(增殖速度)과 關聯이 있고 이 增殖力은 病原力과 孢子形成力의 二要素로 되어 있다는 것은 前述한 바와 같으며 새로운 抵抗性品種이 栽培되어 이 品種의 漸進的 罹病化現象은 病原菌/宿主의 相對量이 徐徐히 增大되기 때문이라고 생각할 수 있다. 처음에는 抵抗性이었던 品種이라 하여도 栽培年數가 增加함에 따라 그것을 侵害하는 菌量이 增加하면 抵抗性이 없어지고 品種의 壽命이 다 되는 것이다. 이런 境遇에 萬一 孢子形成力을 抑制할 수 있는 抵抗性을 그 新品種이 所有하였다면 菌量의 增加는 抑制되고 따라서 品種의 抵抗性도 繼續될 수 있을 것이다. Made(1958)는 宿主와 病原菌의 量的變化의 問題에서 適應值(fitness)를 들어 論하였다. 即 어떤 品種 對 菌系에 있어서의 菌系의 適應值(適應力)은 그 品種의 壽命과 密接한 關係가 있다고 하였다. 著者(未發表)는 Ree⁹⁵⁾가 突然變異利用育種의 結果 選拔한 MR 515系統이 眞性抵抗性은 母品種 八紘과 같이 全判別 菌系에 對하여 罹病性이었으나¹⁰⁾ 6~7葉期의 稻苗를 室內 接種한 結果 病斑數(病感染) 病斑進展速度는 八紘의 $\frac{1}{3}$ 에 不過하여 圃場抵抗性이 강한 系統으로 認定하고 遺傳的 變異系統으로 推定 하였다.

稻熱病抵抗性的 研究中에서 稻體上에 形成된 病斑에서의 孢子形成力과 圃場抵抗性에 關한 研究는 極히 드물다. 本實驗에서는 이제까지 알려진 圃場抵抗性(病斑形成 및 病斑進展에 對한)을 달리한 5個 또는 10個 品種을 供試하여 病原菌의 病原力과 孢子形成을 調査하고 品種間差異를 檢討하였던바. 첫째 5個 品種에 3個 菌系를 接種, 3回 反復試驗한 結果 孢子形成力은 品

種間에 差異가 있었고(表 13, 個個實驗에 있어서는 有意差 없었음) 菌系間 및 實驗間에 큰 差가 認定되었던 便 病原力 指數에 있어서도 品種間 및 實驗間에 高度의 有意差를 보였다(表-14). 그러나 이 두 形質이 모두 圃場抵抗性 評價順位와 반드시 一致하지는 않았다. 即 이 5個 品種 中에서 圃場抵抗性이 가장 크다고 알려진 銀河는 孢子形成量이 農林22號와 같았었고 病原力에 있어서도 農林 6號가 農林 8號보다 낮은 數值로서 順位가 逆轉되었다. 이 結果와 類似的한 것을 Knutson(1962)⁶⁹⁾는 各자의 疫病의 研究 結果에서 報告하였다. Kato, Sasaki & Koshimizu(1970)³⁹⁾는 水稻品種 Otori와 Fujiminori를 出穂後 N-1 race 菌을 接種하여 벼알에 發生한 病斑形成後 經時的인 孢子形成能을 調査하여 二次傳染源으로서의 役割을 밝혔다. 即 出穂期後·2週間に 벼알(籾) 稻熱病은 枝梗이나 穗首 稻熱病보다 圃場의 單位 面積當으로 多數發生하여 時間的으로나 量的으로 有力한 傳染源이 될수 있다고 하였다. 또 이삭이 抽出하는 位置는 21品種(系統) 모두 地表에서 草丈의 約 60% 地點을 中心으로 하고 있어 莖葉에 쌓여 있는 位置에서 感染된 이삭은 潛伏期間中에 抽出을 마치고 分生孢子供給에 有力한 傳染源이 된다하고 있다.

