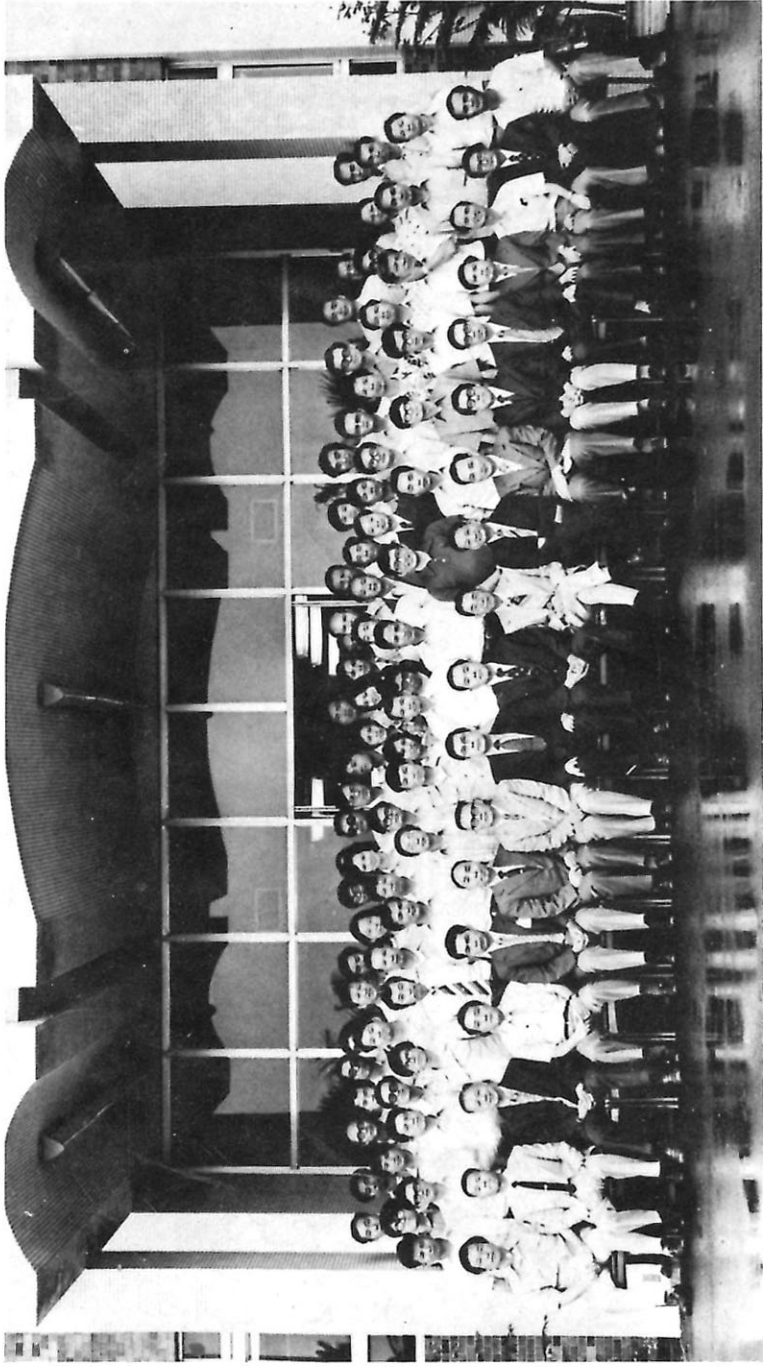


J
CRR



U
水稻病蟲害：
生態學與流行學



稻作病蟲害生態學與流行學專題討論會出席人員留影 民國六十六年五月十七日

水稻病蟲害： 生態學與流行學

民國六十六年五月十七日至二十一日
農復會舉辦專題研討會
講稿集

邱人璋 主編



中國農村復興聯合委員會刊印
中華民國六十七年十二月
臺北市

**Diseases and Insect Pests
of Rice:
Ecology and Epidemiology**

Proceedings of a Symposium at the
Taiwan Plant Protection Center, Wufeng,
Taichung, Sponsored by
the Joint Commission on Rural Reconstruction
May 17–21, 1977

*Edited by
Ren-Jong Chiu*

JOINT COMMISSION ON RURAL RECONSTRUCTION
Taipei, Republic of China
December 1978

序 言

水稻是臺灣主要農作物之一，其重要性則駕凌其他各種作物之上，由於研究和推廣人員的不斷努力，使臺灣稻作的單位面積產量年有增加，臺灣優良的水稻品種與新穎的耕作技術在國外已廣受推崇，病害虫害方面尤有更深入的研究。

農復會於民國66年5月，假臺灣植物保護中心舉辦稻作病虫害生態與流行學研討會，會中邀請國際稻米研究所的病理專家以及國內從事稻作病虫害研究的學者、專家與負責實際農務的工作者，各就專長，對稻作病虫害的生態學與流行學上問題，提出論文及專題報告，熱烈討論，獲得非常豐碩的成果，對以後病虫害的研究與防治，提供了極為珍貴的資料。大會所獲的各項文獻，已由本會植物生產組技正邱人璋博士負責編輯，名曰：「稻作病虫害：生態學與流行學」，此一專集內容豐富，不僅綜合了國內外晚近稻作病虫害研究上的發展經過，足可供國內稻作改良第一線工作人員之參考，同時因此一專集的發表，將進而激發更多的研究，為我國稻米生產確立更佳的遠景。

李 崇 道

前 言

農復會曾於1969年9月舉辦稻作病害專題研討會，會後將講稿18篇輯集成冊，以「稻作病害」為題刊行，供農業機構之研究及推廣人員參考。本冊「稻作病虫害：生態學與流行學」可視為上述「稻作病害」之姊妹篇，書中包含稻作害虫文稿4篇，病害文稿12篇，係農復會在另一次（1977年5月）假臺中霧峯臺灣植物保護中心以「稻作病虫害之生態學與流行學」為專題舉辦之研討會中，特約講題之講稿。

上述兩次研討會相隔近八年，其間在臺灣曾出現許多新的稻作害虫問題，例如旱式秧苗病害、急性苗期白葉枯病、稻細蟬為害引起水稻不稔、細蟬對葉鞘腐敗病菌之媒介等，皆造成稻作損失，值得重視（按稻細蟬問題於研討會舉辦之時，甫展開研究，故未列入討論會日程中）。同一期間，國內亦有許多新的研究進展。虫害方面：褐飛虱生理分化現象之觀察，寄生以及環境因子對該虫發生與棲羣動態影响之研究，褐飛虱與黑尾浮塵子天敵之調查，稻谷貯藏期中虫害問題之體認與生態分析，所獲資料，均可為將來釐訂稻作虫害防治策略之參考。病害方面：國內學者對若干久已存在但仍具重要性之稻病如稻熱病、紋枯病、徒長苗病、小粒菌核病、白葉枯病、黃萎病等，都能鍥而不捨，深入研究，尤着重於病原生態及病害流行問題之探討；近年發生之旱式秧苗病害，急性型白葉枯病，其病原與誘因，亦經闡明。以上研究成果為本冊文集之取材基礎，但為使此文集對實際從事稻作研究及推廣人員，更具參考價值，各撰稿人均被要求盡其可能蒐羅國外研究資料融入文稿中，故本集所含文稿多以綜合評述之性質，呈現於讀者面前。

研討會中，蒙國際稻米研究所植物病理專家歐世璜博士與林克治博士分別以「熱帶地區稻熱病之流行學」與「水稻東格魯病（Tungro disease）流行學」為題，作精闢講解，主編人願藉此致謝。歐氏因工作繁忙未能見惠文稿，林氏之文稿已納於文集中。雖然，臺灣尚無 Tungro 病發生，其生態上智識仍為吾人所渴求者。

研討會承臺灣植物保護中心借予場地，會期中該中心人員予以事務上之協助，謹此誌謝。又本文集印刷與校勘過程，獲農復會植物生產組同仁諸多協助，併此致謝。

邱 人 璋

目 錄

序言	.....	i
前言	.....	iii
水稻褐飛蝨 <i>Nilaparvata lugens</i> (Stål) 之生態	.....陳 秋 男	1
褐飛蝨之發生與水稻品種之關係	.....鄭 清 煥	23
水稻偽黑尾葉蟬與褐飛蝨之天敵	.....邱 瑞 珍	47
積穀害虫之生態	.....謝 豐 國 高 穗 生	83
水稻東格羅病流行學之研究	.....林 克 治	113
水稻黃萎病之流行病學	.....陳 慶 忠	139
水稻白葉枯病原細菌 <i>Xanthomonas oryzae</i> 之生態	.....謝 式 埤 鈺	167
影響水稻白葉枯急性萎凋病徵發生之因子	.....謝 式 埤 鈺	185
稻熱病菌感染前之行爲	.....謝 式 埤 鈺 梁 文 進	199
水稻抗稻熱病之類型	.....吳 信 淦	213
稻熱病抗病程度對田間流行之關係	.....簡 錦 忠	225
水稻紋枯病之流行學及其對產量之影響	.....蔡 武 雄 游 俊 明	247
<i>Rhizoctonia solani</i> kühn 之菌絲融合羣及		
其對水稻之病原性	.....杜 金 池 張 義 璋	263
小粒菌核病菌之生態	.....黃 益 田	287
稻苗徒長病菌 <i>Gibberella fujikuroi</i> 之生態及生殖	.....孫 守 恭	303
水稻苗期病害之病原與生態	.....簡 錦 忠 貴 益 田	319