두번째 10個 品種을 各各 侵害할 수 있는 菌系 Ken 53-33과 Hoku 1-k*, Ken 54-20-k* 를 使用하여 品種別 孢子形成量과 菌系間 孢子形成力을 比較하였던 바 品種間에 單一實驗別로는 有意성이 認定되지 않았으며 菌系間 實驗間에는 高度의 有意差를 보였다. 前實驗(表 13)에서 Ken 53-33에 對한 品種別 孢子形成量의 順位는 農林 6號 > 農林 22號 > 農林 8號 > 銀河 > 新2號의 順位였는데 이 實驗에서는 農林 6號 > 農林 22號 > 新 2號 > 銀河 > 農林 8號의 順位였으며 銀河, 農林 8號의 順位가 바뀌었으나 農林 6號와 農林 22號는 恒常(菌系가 달라지드레도) 上位 1, 2位로 많은 孢子形成을 보였다.

菌系의 病原力에 對한 品種間 反應의 差異는 品種間 菌系間 및 實驗間에 顯著하였다. 大體로 圃場抵抗性程度의 順位와 一致하였다.

孢子形成力과 病原力에 對한 品種의 抵抗性間의 相關은 그리 높은 數値는 아니라 할지라도 正의 相關關係를 보였다.

첫번째 5品種을 가지고 遂行한 結果에서 菌系 Ina72의 境遇에는 +0.945의 높은 正相關이 있었고 또 이와 反對로 菌系 Ken 54-20에서는 負相關의 傾向을 보이기도 하였다.

圃場抵抗性 程度와 病斑形成에 對한 抵抗性의 相互作用은 모두 어느 菌系에 對한 것이든 높은 正相關을

보였었다. 그리고 胞子形成에 對한 抵抗力과의 相關關係도 例外가 있기는 하나 大體로 正相關을 보였는데 이것은 圃場에서 調査되는 病斑面積率과 硝子室內 幼苗의 病斑形成 및 病斑上에서의 胞子形成에 對한 抵抗도가 모두 깊은 關聯성이 있다는 것과 同時에 圃場 抵抗力의 室內檢定の 可能性을 提示하는 것이다.

또 實驗結果에서도 言及하였으나 母菌과 變異菌의 胞子形成力에 있어서 注目되는 것은 變異菌의 胞子形成能이 病原性의 變異와 結合되어 van der plank(1963)¹¹⁾가 提示한 安定化淘汰(stabilizing selection)와 關聯성을 갖인 것이었다면 抵抗力育種에 重大한 影響을 미칠 것이므로 이에 關한 앞으로의 研究는 注目될 것으로 본다.

IV. 摘 要

벼 稻熱病에 對한 圃場抵抗力의 室內檢定法의 一環으로 硝子室에서 벼의 幼苗期(5~6葉)에 7個의 稻熱病抵抗力判別用 菌系와 若干의 突然變異菌系를 接種하여 感染한 罹病性病斑上에 形成된 分生胞子數를 調査하여 胞子形成能의 菌系間差 및 病菌의 胞子形成에 對한 벼品種의 抑制效果의 差異等を 밝혔다.

1. 7個의 抵抗力判別菌系 및 少數의 突然變異菌의 植物體上에서의 胞子形成力에는 菌系間差異가 明白하였다.

2. 宿主上에서의 胞子形成力은 病斑의 進展速度, 病

原力과는 正의 相關關係가 나타나고 Oatmeal煎汁砂糖塞天培地上에서의 胞子形成量과는 負의 相關을 보였으나 病斑長, 大麥穀粒培地上에서의 胞子形成量과는 有意相關을 보이지 않았다.

3. 罹病性病斑發現後 2日제의 病斑에서 胞子形成의 peak가 있었고 incubation의 日數는 實驗에 따라 差異가 많고 植物體의 榮養條件에 따라서도 變異가 컸다.

4. 病斑數의 增加에 따라 胞子形成量이 減少하는 密度效果(negative density effect)는 實驗에 따라서 認定되었다.

5. 病原力은 胞子形成力보다 菌系間差가 뚜렷하지 않았으며 이것은 病原力の 環境變異가 胞子形成力の 그것보다 크다는 것을 意味하는 同時에 萬一病原力和 胞子形成力과의 사이에 어떤 相關이 있다면 小規模의 實驗에서는 宿主에서의 胞子形成量은 病原力보다 傳染力 比較를 爲하여 보다 有用한 對象形質이라고 보았다.

6. 胞子形成에 對한 抵抗力의 品種間 差異는 몇 個 實驗에서 認定되었으나 病斑形成에 對한 抵抗力의 品種間 差異는 없었다. 그러나 水稻品種의 圃場抵抗성과 各 品種上의 病斑形成과는 胞子形成보다 더 密接한 相關을 보였다.

7. 罹病性品種 上에서의 mutant 菌系의 胞子形成量이 母菌系 보다 적었던 現象은 “stabilizing selection”이 있었을 可能性을 暗示하는 것이라고 보았다.

Sporulation of *Pyricularia oryzae* and Lesion Development on Leaves in Relation to Field Resistance of the Rice Plant

Chung Ik CHO

Honam Crop Experiment Station, O.R.D., Iri, Korea

SUMMARY

The objective of these studies was to find out a laboratory testing method for blast field resistance in rice. Rice plants at 5 to 6 leaf-stage were inoculated with the seven differential blast strains of *Pyricularia oryzae* which have been extensively used in Japan and some mutant strains under greenhouse conditions. The number of conidia of *Pyricularia oryzae* developed on susceptible lesions was compared each other and its differences were expressed as sporulation of the fungus. In addition, varietal difference in sporulating results could be summarized as follows:

1. It was revealed that there was a significant difference in sporulation of the seven blast fungus strains and the used some mutant strains.
2. A positive correlation was detected between sporulation and two factors, expansion rate of lesions and aggressiveness on the host plants.

On the other hand, a negative correlation was found between sporulating ability and number of conidia developed on the oat-meal-sucrose-agar while there was no relationship between length of lesion and number of the conidia developed on the barley-grain medium.

3. The maximum sporulation appeared on the second day after appearance of susceptible lesions of the plant. The proper incubation period for development of susceptible lesions varied from one experiment to another, depending upon the nutritional conditions of the host plants.
4. In some experiments, a negative density effect of sporulation of the fungus was shown as number of lesions was getting increased.
5. A more clear inter-strain difference in sporulation was observed as compared with that in aggressiveness, indicating that the latter was more greatly affected by environmental conditions rather than the former. Therefore, sporulation of the fungus might be more useful for field resistance test of rice varieties to blast disease than the aggressiveness test, provided that a consistent relationship between these two factors exists.
6. Varietal difference in resistance to sporulation of blast fungus in rice was demonstrated in several experiments but no such difference in development of lesions was detected. However, it appeared that the field resistance seemed to be more closely correlated with resistance to lesion development than with that to sporulation of the fungus.
7. Less sporulation of the mutant strains in susceptible rice varieties as compared with their original strains suggested that there is a possibility of the stabilizing selection among fungus strains.