CONTENTS

Preface by Dr. Robert C. T. Lee.....	i
Editor's Note.....	iii
Ecology of the Rice Brown Planthopper <i>Nilaparvata lugens</i> (Stål)	<i>Chiou-Nan Chen</i> 1
Relationship between the Susceptibility of Rice Varieties and the Occurrence of the Brown Planthopper.....	<i>C. H. Cheng</i>.....23
The Natural Enemies of Green Leafhopper and Brownplanthopper	<i>Shui-Chen Chiu</i>.....47
Ecology of Storage Insects.....	<i>F. K. Hsieh and S. S. Kao</i>.....83
Epidemiological Studies of Rice Tungro Disease.....	<i>K. C. Ling</i>.....113
Epidemiological Studies on Rice Yellow Dwarf	<i>Ching-Chung Chen</i>.....139
Ecology of <i>Xanthomonas Oryzae</i> , the Causal Organism of Bacterial Blight of Rice Plant.....	<i>Shih-Pan-Yu Hsieh</i>.....167
Factors Affecting the Expression of Kresek Symptom on Rice Infected with <i>Xanthomonas Oryzae</i> the Causal Organism of Bacterial Blight	<i>Shih-Pan-Yu Hsieh</i>.....185
The Pre-infection Behaviors of the Rice Blast Fungus	<i>Shih-Pan-Yu Hsieh and Wen-Jinn Liang</i>.....199
Types of Resistance to Rice Blast Disease.....	<i>Hsin-Kan Wu</i>.....213
Levels of Host Resistance in Relation to the Incidence of Rice Blast	<i>Chin-Chung Chien</i>.....225
Epidemiology of Rice Sheath Blight and Its Effect on Rice Production	<i>Wu-Hsiung Tsai and Chung-Ming Yu</i>.....247
Anastomosis Groups of <i>Rhizoctonia solani</i> Kühn and Their Pathogenicity on Rice.....	<i>Chin-Chyu Tu and Yih-Chang Chang</i>.....263
Ecology of Stem Rot of Rice.....	<i>Yih-Tyang Huang</i>.....287
Ecology and Reproduction of the Rice Seedling Blight Fungus <i>Gibberella Fujikuroi</i>	<i>Shou-Kung Sun</i>.....303
Rice Seedling Diseases: Their Etiology and Ecology	<i>Chin-Chung Chien and Yih-Tyang Huang</i>.....319

邱人璋主編

水稻病蟲害：生態學與流行學

農復會1978年12月刊行 p. 1—22。

水稻褐飛蝨 *Nilaparvata lugens* (Stål) 之生態

陳秋男¹

目 錄

- 一、前言
- 二、褐飛蝨的基本生活史現象
- 三、褐飛蝨的生理生態
 - (一)溫度及濕度的影響
 - (二)光的影響
 - (三)翅型的發生及兩型在生理生態上之差異
 - (四)褐飛蝨與其寄主植物之相互關係
 - (1)水稻供應飛蝨生存棲所及食物
 - (2)褐飛蝨與水稻共同演化
- 四、褐飛蝨的棲羣生態
 - (一)田間棲羣估計方法
 - (二)褐飛蝨的棲羣動態
 - (三)褐飛蝨的長程遷移
 - (四)褐飛蝨的崛起及猖獗
- 五、結語
- 六、參考文獻
- 七、英文摘要

一、前 言

水稻褐飛蝨是1960年代以來亞洲及太平洋水稻區的關鍵害虫之一。其吸食為害除直接引起水稻枯萎造成「蟲燒」之外，在有些地區尚可傳播草狀矮化病原，加重其為害。

關於本虫之生態及其他生物學的研究，除日本的資料較多外，其他地區仍甚缺乏。最近已有不少深入的綜合評論對其生態詳加討論。^(15, 24, 35, 38, 44, 51)但中文的論述仍很少，本文擬就自鄭清煥1974的評論⁽¹⁵⁾以後，就褐飛蝨的生理生態及

¹ 台灣植物保護中心昆蟲組技正

棲羣生態兩方面，加以綜合論述及補充。關於水稻抗褐飛蝨的有關問題及天敵的研究成果，因有另文介紹，本文不予重複。

二、褐飛蝨的基本生活史現象

褐飛蝨的成虫具有長翅及短翅兩型。其棲羣消長過程中有三大顯著事項：即長翅成虫越冬後於翌年侵入水稻本田定居；經過數代之繁衍以後（包括短翅型個體之出現）；於接近水稻成熟期時，再出現長翅成虫向外分散⁽³²⁾。

長翅雌虫侵入本田定居之後，將卵產於葉鞘表皮組織內（也有產於中脈者）。卵期及若虫期之發育受溫度的影響甚大（詳見下節）。若虫脫皮4次（共計五齡）以後即成為成虫。在日本之夏季，卵期約為一週⁽⁴⁰⁾，而若虫期約為兩週。在臺灣，卵期在春秋、夏及冬季分別約為8天、6天及12天；若虫期分別為16~20天，12~15天及30~36天^(2,6)。

若虫及成虫羣集於水稻基部吸食稻汁，排出蜜露，一般甚少移動，只有當密度甚高時才向上移動。其成虫因若虫期水稻營養狀況的改變，三齡若虫時擁擠的程度及日照長短等之影響，而有長翅及短翅型個體之出現⁽³²⁾。

褐飛蝨在一年所能完成的世代數，因地域不同而異。在日本九州，自7月至10月可完成三世代⁽⁴⁰⁾。在臺灣則8~11代不等，愈南則世代數愈多⁽⁶²⁾。在日本及韓國等溫帶地區，一般相信它無法在當地越冬，但在亞熱帶及熱帶地區，越冬應不成問題，有的甚至終年可發育繁殖不息。在臺灣，每年12月至2月間尚可在誘虫燈收集到褐飛蝨成虫。一般的證據或觀察顯示，在水稻孕穗或抽穗開始時，褐飛蝨棲羣即急速增加^(35,62)，此時亦被認為是防治本虫最重要的時機之一。

三、褐飛蝨的生理生態

(一)溫度及濕度的影響

溫度對褐飛蝨的發育，產卵及正常活動的影響，已有很多研究^(2,6,7,8,9,10,11,13,18,19,32,59)。綜合言之，卵及若虫發育之臨界溫度約為10°C^(35,59)。在15°C—28°C之間，卵及若虫發育所需日數隨溫度之上升而減少，溫度再高則日數反而增加，至35°C以上為其致死溫度（圖1）。

從發育速率來看，在15°C—28°C之間其發育速率與溫度呈直線關係，即卵的發育速率 $\hat{Y} = 8.848 + 0.754(X - 22.0)$ ；若虫發育速率 $\hat{Y} = 7.009 + 0.476(X - 24.5)$ ，式中 \hat{Y} 的單位為%/天，而X為處理溫度(°C)。但若溫度範圍為15°C~35°C，則二者關係不能以直線表示，而呈一種拋物線的曲線關係，即溫度高於適溫以上，則其發育速率漸趨下降，Suenaga⁽⁵⁹⁾利用Pradhan的方程式表示，求出此關係式在卵期為 $\ln Y = \ln 13.034 - 0.00490(31.82 - X)^2$ ，在若虫期為 $\ln Y = 8.138 - 0.00738(27.35 - X)^2$ 。

由於Pradhan方程式在求解上較繁難，我們曾利用自己的實驗數據及

Suenaga 的數據，去試試適合拋物線方程式 $Y = a + bx + cx^2$ 的情形，其結果如圖 2 及圖 3 (陳秋男、程建中，未發表)。

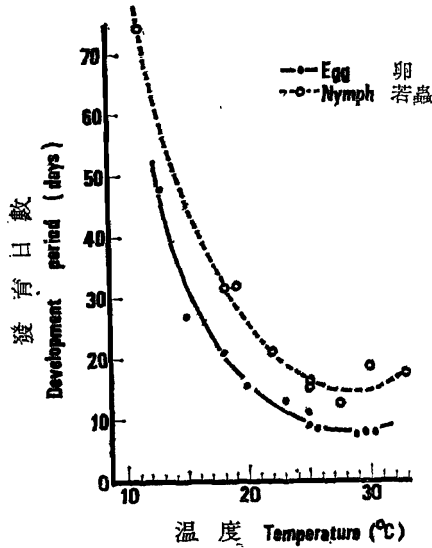


圖 1. 褐飛虱卵及若蟲發育日數與溫度之關係(Kisimoto, 1965)⁽³³⁾

Fig 1. Temperature effect on the developmental period of egg and nymph of *Nilaparvata lugens*

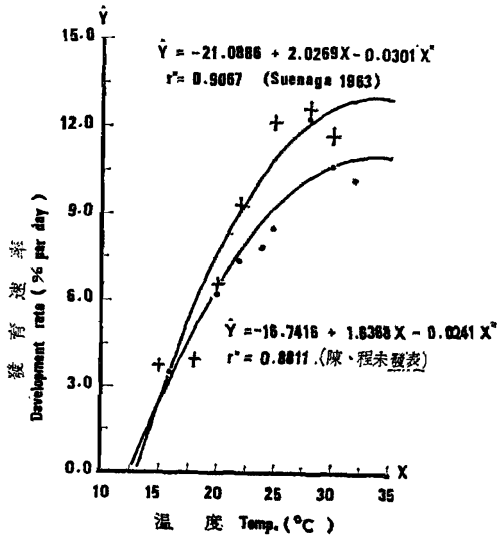


圖 2. 褐飛虱卵期發育速率與溫度之關係

Fig 2. Temperature effect on the rate of egg development of *N. lugens*

Suenaga 的數據，就卵發育速率而言，其關係為 $\hat{Y} = -21.0886 + 0.0269x - 0.0301x^2$ ($r^2 = 0.9067$)；若虫則為 $\hat{Y} = -28.7989 + 2.6999x - 0.0494x^2$ ($r^2 = 0.9263$)。就整個趨勢而言，實測值與理論值可謂相當吻合。我們的數據配合情形稍差，但就應用的觀點而言，仍具估計價值。從這比較也發現兩樣有趣的事，即(1)日本的褐飛蝨發育速率比臺灣的快。(2)根據圖 2 及圖 3 的趨勢來看，褐飛蝨卵及若虫發育之臨界溫度應為 12.5°C ，而非前述的 10°C 。Kuno and Hokyo⁽⁴⁰⁾ 曾設此值為 12°C ，與分析較為接近。對於第(1)點，我認為可能因為日本九州的褐飛蝨因來源於比臺灣更南部的地區，較適應於更高的溫度；或可能由於用不同品種水稻飼養，所以才會有上述的情形發生。

褐飛蝨老齡若虫正常活動之溫度範圍約在 12°C — 31°C 之間，成虫則在 10°C — 32°C 之間。雌虫在 17°C — 30°C 均能產卵，但以 20°C — 30°C 為最適範圍。一般言之，溫度低於 10°C 或高於 33°C 皆不利於本虫之存活⁽⁵⁹⁾。成虫的飛翔活動也受溫度的影響，大約 16.5°C 是飛翔的臨界溫度⁽⁴⁸⁾。

關於濕度變化對本虫的影響，吾人所知甚少，Kulshreshtha 等人認為相對濕度 70—80% 是其發育最適濕度⁽²⁴⁾，但菲律賓國際稻米研究所 (IRRI) 1976 年的年報却指出，80% R. H. 不利於本虫的棲羣成長，而 50—60% 則有利⁽²⁷⁾。至於溫濕度的交感作用對本虫的影響，則未曾有任何研究報告。

關於褐飛蝨棲所小氣候 (Microclimate) 的情形，林珪瑞⁽⁴⁾ 曾於 1969 年在臺北的第二期稻作，及 1970 年的第一期作作過初步的測量。他發現褐飛蝨最佳棲息

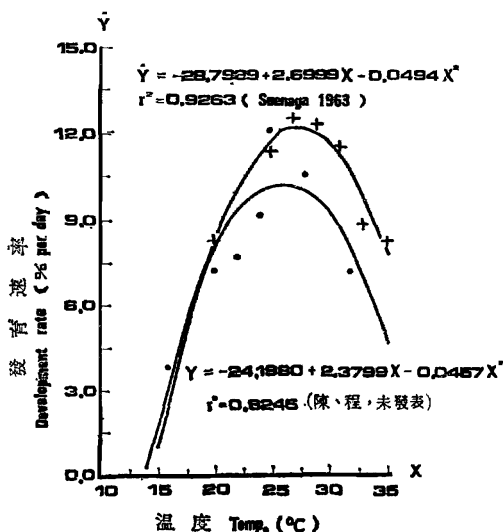


圖 3. 褐飛蝨若虫期發育速率與溫度之關係

Fig 3. Temperature effect on the rate of nymphal development of *N. lugens*

部位在水面上10公分左右的水稻基部，該處平均溫度範圍在一期作爲 18°C — 30°C ，二期作爲 16°C — 32°C ；相對濕度在一期作爲80—90%，二期作爲70—90%。顯然臺北稻田之相對濕度不利於其棲羣成長。從他的數據進一步分析得知，在上午8時至下午6時之間，大氣溫度(X)與水面上10公分高稻叢間的溫度(Y)之關係爲 $\hat{Y}=1.08x-0.73$ ($r^2=0.9807$)。經由此種關係的探討吾人或可自大氣溫度而估計褐飛蝨棲所的溫度，以便更精確地瞭解田間褐飛蝨的生長發育情形。

總而言之，吾人今後尙需加強變溫對褐飛蝨發育及活動的影響，褐飛蝨對溫度的順候現象(Acclimatization)，以及其棲所小氣候更深入的研究。

(二)光的影響

Kisimoto⁽³²⁾的報告指出，光週期的長短會影響長短翅型出現的比率。在8小時的光照下，短翅雌虫出現率要比12.5小時、16小時及24小時光照者顯著提高。但是，雌虫翅型的出現率較不受光週期長短的影響。Ohkubo and Kisimoto⁽⁴⁹⁾曾以Johnson-Taylor吸虫器捕捉飛翔中的褐飛蝨，發現黎明及黃昏是飛蝨飛翔最活躍時間。他們報導，當溫度在 20°C 以上時，光度在1~200 lux是其飛翔的光度範圍，而100 lux爲最適光度。黃昏時若溫度在 18°C 左右，光度必須在50—4,000 lux才能捕到飛翔中的飛蝨。

(三)翅型的發生及兩型在生理生態上之差異

褐飛蝨的成虫，無論雄性或雌性均有長翅及短翅兩型個體存在。翅型的產生受到許多因子的影響，其中最重要的是幼期棲所的擁擠狀況。Kisimoto⁽³²⁾曾利用試管裝稻苗飼養不同數目的若虫，使其密度各爲1、5、10、20隻。發現單隻個別飼養成長者，雌性均爲短翅型，而雄性均爲長翅型。密度漸增則長翅雌虫增多，至每試管20隻飛蝨時，則雌虫幾乎均爲長翅型。短翅雌虫約在密度5—10隻之情況下出現，密度再增則長翅雌虫比率隨著增加(圖4)。再則，當食料及容器更換時日愈短(圖4, r: 1, 2, 4)，則會促進短翅型個體的出現。

在田間情況，最初一、二世代由於棲羣密度低，食料適當而充裕，所以短翅型個體所佔比率較大，當水稻生長後期，飛蝨密度漸增，長翅型個體比率亦漸增。

長短翅型個體之出現是一種適應現象。此可由其兩型個體在生理生態上之差異推論得知(見表1)。長翅型個體爲了侵入本田定居(有時需作長程遷移)，以及當食物條件不良時(如水稻成熟或收割)能適時分散另覓食物，所以其翅發育正常，個體較小且較輕，而且僅靠喝水亦能存活5—20天。而短翅型個體之出現，乃爲促使棲羣於短期內急速增長，所以其交尾前期及產卵前期均較長翅型者短，而其產卵能力一般均比長翅者顯著增多，所以短翅型個體在棲羣增長中扮演著極重要的角色^(32,40)。這也是短翅雌虫開始出現時，即是最適當的防治時期的道理⁽⁴⁶⁾。

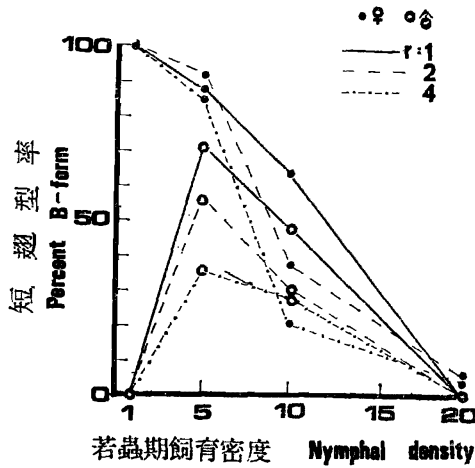


圖 4. 褐飛蝨若蟲期飼育密度與短翅型個體出現率之關係 (Kisimoto, 1965)⁽⁸²⁾

Fig 4. Relationships between the nymphal density and the percentage of brachypterous form of *N. lugens* (r : 1, 2, 4 means daily, 2-day and 4-day intervals of renewal of the food and container, respectively).

表 1 褐飛蝨長翅與短翅型雌虫生理生態上之比較 (岸本 1975, Kisimoto 1976)^(17,85)

Table 1. Differences in the macropterous and the brachypterous females of *N. lugens*

性 狀 Bionomic characteristics	長 翅 型 Macropterous form	短 翅 型 Brachypterous form
外 形	前後翅發育正常、飛翔能力正常、個體較小、體色為黃褐色半透明	前後翅發育不完全、前翅短粗未達腹末、後翅痕跡、足及產卵管較大、個體較大、體色較淡
交尾前期	3-7 天 (25°C)	2-4 天 (25°C)
產卵前期	4-8 天 (25°-30°C) 14-19 天 (20°C)	2-3 天 (25°-30°) 4-5 天 (20°)
產卵能力	較低 (250 或 540)	高 (300 或 600)
壽 命	少於 5 天 (田間) 28 天 (或 31 天) (室內)	8-9 天 (田間) 22 天 (或 26 天) (室內)
耐 餓 能 力 (僅供水)	5-20 天	3-8 天
出 現 條 件	不適宜食物及高密度	適宜食物及低密度

④ 褐飛蝨與其寄主植物之相互關係

(1) 水稻供應飛蝨生存棲所及食物

雖然室內飼養證明褐飛蝨可存活於 *Oryza group* 的多種植物上，但在自然情況下，此虫似乎僅能依賴水稻生活。所以有關褐飛蝨在無水稻時期（尤其是冬季）如何渡過難關，仍待查證。不過一般認為，在熱帶地區，水稻殘株或再生稻仍存在下，對其生存該不會有困難。