引用 文 獻

1. 安在駿・鄭厚燮(1962) 韓國에 分布하는 벼 稻熱病菌의 生理的 品種에 關한 研究. 서울大學校 論文集 生農系, SER. D)11:77-83
2. 淺賀宏一・吉村彰治(1970) 妹妹系統イネにおける 葉いもちと穂いもちの圃場抵抗性. 關東東山病害虫 研年報 17:7.
3. Atkins, J. G. (1962) Prevalance and distribution of *pyricularia oryzae* in the United States. *Phytopath.* 52:2. (Abst.).
4. Atkins, J. G., A. L. Robert, C. R. Adair, K. Goto, T. Kosaka, R. Yanagita, M. Yamada, and S. Matsumoto (1967) An international set of rice varieties for differentiating races of *pyricularia oryzae*. *Phytopath.* 57(3):297-301.
5. Baek, S. B. (1970) Relationship between some chemical components in the rice plants and varietal reaction to blast disease. *Kor. J. Pl. Prot.* 9:
6. Browing, J. A., K. J. Frey, and Grindeland (1964) Breeding multiline oat varieties for Iowa. *Iowa Farm Sci.* 18:629-632.
7. 千葉末作・千葉順逸・島田慶世・香川 寛 (1972) イネいもち病の疫學的研究 1. 圃場における傳染速度の推定と それにおよぼす 2. 3の要因の 影響. 田植病報 33:15-21
8. Chiu, C. C., C. Chien, and S. Y. Lin(1962) Physiological races of *pyricularia oryzae* in Taiwan. "Rice Blast Disease IRRI":245-255.
9. 趙正翼・金鍾吳・金鎮洪・許建省・趙守衍・朴珍華 (1970) 水稻新品種 "萬頃" 農試研報 13 (C):1-8
10. Cho, C. I, and S. Kiyosawa (1973a) Blast resistance of Korean rice varieties. *Res. Rep. O. R. D. Kor.* 15(P):(In Press)
11. _____, _____ (1973b) Seedling test for sporulation of blast fungus on the rice plant., *Res. Rep. O. R. D. Kor.* 15(P):(In Press)
12. 崔鉉玉・裴聖浩・李主烈(1966) 水稻耐病性育種에 關한 研究 (1) 葉稻熱病발육차리檢定 農試研報 8 (1):9-20.
13. _____, _____, 鄭根植・許 輝・李漢植・李主烈・金達壽・朴來敬(1967) 水稻耐稻熱病性新品種「關玉」農試研報 10(1):13-20.
14. Chu, O. M. Y., and How. Li (1965) Cytological studies of *Piricularia oryzae* Cav. *Bot. Bull. Acad. Sinica.* 6:116-130.
15. Chung, H. S. (1972) Reactions of some IR lines of rice to *Pyricularia oryzae* in Korea and IRRI. *Kor. J. Pl. prot.* 11(1):15-18.
16. Chung, H. S., and Y. J. La (1966) High sporulation media for *Piricularia oryzae* Cavara. *Kor. J. Pl. prot.* 1:26-28.
17. 鄭根植(1967) 水稻耐病耐病性 遺傳에 關한 研究. 農試研報 10(1):33-41.
18. 江塚昭典・楠木利文・櫻井義郎・篠田治男・鳥山國士(1969a) いもち病に對する イネ品種の抵抗性に關する研究(第 1報) 眞性抵抗性遺傳子型の推定 中國農試報 E4:1~31.
19. _____, _____, _____, _____ (1969b) _____, _____ (第 2報) 本田および畑苗代における 圃場抵抗性の檢定, 中國農試報 E1:33~53.
20. _____ (1970) イネ品種のいもち病抵抗性に關する 最近の諸問題 1, 2. 農及園 45 (5):757-710, 45(6):901-901
21. Feischman, G., and R. J. Baker (1971) Oa crown rust race differentiation: replacement or the standard differential varieties with a new set of single resistance gene lines derived from *Avena sterilis*. *Can. J. Bot.* 49:1433-1437.
22. Flor, H. H. (1956) The complementary genic systems in flax rust. *Adven. Genet. in Genet. Acad. Press Inc. New York.* 29-54.
23. Frey, N. J., and J. A. Browing(1971) Breeding crop plants for disease resistance. "Mutation Breeding for Disease Resistance" IAEA-PL 12/6:45-54.
24. 後藤和夫(1965). イネの病原菌類における生理學的分化 日植病報 31(記念號):58-61.
25. Guzman-N, J. (1964) Nature of partial resistance of certain clones of three solanum species to phytophthora infestants. *hytopath.* 54:1398-1404.

26. Habgood, R. M. (1970) Designation of physiologic races of plant pathogen. *Nature*, 227: 1268-1269.
27. 平野哲也・内山田博士・進藤幸悦・松本 顯・赤間芳洋(1965)「いわゆる支那稻系品種」のいもち病C菌に對する抵抗性の品種間差について(豫報) 日作會東北支報第 3號 17-18.
28. Hirano, T. (1967) Recent problems in rice breeding for blast resistance in Japan. "Tropical Agr. Res. Ser. No. 1:103-111.
29. 堀 正雄(1963) いもち病の發生豫察技術に關するを研究. とくに實驗的豫察技術を中心として. 病虫害發生豫察特別報告 14:1-76.
30. Hung, C. S., and C. C. Chien (1961) Investigations of Physiological races of the blast fungus. *Taiwan Agr. Res. Inst. Spec. Bull.* 3:31-37.
31. 市川久雄・原田敏男(1962) 葉いもち病病斑型の推移および 病斑型と分生孢子形成に關する研究. 長野縣農試研集報 5:230-237.
32. _____, _____, 近藤祖(1959)葉イモチ病斑型と孢子形成 關東東山病虫害研年報 6:3
33. _____ (1965) 分生孢子の 飛報とその採取の發生豫察への利用 日植病報 31(記念號): 291~295
34. IRRI, (1964) Studies on the pathogenic races in the philippincs, In (1964). Annual Report of IRRI P. 131-136.
35. 伊藤隆二・高桑 亮(1965)抵抗性育種, イネいもち病とジャガイモ疫病. 日植病報 31(記念號-2): 51-57.
36. 岩野正敬・山田正雄・吉村彰治(1969) イネ品種の葉いもち圃場抵抗性と レース, 施用窒素量との關係 北日本病虫害研報 17:51-55
37. Kato, H., and A. E. Dimond (1966) Factors affecting sporulation of rice blast fungus *Pyricularia oryzae*. *Phytopath.* 56:864-865.
38. _____, T. Sasaki, and Y. Koshimizu (1970a) Potential for conidium formation of *Pyricularia oryzae* in lesions on leaves and panicles of rice, *phytopath.* 60:608-612
39. 加藤 肇・佐佐木次雄・越水幸男(1970) イネいもち病の傳染環における二次傳染源としての ぬいもちの意義について 東北農試研報 39:33-54
40. 勝部利弘・越水幸男 (1970) いもち病による水稻の被害機構に關する研究 第 1報 穂いもち病の罹病率と收量構成要素ならびに玄米の 品質との關係 東北農試研報 39:55-96.
41. _____, _____, (1964) イネいもち病における罹病度表示間の 相互關係 北日本 病虫害研報 15:23-24.
42. 金寅權(1968) 韓國에 있어서의 稻熱病菌의 生態品種斗 水稻品種의 稻熱病抵抗性에 關한 研究. 植物保護別冊 3號 1-23.
43. 清澤茂久(1965a) 生態的にみた抵抗性品種の 罹病化と育種的對策. 農業技術. 20:465-470, 510-512
44. _____ (1965b) 病理遺傳學的にみた 植物の 特異的病害抵抗性. 植物防疫 19(9):353-360.
45. _____ (1965c) いもち病抵抗性の 菌系別檢定の重要性和 その意味. 農業技術 20(4):162-166
46. _____(1966a), いもち病菌の病原性の 自然突然變異について 植物防疫 20(4):159-162.
47. _____ (1966b) 水稻のいもち圃場抵抗性の 室内檢定法に關する研究. 農業及園藝 41(8):1229-1230.
48. _____(1966c) 農林32號の妹妹品種の いもち病菌系研54-04に對する 抵抗性の比較. 農業技術 21:580-582.
49. Kiyosawa, S. (1966d) Studies on inheritance of resistance of rice varieties to blast. *Jap. J. Breeding.* 16:87-95.
50. 清澤茂久(1967a) いもち病抵抗性品種の育成と抵抗性の遺傳. 植物防疫. 24(4):145-152
51. Kiyosawa, S. (1967b) Genetic studies on Host-pathogen relationship in the rice blast disease, "Rice diseases and their control by growing resistant varieties and other measures":137-153.
52. _____ (1967c) The inheritance of resistance of the Zenith type varieties of rice to the blast fungus. *Jap. J. Breeding.* 17(2):100-107.
53. _____(1968a) Inheritance of blast-resistance in some Chinese rice varieties and their derivatives. *Jap. J. Breeding.* 18:193-205.
54. _____ (1968b) Genetic relationship among blast resistance and other characters in hybrid of Korea rice variety, Doazi Chall (Butamochi) with Aichi Asahi. *Jap. J. Breeding.* 18:88-93.
55. 清澤茂久(1969a) いもち病菌菌系 54-04の病原性—圃場抵抗性の立場から—. 農業技術 24:232-234.
56. _____(1969b) 作物の病氣の流行に關する研究の 現況と問題點. 植物防疫 23(1):10-15.