由於本虫性喜於無風，高溫多濕及遮蔭的情況下聚集生活，所以根據各處的觀察及 I R R I 1972 的報導⁽²⁷⁾，認為水稻種植愈密（如行株距 10×10 公分），其褐飛蝨密度要比其他行株距較寬者高。再者，分蘗數多的稻種，或施用過量氮肥促進分蘗，往往是飛蝨生存有利的處所。

Mochida⁽⁴³⁾ 曾研究本虫的取食量，發現若把長翅雄虫的吸汁量定為 1，則雌成虫約為 2.5 而第五齡若虫則為 6，顯示若虫的為害能力最強。但由於其實驗所用虫數太少（除若虫 9 隻外其餘均只用 3 隻），未曾考慮到個體間存在的自然差異，所以此比值有待進一步驗證。又據報導，3～5 齡若虫每日平均可吸取稻汁 6—11 mg 之多⁽¹⁶⁾。

關於本虫的攝食量，亦可由其蜜露排量的多少加以估計。Sōgawa⁽⁵⁶⁾ 報告，在 28°C 下，一隻褐飛蝨雌虫每天可排遺 13 μl 的蜜露。蜜露主要成份糖類佔 2%（主要為葡萄糖及蔗糖），而游離氨基酸佔 0.1%（主要為 Glutamic acid, Aspartic acid, Asparagine 及 Valine⁽⁴⁷⁾）。據推算，相當於每隻雌虫每天排出 226 μg 糖及 12 μg 氨基酸。亦即，接種 10—20 隻褐飛蝨雌虫於一 30 天老的秧苗上，可在一天內吸乾該秧苗內的游離氨基酸。關於褐飛蝨的取食行為及生理，以及水稻抗虫的機制，請參看 Sōgawa 深入的研究及精闢的評論^(56, 57, 58,)。

本省的研究人員曾認為稗草是褐飛蝨的越冬寄主⁽²⁾，而推廣人員亦宣稱，當飛蝨侵入本田時，常首先棲息於稗草上然後才分散。我們曾在實驗室內作過强迫性取食試驗，並在溫室內大量釋放飛蝨於稗草上，均告失敗，證明褐飛蝨無法靠稗草生存。最近 Kim 等人報導⁽²⁸⁾，褐飛蝨若虫由於不取食稗草，所以在接虫後三天內所有若虫全部死亡，他們認為稗草內一定含有某種抗食劑 (Anti-feedant)。經他們進一步的化驗分析，證明此抗食劑是一種 Trans-aconitic acid⁽²⁹⁾。Noda 等⁽⁴⁷⁾ 曾發現飛蝨類主要吸食韌皮部 (Phloem) 汁液，而葉蟬類則吸食木質部 (Xylem) 汁液，若此種抗食劑係抽取自韌皮部，則可得到驗證。

我們曾探討在一天 24 小時中，在室溫情況下褐飛蝨若虫取食量（由蜜露排量推測）的改變情形，發現早晨 5 點至 9 點取食最活躍，其次為早晨 1 點至 5 點，其他時間取食均甚少（圖 5、陳秋男、程建中未發表資料）。當然，此種規律性是否因季節日照長短及氣溫變化太大的影響而改變，尚在求證中。

褐飛蝨加害稻株之後，會使稻組織中的化學成份產生量的改變。Cagampang 等人⁽²⁰⁾ 分析受害後的水稻葉片，發現其 Arginine, Asparagine, Lysine, Proline

及 Tryptophan 量增加30倍，而游離氨基酸量增加 6 倍；但葉綠素、可溶性蛋白質及蛋白酶活性均降低。三田的報告指出，受害後稻株之碳水化合物、全糖、還原糖及非還原糖均顯著減少⁽¹⁶⁾。然而，褐飛蝨的為害對稻米品質的影響究竟如何，有待研究。

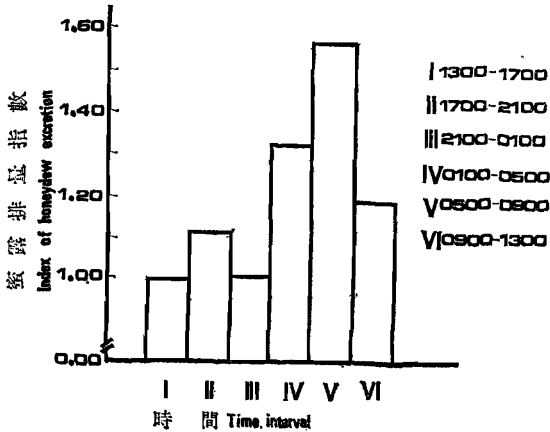


圖 5. 三、四齡褐飛蝨若蟲一日間蜜露排量之變化 (陳、程未發表)

Fig 5. Circadian rhythm of honey-dew excretion by 3rd-4th instar nymphs of *N. lugens* (Chen & Cheng, unpublished)

從虫害管理的立場來看，瞭解褐飛蝨棲羣密度大小與水稻受害損失的關係，是推算其經濟為害限界 (Economic thresholds) 不可或缺的資料。過去固然已有不少報告指出，水稻早期受害則株高及分蘗數顯著降低，而分蘗後期至幼穗形成期受害則抽穗延長、穗數及穗粒減少，且不稔率增加。而抽穗後受害則穗重、千粒重及稔率均減低⁽¹⁵⁾。然而確切的實驗證據却仍不多見。

Bac 及 Pathak⁽¹⁹⁾曾於臺中在來 1 號水稻不同稻齡時，接種不同數目的褐飛蝨若蟲或成蟲，觀察水稻受害情形。他們發現插秧後 25 天的稻株，若每株接上 400 隻一齡若蟲，則受害兩天稻株即開始枯萎。接種 200 隻者受害三天即有四分之三的稻株枯死。插秧後 50 天及 75 天的稻株，若接上 400 隻一齡若蟲，則約於兩週後顯現枯萎現象，但將飛蝨除去之後稻株仍可恢復生機。再者，空穀率會隨飛蝨密度之增加而增加。

據 Kisimoto⁽³⁵⁾ 估計，水稻若於抽穗前受害而枯萎，則全無收穫；但抽穗後 30 天才枯死者，其產量損失約 80—90%，40 天內者約 50%，50 天內者 10%。即使不枯死但有濃厚煤煙病者，仍會有 5—10% 的產量損失 (圖 6)。他進一步估計，第一世代的一隻短翅雌蟲，其繁衍之後代足可使 8—11 叢水稻枯死，其損失約為 3—7 叢水稻之產量。

我們曾在溫室內及室外以臺南 5 號水稻為試驗材料，同時考慮水稻生長期，飛蝨棲羣密度及為害時間長短三項因素。在水稻之分蘗盛期，孕穗期及乳熟期各

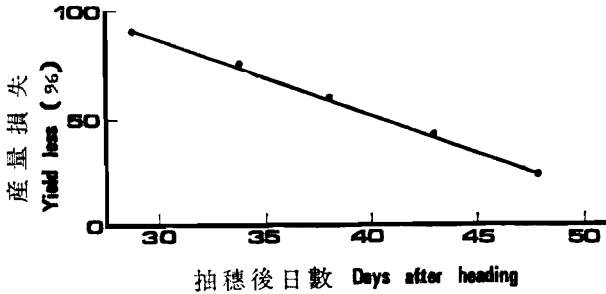


圖 6. 抽穗後不同時期受害乾枯水稻其產量損失情形

Fig 6. Yield loss in hills killed by *N. lugens* at various days after heading (Kisimoto 1976b)⁽⁸⁵⁾

引進不同密度的一、二齡若蟲，讓其取食兩週。發現只有在分蘗盛期，平均每叢受40隻以上若蟲為害，其株高才會顯著降低、有效分蘗數減少，同時枯稔率顯著增加（陳秋男、程建中，未發表）。

就產量損失而言，孕穗期受害損失最嚴重，其次為分蘗盛期，再次為乳熟期。乳熟期時雖受80隻為害，但產量未見顯著減少，受160隻以上為害，則約減產20%（圖7）。在分蘗盛期受20隻為害約可減產45%，若在孕穗期則此密度足可

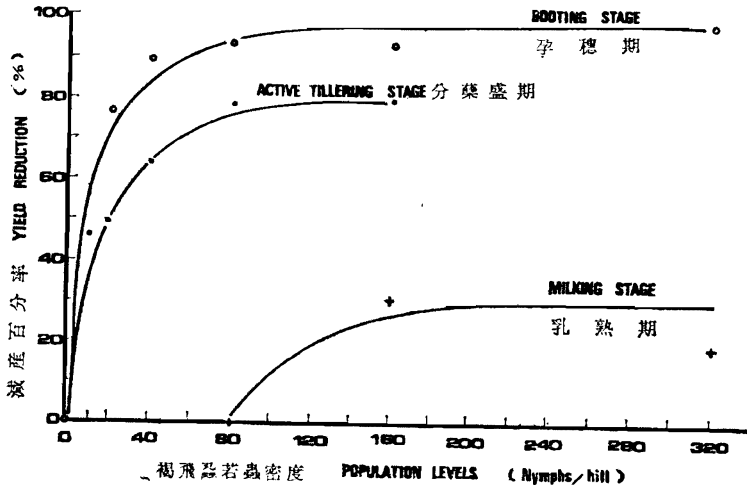


圖 7. 臺南 5 號水稻在不同生長期受不同密度的褐飛虱為害兩週後減產的情形（溫室結果）（陳秋男、程建中，未發表）。

Fig 7. Yield loss of rice (Tainan No. 5) resulted from the attack by various levels of *N. lugens* at different rice stages for 2 weeks under greenhouse conditions (Chen & Cheng, unpublished).

引起75%的減產。事實上，據此估計在孕穗期受10隻若虫爲害兩週，即可造成60%的減產。再者，在乳熟期接320隻若虫，則兩週之內即可引起「蟲燒」現象。

當然，各地區栽植的稻種不同，環境條件各異，且施肥等耕作方法也不同，所以在損失估計上各地區有其各自的參考價值，不能一概而論。

(2) 褐飛蝨與水稻共同演化

水稻在長久的演化過程中，以及悠久的人爲選擇下，已經出現有不少抵抗褐飛蝨爲害的品系。另一方面，褐飛蝨也因為與水稻長久不可分的密切關係，所以在演化過程中也先後出現一些生物小種 (Biotype) 來克服作物的抗性 (表 2)。此種捉迷藏式的共同演化 (Co-evolution) 現象，將繼續演下去，在虫害管理及抗虫育種上具有特殊重要性，關於這方面的問題因有另文討論，在此省略。

表 2 褐飛蝨生物小種出現條件及其爲害能力 (據 Cheng, 1975 及 1976 作表而成)

Table 2. Status of biotypes of *N. lugens* with their capability to infest different rice varieties (Tabulated according to Cheng 1975, 1976).^(21,22)

生物小種 Biotype	出現條件 Condition for appearance	爲害水稻品系能力 Capability to infest		
		感性品種 (如臺中在來號) Suscep. varieties (e.g. TN 1)	一對顯性基因 之抗性品種 (如Mudgo) Resis. varieties with 1 pair dominant gene(e.g. Mudgo)	一對隱性基因 之抗性品種, (如 H105) Resis. varietis with 1 pair re- cessive gene (e.g. H105)
I	在自然情況下最多的個體	能	否	否
II	在具一對顯性基因之抗性 稻種上 (如 Mudgo) 培 育而成	能	能	能/否 (未確定)
III	在具一對隱性基因之抗性 稻種上 (如 H105) 培 育而成	能	否	能
IV	在廣植抗性水稻區 (Victoria, Laguna, Philippines) 發現	能	能	能

四、褐飛蝨的棲羣生態

有關褐飛蝨棲羣生態的研究，除了日本方面較有系統而深入之外，其他東南亞之熱帶及亞熱帶地區資料均止於粗淺的探討。本文擬就本虫棲羣估計技術、田

間分佈樣式、棲羣動態及長距離遷移等方面概要討論。

(-) 田間棲羣估計方法

可靠、省工、易行的棲羣估計方法，是研究棲羣生態及從事定期田間虫情監視不可或缺的。一般最常採用的捕虫方法有：直接目數、誘虫燈誘集、黃色水盤、拖網、Johnson-Taylor 吸虫器⁽³⁵⁾及吸虫機⁽⁴⁰⁾等。各法之應用因目的及使用場合而異，但最好能同時應用兩種或兩種以上方法加以比較。

目前普遍採用取樣直接目數。一般以每叢水稻上之虫數為基本單位。至於決定取樣數之多少，則需視當時田間的密度及精確度的要求如何而定，而以瞭解褐飛蝨在田間的分佈樣式 (Spatial pattern) 為先決條件。

關於褐飛蝨在田間的分佈樣式，最早且最有系統的研究首推 Kuno^(36, 39)。據他報告，在日本九州初期侵入本田的長翅成虫，呈逢機出現於稻叢上，其分佈情形可以 Poisson 分配式來描述，即

$$P(x) = \frac{m^x e^{-m}}{x!}$$

式中 $P(x)$ 是每叢水稻有 x 隻褐飛蝨的期望機率， m 是平均密度， $e = 2.718$ 。

定居本田的長翅成虫所繁殖的後代，一般甚少移動，因而有聚集的趨勢，其分佈樣式符合負二項分配 (Negative binomial distribution)，即

$$P(x) = \binom{-k}{x} \left(\frac{-m}{k+m} \right)^x \left(\frac{k}{k+m} \right)^k$$

式中 k 是聚集度量，其他符號如上述。

Kuno 曾以 $C_A = 1/k$ 作為聚集指數 (Aggregation index) 來表示褐飛蝨聚集的程度⁽³⁷⁾，其求法為

$$C_A = \sigma^2 - m/m^2$$

式中 σ^2 為變方， m 為平均密度。由上式可知，當 $C_A = 0$ 時， $\sigma^2 - m = 0$ ，即 $\sigma^2 = m$ 是為逢機的 Poisson 分配，當 C_A 值愈大時就愈遠離 Poisson 分配，而呈現的 $\sigma^2 \gg m$ 的聚集型分佈，即漸符合一般常見的負二項分配。Kuno 認為從樣本中可以加權平均法求得 C_A 值，其式為

$$\bar{C}_A = \frac{\sum(S^2 - \bar{x})}{\sum(\bar{x}^2 - S^2/n)}$$

式中 S^2 為樣本均方， \bar{x} 為樣本平均值，而 n 為樣本數。

褐飛蝨的 C_A 值在不同齡期保持相當的穩定，但在不同年度則仍有相當大的變異。以成虫及三齡以上若虫併在一起計算，在日本福岡同一實驗地，自 1961~1968 年中，其變域為 0.445~3.368，平均為 1.328，此種變異與原先侵入的棲羣密度有關，當原先密度大則 C_A 值小⁽³⁹⁾。再者， C_A 值在愈南部地區則愈小。在斯里蘭卡為 0.635 (Ōtake, 未發表)，在臺灣中部為 1.0139 (陳秋男, 未發表)，在日本九州為 1.328，在北部之四國則約為 10.0⁽³⁷⁾。

前面已提到，樣品數之決定需視當時之棲羣密度，對象昆虫之聚集度及所需

之精確度而定。其關係式為：

$$n = \frac{1}{D_0^2} \left(\frac{1}{m} + \bar{C}_A \right)$$

式中 n 為所需樣品數； D_0 為所要求之精確度； m 為平均密度； \bar{C}_A 為聚集度指數。Kuno⁽³⁹⁾ 曾設定 $D_0=0.20$ ，而將不同 C_A 在不同密度下所需的樣品數繪製如圖 8，由上式及圖 8 可知：(1) 要求愈精確（即 D_0 值愈小），則所需樣品數愈大。欲使精確度提高為原來的一倍（即 D_0 值減半），則需增大 4 倍的樣品數才有可能。(2) C_A 值愈大，則需愈多的樣品數才能符合所需精確度，反之則反是。(3) 當田間棲羣密度高時，所需樣品數愈少，反之則愈多。

然而，由於地域性的差異，Kuno 的結果不可直接應用於別處。根據我初步研究的結果，適用於臺灣的情況如圖 9 所示（陳秋男，未發表）。所以，當在本省從事本蟲的棲羣生態研究時，大約需取樣 50—70 叢水稻，才能符合精確度 0.20 的要求；但一般性的推廣或田間藥劑試驗，則大約取樣 30~40 叢即可符合 0.30 的精確度。

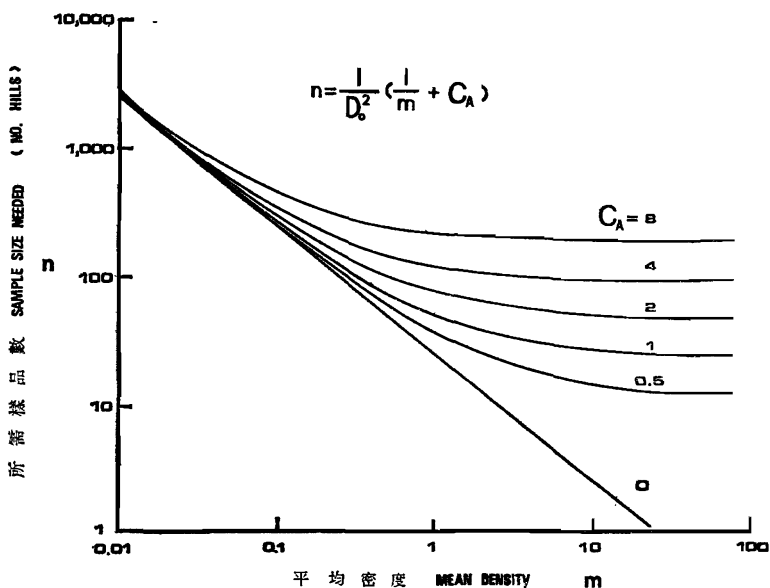


圖 8. 精確度 $D_0=0.20$ 時，聚集度指數 (C_A) 及平均密度 (m)

與所需樣品數 (n) 的關係。 $n = \frac{1}{D_0^2} \left(\frac{1}{m} + C_A \right)$ (Kuno, 1976)⁽³⁹⁾

Fig 8. Sample size needed (n) in relation to the precision level required ($D_0=0.20$), the aggregation index (C_A), and the mean density (m) of *N. lugens* expressed as $n = \frac{1}{D_0^2} \left(\frac{1}{m} + C_A \right)$