57. _____, (1969c) 水稻品種ヤシロモチの いもち病抵抗性の遺傳. 農及園 44(2):407~408
58. Kiyosawa, S. (1969c) Inheritance of resistance of rice varieties to a Philippine fungus strain of *Piricularia oryzae*. Jap. Breeding. 19(2):61-73.
59. 清澤茂久(1970a) 種々の イネいもち病抵抗性検定法の比較 日植病報36(5):325~333
60. _____, (1970b) 眞性抵抗性と圃場抵抗性の考へ方 農業技術 25(1):21~25.†
61. _____, (1970c) イネいもち病菌の判別品種と判別菌系の典型的反應 農業技術 25:378~380.
62. _____, (1972a) いもち病菌レースの判別品種の選擇あるいは作法 日育雜 22(2):119-123.
63. _____, (1972b) いもち病抵抗性判別菌系の 2, 3の性質 農及園 42(2):1709-1710.
64. Kiyosawa, S. (1972c) Theoretical comparison between mixture and rotation cultivations of disease-resistant varieties. Ann. Phytopath. Soc. Jap. 38(1):52-59.
65. _____, (1972d) Mathematical studies on the curve of disease increase. A technique for forecasting epidemic development. Ann. Phytopath. Soc. Jap. 38(1):30-39.
66. _____, (1972e) Genetics of blast resistance. Rice Breeding. IRRI. 203-225.
67. 清澤茂久(1973) 病害抵抗性育種に関する諸問題, 育種學最近の 進歩 13:45-50
68. Knutson, K. W. (1962) Studies on the nature of field resistance of the potato to late blight. Amer. Potato Jour. 39:152-161.
69. 越水幸男(1965) いもち病菌密度と 發生豫察.
1. 胞子の形成と離脱 日植病報 31(記念號)288-290
70. 高坂卓爾(1969) イネ病害防除に おける抵抗性品種の利用 農及園 44:20~212.
71. 小林尚志・鎧谷大節(1960) 稻熱病の 感染抵抗に関する研究 第1報 人工接種時の胞子濃度と葉いもち病斑ならびに被害との關係 東北農試研報 19:21-27.
72. 黒崎良男(1960) いもち病における病斑の 大きさの分布と抵抗性(第1報) 日植病報 25(4):167-171
73. 李時鍾・松本省平(1966) 1962-1963年韓國産いもち病菌の raceについて 日植病報 32(1):40-45
74. _____, _____, 山田昌雄・高坂卓爾(1965) 韓國水稻品種の いもち病抵抗性について(講要) 日植病報 30(2):70.
75. Leonard, K. J. (1969a) Factors affecting rates of rust increase in mixed plantings of susceptible and resistant oat varieties. Phytopath. 59:1845-1850.
76. _____, (1969b) Genetic Equilibria in Host-Pathogen systems. Phytopath. 59:1858-1863.
77. _____, (1969c) Selection in Heterogeneous of *Puccinia graminis* f. qs. abenae. Phytopath. 59:1851-1857.
78. 前田浩敬・進藤幸悦(1960) 葉イモチ耐病性に 關する 幼苗の選抜方法及び効果について 東北農業研究 2:19-20.
79. Matsumoto, S., T. Kozaka, and M. Yamada (1969) Phytopathogenic races of *Piricularia oryzae* Cav. in Asian and some other countries. Bull. Nat. Ins. Agr. Jap. C 23:1-36.
80. 茂木靜夫・柳田駟策(1965) いもち病高度耐病性品種フクニシキに 強病原性を示す菌株 日植病報 30(5):270.
81. _____, (1970) Zenith交配系統の いもち病抵抗性反應 北日本病害虫研報 21:24-26.
82. Monseman, J. G. (1971) Genes for specific resistance Powdery mildew of barley. Phytopath. 61:617-620
83. 新關宏夫(1967) いもち病菌の 變異現象からみた耐病性育種 育種學最近の進歩. 8:71-78
84. _____, 岩永喜裕(1968) 植物寄生病の 疫學的考察. 植物防疫における垂直抵抗性と 水平抵抗性のびゆく技術 72, 73:40-53.
85. 岡田正憲・前田浩敬(1956) 外國稻と 日本稻間の 葉いもち病抵抗性の遺傳 東北農試研報 10:59-68.
86. 岡部四郎 1967. 多系混合方式による 耐病性の育種. 育種學最近の進歩 第8集 88-100.
87. 大森 薫・中島三夫(1970) 多量の イネいもち病菌胞子を得る培地ならびに培養法 關東東山病害虫研究會年報 第17集:12.
88. Ou, S. H. (1971). Disease resistance in rice. IAEA-PL-412/9:79-92.
89. Ou, S. H. (1972). Studies on stable resistance to rice blast disease. Rice Breeding. IRRI:227-237.
90. Ou, S.H., and M. R. Ayad (1968) Pathogenic races of *Piricularia oryzae* Cav. originating from single lesion and monoconidial cultures Phytopath. 58:179-182.