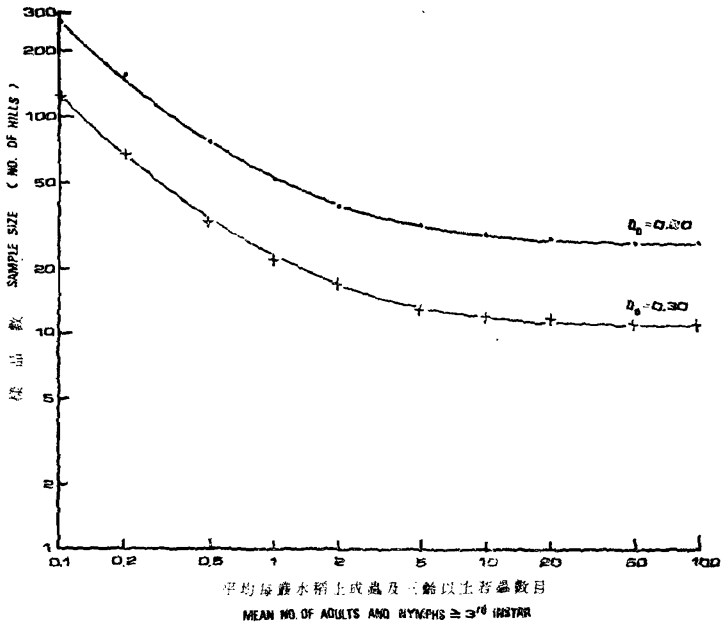


圖 9. 在臺灣褐飛蝨平均密度與所需抽查稻叢數之關係
($C_A=1.0139$) (陳, 未發表)

Fig 9. Sample size needed in the estimation of *N. lugens* in Taiwan ($C_A=1.0139$)(Chen, unpublished)

(二) 褐飛蝨的棲羣動態

Kuno and Hokyō 根據其自1961年起連續8年在日本九州的研究指出, 褐飛蝨在侵入本田後, 經過三世代的繁殖, 其密度可自平均每叢 0.01 隻增至20隻, 約增加 500 倍⁽⁴⁰⁾。此種增加速率還是在許多致死因子作用下的結果。目前已被鑑定的主要致死因子包括: (1)豪雨 (劉達修, 未發表); (2)寄生性天敵, 如卵寄生蜂 *Anagrus* sp. 及 *Mymar? indica* (二者均屬 *Mymaridae*); *Oligosita* spp. 及 *Paracentrobia anodoi* (二者均屬 *Trichogrammatidae*)。成、若虫外寄生性昆蟲, 如 *Elenchus* sp. (*Strepsiptera*); *Echthrodolphax bicolor* 及 *Haplogonatopus japonica* (二者均屬 *Dryinidae*)^(3, 5, 50)。(3)捕食性天敵, 如狼蛛 (*Lycosa pseudoannulata*)、蟹蛛 (*Oedothorax insecticeps* 及 *Notioscous pallidulus*)、綠盲蝽 (*Cyrtorhinus lividipennis*) 及黑盲蝽 (*C. mundulus*), 後二者主要吸食飛蝨之卵^(23, 50)。(4)病原微生物, 如寄生菌 *Entomophthora delphacis*⁽⁵¹⁾ 及寄生性線虫等。

雖然各地區均有其主要致死因子之研究, 然此諸因子如何調節褐飛蝨的棲羣, 至今尚缺乏完整的資料來加以解釋。Kuno and Hokyō 指出⁽⁴⁰⁾, 在日本九州秋季褐飛蝨的密度, 主要決定於最初入侵時密度之高低。10月份 (第三世代) 的

密度 ($\log P_3$) 與 8 月初 (第一世代) 者 ($\log P_1$) 之相關係數達 0.85。此項事實顯示，短期的預測是有可能的。本省的推廣人員 (尤其是預測員) 憑經驗認為，當褐飛蝨侵入一期稻作愈早且數目愈多，則該年的一期作必定嚴重受害。關於此點觀察有待進一步證明。

至於天敵調節飛蝨棲羣的能力及其利用價值如何，尚無一致的見解。Kuno and Hokyo 的研究認為，水稻生長早期的天候情況是影響每年褐飛蝨棲羣變動的關鍵因子⁽⁴⁰⁾，而且 Kiritani 也認為沒有足夠的證據顯示天敵能調節飛蝨棲羣⁽³⁰⁾。

褐飛蝨棲羣的另一特色是其長期平衡點高達每叢 572 隻 (黑尾葉蟬僅為 13.5 隻)⁽⁴⁰⁾，此數足以在數日內讓一叢水稻乾枯。從許多生物特性的比較來看，顯然褐飛蝨與黑尾葉蟬是兩種很不同類型的昆蟲，前者可認為是 r - 戰略者 (r - Strategist)，而後者偏向於 k - 戰略者 (k - Strategist)^(42, 52, 53)。

(三) 褐飛蝨的長程遷移

褐飛蝨無法在日本及韓國越冬，而其棲羣係每年六月下旬至七月中旬，伴隨來自華中的西南暖濕氣團，而被帶至日、韓上空，下雨時乃下降到地面而立足於水稻上，如此開始每年的為害過程^(34, 41)。有關飛蝨類長程遷移的研究細節，朱澤沂曾有專文介紹⁽¹⁾，本文僅就 Kisimoto 有關其遷移與氣象條件的分析^(17, 33, 34)作扼要的介紹。

標準的飛蝨類遷移氣象條件，可概略描述如下：每年六、七月間，在北緯 $25^{\circ} \sim 36^{\circ} N$ 的華中出現低氣壓，該低氣壓緩慢向東及北北東至東北方向移動，經過九州中部與朝鮮半島中央部份而向北進入日本海北方到太平洋 (圖 10)。當這股攜帶大量飛蝨的暖濕氣團通過時，碰到北方的冷鋒即下起豪雨，而飛蝨即隨之

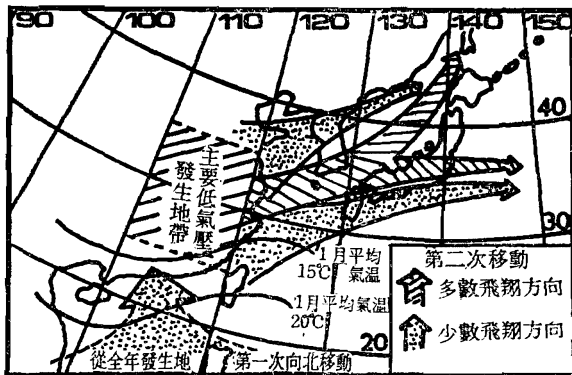


圖 10. 飛蝨類長距離遷移推測路線 (岸本 1975)⁽¹⁷⁾

Fig 10. Possible routes of long distance migratory flight of rice planthoppers

降落。此時在陸面即可用高空拖網，誘虫燈或黃色水盤而收集到大量飛蝨。在此期間，九州農業試驗站的天氣情況大略如下：風向為南南西至西南，最低氣溫在 22.0~25.4°C 之間，最大風速為每小時 18—40 公里，持續約 9—46 小時，平均約 33 公里，雨量則在 3.5mm 至 332mm（其中有一次無雨）。

據報導，在 1967—1972 年中，一共偵測到 40 次的遷移行動。一般而言，此種移動以白背飛蝨佔多數，但 12 次的紀錄中有 7 次伴隨大量褐飛蝨，5 次僅少量。就密度而言，白背飛蝨約為每 1,000 立方公尺空氣中有 3—7 隻，而褐飛蝨僅為 1—2 隻，通常還少於此數。而且一般捕到的飛蝨雄虫多於雌虫。

總之，褐飛蝨渡海長程遷移已是一項不爭的事實，然大量褐飛蝨來源何處，則仍需求證。而本省是否也有飄洋過海而來的飛蝨類，也是值得探討的問題。

㊟褐飛蝨的崛起及猖獗

褐飛蝨成為水稻區的關鍵害虫之一，大約是在 1960 年以後的事。Hinckley 報導在 Fiji 自從 1959 年的一次大發生以後，就成為每年需加以防治的重要害虫⁽²⁶⁾。在臺灣是在 1961 年以後才漸受重視⁽⁶²⁾。在東南亞地區，它是 1965 年以後才普遍受到注意⁽⁴⁵⁾，在韓國也是 1965 年以後才崛起⁽⁴¹⁾，而印尼在 1970 年以後幾乎年年大發生⁽⁴⁵⁾（圖 11）。

除溫帶地區外（如日本及韓國），可能褐飛蝨老早就已普遍分佈在亞太地區的水稻區，但何以等到 1960 年代以後各處才有慘重災情的報導呢？關於其崛起及

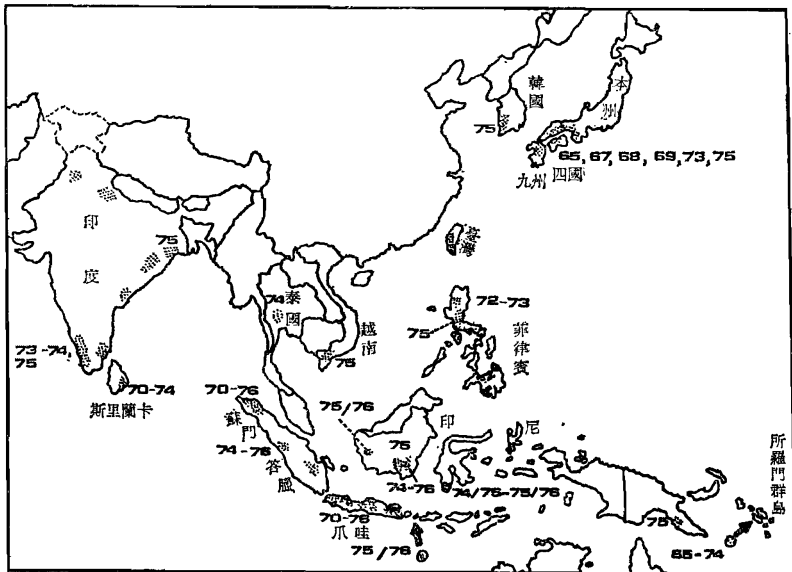


圖 11. 近年來東南亞水稻區褐飛蝨大發生情形 (Mochida et al., 1976)⁽⁴⁵⁾
 Fig 11. Recent outbreaks of *N. lugens* in rice producing regions in Asia

猖獗的誘因，昆虫學者的推測略同，茲將主要觀點歸納如下：

(1) 水稻豐產品種的推廣

一般言之，豐產稻種也是褐飛蝨較喜食的品種。印度及馬來西亞於1965年開始推廣高產量品種；菲律賓在1966年廣植 I R - 8 ；印尼則於 1967 年開始種植；翌年巴基斯坦也大量推廣；泰國也在1969年推廣豐產品種⁽⁴⁵⁾。在臺灣自1958年起推廣的秈稻穗數型品種臺中在來 1 號，是相當敏感的品種。1963年後推廣稈稻粒數型的臺南 5 號，也是感性品種。該品種普遍受到歡迎，其種植面積在1965年只佔蓬萊稻總面積之0.16%，但至1974年却已增至55%⁽⁶¹⁾。

(2) 多施氮肥

施肥量的逐年增加是各水稻區普遍的現象。而氮肥施用後却可促進飛蝨的取食偏好與大量繁殖^(14, 25, 55, 60)。一般言之，氮肥可促使稻株組織軟化而多汁，分蘖繁茂，不但改善了營養價值，且提供飛蝨更佳的棲息場所。

(3) 耕作制度改變

灌溉充裕導致連續耕種，或提早種植，加上一般密植的趨勢，及種植期的複雜，均提供飛蝨終年經常不斷的食料，以及適宜繁殖及棲息處所。

(4) 殺虫劑的影響

殺虫劑的誤用與濫用，易導致抗藥性昆虫的產生，以致藥劑施用變本加厲，原有的主要害虫漸趨稀少，褐飛蝨天敵遭受傷害，而飛蝨靠其在短時間內大量繁殖的能力，佔有空缺的生態職位¹ (Ecological niche)，如此乘勢崛起。

以上的論點固然提示褐飛蝨崛起的可能誘因，但由於均係事後的推測，無法證明其對褐飛蝨棲羣逐漸影響的過程。是故，褐飛蝨確實在何種情況下才變成關鍵害虫，實無法下定論。

(5) 氣象條件

上述導致褐飛蝨崛起的誘因，可能亦是誘發本虫猖獗的原因，除此之外，氣象條件亦可能是引起大發生的重要因素。不過，除了 Kuno & Hokyo⁽⁴⁰⁾提出證據外，關於氣象影響褐飛蝨棲羣變動的論說，一般均係經驗的判斷及牽強的說法。在本省，早在1934年即有福田⁽¹⁸⁾提出下述意見。他認為若冬季氣溫比平年高，而夏季（7～9月）之最高最低日較差小，平均溫度在 25°C 以上，在二期作孕穗前後，若相對濕度維持80%以上 2～3 天，且10天以上不下雨或微雨，則該年將會發生成災。

上述觀點影響本省研究人員甚鉅。其後陶家驊^(10, 12)也認為，若冬季（12月～3月）之平均溫度在20°C左右，則一季稻作受害將嚴重，18°C以下則不嚴重。而夏季（7～9月）之均溫若在 26—28°C左右，降雨量少，則可造成二期作之猖獗。何火樹及劉達修也特別強調冬季溫度與一期作大發生的關係，他們認為，若冬季期間（12月～3月）之累積平均溫度高，則該年發生量必高，例如1965年12月至1966年3月每日平均溫度累積為 2281.4°C，在1966年燈光誘集之總虫

數約為30萬隻。而1967年12月~1968年3月每日平均溫度累積僅 1848.3°C，因而該年只誘到 2 萬 4 千隻⁽²⁾。劉達修最近的研究推測（劉，未發表），若冬季期間（12月~2月）平均溫度低於 16.5°C，則第一期作褐飛蝨棲羣將顯著降低。這是個很好的巧合，因為 16.5°C 為本虫飛翔的臨界溫度⁽⁴⁸⁾，則飛翔時之溫度低於此值，則勢必大大地影響該年侵入一期本田的成虫數，因而該年一期稻作飛蝨數目即顯著減少，道理可能在此。

不過，上述一些見解，純屬事後的推測，至目前為止本省尚無可靠證據來支持任一論點。我曾試圖利用全省過去10年的誘虫燈資料來分析，可能資料本身不可靠，或上述論點不可信，結果均無法支持任一觀點。總之，關於本虫大發生的預測問題仍有待加以探討。

Kisimoto⁽³⁵⁾ 利用黃色水盤誘集入侵本田的成虫，以為短期大發生預測的準據，其法堪值吾人仿效。他認為，當一日收集的數量平均在每盆 50—60 隻，則該年為大量入侵之年。假若虫數在 50—100 隻，則應於入侵後 30—35 天以目數法調查第一世代的短翅雌虫，若其數高達每 100 叢有 30—50 隻，則應適時防治第二世代的初齡若虫，否則該處將會發生嚴重蟲癘。再則，若黃色水盤誘集數超過每盆 150 隻，則入侵後 20—25 天之第一代若虫將會造成嚴重為害，應及時加以防治。

五、結 語

本文綜合討論了水稻褐飛蝨的基本生活史現象、環境因子中溫度、濕度及光對其生長發育及活動的影響，以及其長翅與短翅成虫產生的誘因及兩型之基本差異，文中也特別論述其與水稻間相互作用的關係，更進一步論及本虫棲羣生態的研究進展現況。雖然吾人對此害虫的基本生態已有不少瞭解，但距本虫的棲羣管理（Population management）所需資料仍有一段差距。是故，今後吾人應加強探討本虫不同棲羣密度（或其為害程度）與水稻產量損失的關係，俾能訂定其經濟防治基準。再者，因為密切監視害虫田間虫情是未來虫害管理系統中不可或缺的一環，所以尋求實用的偵測技術與方法也是目前亟須努力的工作項目。同時對於本虫的越冬生態，如越冬場所，食料及影響翌年侵入本田的因素及飛蝨來源等亦應繼續努力探討。對於其立足後的棲羣動態亦應更深入而有系統地研究，以便使短期甚至長期預測變成可能。

（誌謝：本文中作者未發表資料係國科會及農復會經費補助研究計劃之初步結果。助理程建中先生協助圖表之製作，特此一併致謝。）

六、參 考 文 獻

1. 朱耀沂 1976。飛蝨類之長距離移動及其對本省稻作影響之探討 臺灣植物保護中心主辦「稻作與糧倉蟲害研究座談會」稿件（付印中）。

2. 何火樹、劉達修 1969。臺中區褐飛蝨之生態觀察 植保會刊 11(1):33-42。
3. 林珪瑞 1967。稻葉蟬及飛蝨之寄生昆蟲 臺灣水稻主要害蟲學術討論會資料集 臺灣省農林廳 114pp。
4. 林珪瑞 1970。稻田小氣候與稻飛蝨發生關係之觀察 植保會刊 12:184-189。
5. 林珪瑞 1974。臺灣偽黑尾葉蟬及褐飛蝨之寄生天敵 農業研究 23:91-115。
6. 周文德 1969。褐飛蝨生態考查及藥劑防治初步試驗 臺灣農業 5(3):128-141。
7. 邱明德 1970。水稻褐飛蝨之生態研究 臺灣農業 6(1):143-152。
8. 陶家驊 1963。稻飛蝨及浮塵子生態考查及其藥劑防治試驗初步報告 植保會刊 5(2):90-98。
9. 陶家驊 1966。水稻害蟲 p.285-302。臺灣植物保護工作：昆蟲篇 (1940-1965)。335pp。
10. 陶家驊 1966。褐飛蝨生態考查及其藥劑防治試驗 臺灣省農試所年報 (1965):86-90。
11. 陶家驊、姚榮輝 1967。褐飛蝨生態考查及其藥劑防治試驗 臺灣省農試所年報 (1966):96-103。
12. 陶家驊 1968。臺灣重要稻作害蟲發生預測問題之商榷 糧農經濟 No.20:1-6。
13. 陶家驊、周文德、羅文良 1968。褐飛蝨生態考查及藥劑防治試驗 臺灣省農試所年報 (1967):108-114。
14. 鄭清煥 1971。施用氮肥對水稻抵抗褐飛蝨之影響 農業研究 20(3):21-30。
15. 鄭清煥 1974。褐飛蝨發生預測與防治 臺灣省農林廳及臺灣植物保護中心合辦「稻作病蟲害預測技術講習班」(油印講義, 19頁+6圖)。
16. 鄭清煥 1976。褐飛蝨及黑尾葉蟬對水稻產量損失估計 植保會刊 18:147-160。
17. 岸本良一 1975。ウンカ海を渡る 東京：中央公論社 233pp。
18. 福田計 1934。トビイロウンカに關する調査研究 臺灣總督府中央研究所 農業部彙報第99號:1-19。
19. Bae, S. H. and M. D. Pathak 1970. Life history of *Nilaparvata lugens* (Homoptera: Delphacidae) and susceptibility of rice varieties to its attacks. Ann. Entomol. Soc. Amer. 63:149-155.
20. Cagampang, G. B., M. D. Pathak, and B. O. Juliano 1974. Metabolic changes in the rice plant during infestation by the brown planthopper, *Nilaparvata lugens* Stål (Hemiptera: Delphacidae). Appl. Ent. Zool. 9(3):174-184.
21. Cheng, C. H. 1975. Resistance to brown planthopper, *Nilaparvata lugens* Stål in rice varieties. 23 pp. Paper presented at the Seminar of Biological Tactics in Integrated Pest Management Systems. USA/Rep. of China Cooperative Science Program. N. C. State Univ. Raleigh, U. S. A. July 14-18, 1975.
22. Cheng, C. H. 1976. The possible role of resistant rice varieties in rice brown planthopper control. Paper presented at a Seminar on the Rice Brown Planthopper in Tokyo, Japan, Oct. 4-10, 1976, sponsored by the Food and Fertilizer Technology Center, ASPAC. 29 pp.
23. Chu, Y. I. and C. Okuma 1970. Preliminary survey on the spider-fauna of the paddy fields in Taiwan. Mushi 44:65-88.