91. Ou, S. H., F. L. Nuque, T. T. Eoron, V. A. Awoderu (1971) A type of stable resistance to blast disease of rice. *Phytopath.* 61(3):703-706.
92. 朴鍾聲(1959) 過肥晚植畝에 있어서의 稻熱病防除에 關한 試驗研究 忠南大學校論文集 1:1-14.
93. Person, C., and G. Sidhu. (1971). Genetics of host-parasite interrelationships. IAEA-PL-412/4:31-38.
94. 李正行.(1965). 水稻品種의 變遷史(第1報) 水稻多收穫栽培에 關한 실험지움(農村振興廳)
95. Ree, J. H. (1971). Induced mutations for improvement in Korea "Rice Breeding with Induced mutation (III)" IAEA:131-147.
96. Robinson, R. A. (1971). Vertical resistance. *Rev. Pl. path.* 50(5)233-239.
97. 櫻井義郎(1968). いもち病に對する 品種の圃場抵抗性檢定法 植物防疫 22:151-154.
98. Sakurai, Y., and K. Torieama (1967) Field resistance of *piricularia oryzae* and its testing method. *Tropical Agr. Res. Ser. No. 1*:123-136.
99. 佐本四郎(1971) 水稻の 多收性品種育成よりみた 主要形質の 變遷 北海道農試報78:23-73
100. _____, 大内邦夫(1962) いもち病耐病性の高度化に 關する研究 北海道農試報73:1-61
101. 鈴木穂積(1965) 孢子採取方法の 改善とその成果 日植病報 31(記念號-2):296-299
102. _____, (1964) 浮游いもち菌による傳染源からの發病程度の分布 北陸病害虫研報12:11-15
103. _____, (1969) いもち病菌胞子の動態およびそれによる發生豫察法 北陸農試報10:1-118
104. Suzuki, H. (1967) Studies on media for sporulation and stock cultures of *piricularia oryzae* Cav. *Ann. Phytopath. Soc. Jap.* 33 (Extra issue):101-114.
105. Suzuki, H. (1965) Origin of variation in *piricularia oryzae*. *The Rice Blast Disease.* Johns Hopkins Press, Baitimore. 111-149.
106. 鈴木直治(1965) 病害抵抗性, 宿主-寄生者相互作用を中心として 日植病報 31(記念號):44-50
107. 篠田治躬・鳥山國士・柚木利文・江塚昭典・櫻井義郎(1971)いもち病に對するイネ品種の抵抗性に關する研究(第6報) いもち病抵抗性遺傳子の連鎖群 中國農試報20:1-25
108. 關省吾・平田幸浩(1960) いもち病菌分生胞子の3胞の 性狀について 日植病報25(3):136-141
109. 高橋喜夫(1957) 稻熱病發生豫察の爲の 2, 3の基礎資料 1-20.
110. Takahashi, Y. (1967) Sheath inoculation method to assess the trade of resistance or susceptibility of rice plants to *piricularia oryzae*. *Ann. Phytopath. Soc. Jap.* 33(Extra issue): 89-114.
111. 高橋廣治・吉村彰治(1970) 菌型を異にした場合の環境條件と いもち發病との關係, 第3報, 肥料條件の異なるイネ葉の病斑上における分生胞子の形態とその形成數, 關東東山病害虫研年報 17:6
112. Thurston, H. D. (1971) Relationship of general resistance: Late blight of potato. *Phytopath.* 61:620-626
113. 徳永芳雄・加藤 肇・越水幸男(1965) 水稻の代謝生理とイモチ病との關係 第2報 磷酸代謝と 葉イモチ耐病性 東北農試研報 32:61-85
114. 豊田 樂・鈴木直治(1952) 稻熱病の組織化學的研究, 同一品種上における孢子形成に關する觀察 日植病報 17(1):1-4
115. Toriyama, K. (1972) Breeding for major rice diseases in Japan. *Rice Breeding. IRRI*:253-281.
116. Wu, H. K., and T. H. Taso (1967) The ultrastructure of *piricularia oryzae* Cav. *Bot. Bull. Acad. Sinica* 8:353-363.
117. 内山田博士・赤間芳洋・松本 顯(1966) 稻の雜種集團における イモチ耐病性の集團選抜法について 日作東北支會報 8:19-20
118. 氏原光二・西尾繁男・田邊 潔(1955) 外國稻利用による 高度稻熱病耐病性品種の 育成に關する研究(豫報) 愛知縣農試免報 10:135-144.
119. van der plank, J. E. (1963) *Plant diseases Epidemics and control*, Academic press, New York, P. 349.
120. van der Zaag, D. E. (1959) Some observations on breeding for resistance to phytophthora infestans. *Europe Potato J.* 2:278-283.
121. 山崎義人・清澤茂久(1966) イネのいもち病抵抗性の遺傳に關する研究 いもち病菌の數種の系統に對する日本稻品種の抵抗性の遺傳 農技研報 D 14: 39-69
122. _____, 新關宏夫(1964) いもち病菌の變異に

- 關する研究 第1報 變異に關する核學的ならびに遺傳學的研究 農技研報 D 13:231-273
123. _____, _____ (1966) _____ 第Ⅱ報 2,3化學物質による形態的および生化學的突然變異の誘發 特に芳香族化合物および硫化水素の代謝に關する變異體について 農技研報 D 14:1-38
124. 山中 達・進藤敬助・柳田騏策(1970)いもち病菌raceに對するイネ品種の圃場抵抗性に關する研究 第1報 主要raceに對するイネ品種・系統の抵抗性反應. 第2報 發病年次變異の品種間差異 東北農試研報 39:11-39
125. Yammasaki, Y. and T. Kawai (1968) Artificial induction of blast resistant mutations in rice. "Rice Breeding Induced Mutation" 65-73.
126. 山田昌雄(1965) 外國稻系高度いもち病抵抗性品種の發病 植物防疫19(6): 231-243
127. _____, 松本省平・高坂卓爾(1966) いもち病菌レスに對する反應に基づいたイネ品種の 類別. 農技研報 C 23:37-62
128. _____, 岩野正敬(1970) 1969年に新潟縣に發生した いもち病菌のレスと近年の縣下のレス分布状態の變化について. 北陸病害虫研報 18:18~21
129. Yokoo, M., and H. Fuzimaki (1971) Tight linkage of blast-resistance with late maturity observed in different Indica varieties of rice. Jap. J. Breed. 21(1): 35-39.
131. 吉村彰治・鈴木幸雄(1960) 培地上におけるイモチ菌胞子の多量形成法 北陸病害虫研報 8:65-70
132. 柚木利文・江塚昭典・櫻井義郎・篠田治躬・鳥山國士(1970) いもち病に對するイネ品種の抵抗性に關する研究(第3報) 圃場抵抗性の幼苗檢定 中國農試報 E 6:1-19
133. _____, _____, 守中 正・櫻井義郎・篠田治躬・鳥山國士(1970a) _____ (第4報) 圃場抵抗性の菌系による變動, 中國農試報 E 6:21-41
134. _____, _____, _____, _____, _____, _____, (1970 b) _____, (第5報) 變異系統の 抵抗性 中國農試報 E 6:43-55