24. Dyck, V. A., B. C. Misra, S. Alam, C. N. Chen, C. Y. Hsieh and R. S. Rejesus 1977. Ecology of the brown planthopper in the tropics. Paper presented at the International Rice Research Conference, April 18-22, 1977 at IRRI, Los Banos, Laguna, Philippines. 74 pp.
25. Fujiwara, A. and Y. Noda 1968. Host plant factors influencing oviposition of the small brown planthopper. *Laodelphax striatellus* with special reference to oviposition preference and fecundity. Bull. Hiroshima Agr. Exp. Sta. 26:91-103.
26. Hinckley, A. D. 1963. Ecology and control of rice planthoppers in Fiji. Bull. Entomol. Res. 54:467-481.
27. International Rice Research Institute 1972, 1974 and 1976. Annual Report (for 1971, '73 & '75) Los Banos, Laguna, Philippines
28. Kim, M., H. S. Koh, T. Ichikawa, H. Fukami & S. Ishii 1975. Antifeedant of barnyard grass against the brown planthopper, *Nilaparvata lugens* (Stål) (Homoptera: Delphacidae). Appl. Ent. Zool. 10(2):116-122.
29. Kim, M., H. Koh, T. Obata, H. Fukami and S. Ishii. 1976. Isolation and identification of trans-aconitic acid as the antifeedant in barnyard grass against the brown planthopper, *Nilaparvata lugens* (Stål) (Homoptera, Delphacidae). Appl. Ent. Zool. 11:53-59.
30. Kiritani, K. 1972. Strategy in integrated control of rice pests. Rev. Plant Protec. Res. 5:76-104.
31. Kisimoto, R. 1957. Studies on the polymorphism in the planthoppers (Homop. Araep). III. Difference in several morphological and physiological characters between two wing-forms of the planthoppers. Jap. J. Appl. Ent. Zool. 1:164-173. (in Japanese, with English summary).
32. Kisimoto, R. 1965. Studies on the polymorphism and its role playing in the population growth of the brown planthopper, *Nilaparvata lugens* Stål. Bull. Shikohu Agr. Exp. Sta. 13 106pp.+3pl.
33. Kisimoto, R. 1971. Long distance migration of planthoppers, *Sogatella furcifera* and *Nilaparvata lugens*. Proceedings Symp. Rice Insects. Trop. Agr. Res. Cent., Ministry of Agr. Forest. Japan, p.201-216.
34. Kisimoto, R. 1976a. Synoptic weather conditions inducing long-distance immigration of planthoppers, *Sogatella furcifera* Horvath and *Nilaparvata lugens* Stål. Ecol. Entomol. 1:95-109.
35. Kisimoto, R. 1976b. Binomics, forecasting of outbreaks and injury caused by the rice brown planthopper. Paper presented at a Seminar on the Rice Brown Planthopper in Tokyo, Japan, Oct. 4-10, 1976, sponsored by the Food and Fertilizer Technology Center, ASPAC. 19 pp.
36. Kuno, E. 1963. A comparative analysis on the distribution of nymphal populations of some leaf-and planthoppers on rice plant. Res. Popul Ecol. 5:31-43.
37. Kuno, E. 1968. Studies on the population dynamics of rice leafhoppers in a paddy field. Bull. Kyushu Agr. Exp. Sta. 14(2):131-246.
38. Kuno, E. 1973. Population ecology of rice leafhoppers in Japan. Rev. Plant Protec. Res. 6:1-16.

39. Kuno, E. 1976. Distribution pattern of the rice brown planthopper and field sampling techniques. Paper presented at a Seminar on the Rice Brown Planthopper in Tokyo, Japan, Oct. 4-10, 1976, sponsored by the Foods and Fertilizer Technology Center, ASPAC. 25 pp.
40. Kuno, E. and N. Hokyo 1970. Comparative analysis of the population dynamics of rice leafhoppers, *Nephotettix cincticeps* Uhler and *Nilaparvata lugens* Stål, with special reference to natural regulation of their numbers. Res. Popul. Ecol. 12:154-184.
41. Lee J. O. and J. S. Park 1976. Biology and control of brown planthopper (*Nilaparvata lugens* S.) in Korea. Paper presented at a Seminar on the Rice Brown Planthopper in Tokyo, Japan, Oct. 4-10, 1976, sponsored by the Food and Fertilizer Technology Center, ASPAC. 37pp.
42. May, R.M. 1975. The tropical rainforest. Nature 257:737-738.
43. Mochida, O. 1972. ¹⁴C intake of *Nilaparvata lugens* (Stål) (Hom., Delphacidae) of different sexes and wing-forms from ¹⁴C-labelled rice seedlings. Kontyu 40:69-71.
44. Mochida, O. and V. A. Dyck 1976. General bionomics of the brown planthopper, *Nilaparvata lugens* (Stål). Paper presented at a Seminar on the Rice Brown Planthopper in Tokyo, Japan, Oct. 4-10, 1976, sponsored by the Food and Fertilizer Technology Center, ASPAC. 25pp.
45. Mochida, O., T. Suryana and A. Wahyu 1976. Recent outbreaks of the brown planthopper in Southeast Asia. Paper presented at a Seminar on the Rice Brown Planthopper in Tokyo, Japan, Oct. 4-10, 1976, sponsored by the Food and Fertilizer Technology Center, ASPAC. 46pp.
46. Nagata, T., Y. Maeda; S. Moriya and R. Kisimoto 1973. On the time of control for brown planthopper, *Nilaparvata lugens* Stål. Jap. J. Appl. Ent. Zool. 17:71-76.
47. Noda, H., K. Sogawa and T. Saito 1973. Amino acids in honeydews of the rice planthoppers and leafhoppers (Homoptera: Delphacidae, Deltocephalidae). Appl. Ent. Zool 8(3):191-197.
48. Ohkubo, N. 1973. Experimental studies on the flight of planthoppers by the tethered flight technique. 1. Characteristics of flight of the brown planthopper, *Nilaparvata lugens* Stål, and effects of some physical factors. Jap. J. Appl. Ent. Zool. 17:10-18.
49. Ohkubo, N. and R. Kisimoto 1971. Diurnal periodicity of flight behavior of the brown planthopper, *Nilaparvata lugens* Stål, in the fourth and the fifth emergence period. Jap. J. Appl. Ent. Zool. 15:8-16.
50. Otake, A. 1976. Natural enemies of the brown planthopper, *Nilaparvata lugens* Stål (Hemiptera: Delphacidae). Paper presented at a Seminar on the Rice Brown Planthopper in Tokyo, Japan, Oct. 4-10, 1976, sponsored by the Food and Fertilizer Technology Center, ASPAC. 30 pp.
51. Pathak, M. D. 1967. Ecology of common insect pests of rice. Ann. Rev. Entomol. 13:257-294.
52. Pianka, E. R. 1970. On r and K selection. Amer. Nat. 104:592-597.

53. Pianka, E. R. 1972. *r* and *K* or *b* and *d* selection? *Amer. Nat.* 106:581-588.
54. Shimazu, M. 1976. *Entomophthora delphacis* isolated from the brown planthopper, *Nilaparvata lugens* (Stål). *Jap. J. Appl. Ent. Zool.* 20:144-150.
55. Sōgawa, K. 1970. Studies on feeding habits of the brown planthopper. I. Effects of nitrogen-deficiency of host plant on insect feeding. *Jap. J. Appl. Ent. Zool.* 14:101-106.
56. Sōgawa, K. 1973a. Feeding behavior of the brown planthopper and brown planthopper resistance of *Indica* rice Mudgo. Bull. No. 4, Lab. Appl. Entomol., Fac. Agr., Nagoya Univ., Chikusa, Nagoya, Japan. 151 pp.
57. Sōgawa, K. 1973b. Feeding of the rice plant- and leaf-hoppers. *Rev. Plant Protec. Res.* 6:31-43.
58. Sōgawa, K. 1976. Feeding physiology of the brown planthopper. Paper presented at a Seminar on the Rice Brown Planthopper in Tokyo, Japan, Oct. 4-10, 1976, sponsored by the Food and Fertilizer Technology Center, ASPAC. 39pp.
59. Suenaga, H. 1963. Analytical studies on the ecology of two species of planthoppers, the white back planthopper (*Sogata furcifera* Horvath) and the brown planthopper (*Nilaparvata lugens* Stål), with special reference to their outbreaks. *Bull. Kyushu Agr. Expt. Sta.* 8(1):1-152.
60. Sugimoto, T. and S. Yamazaki 1969. Effect of fertilizer application on the development and oviposition of brown planthopper (in Japanese). *Bull. Hokuliku Plant Protection* 17:30-32.
61. Woo, S. C. and C. I. Wang 1975. A brief report on the development of rice in Taiwan since 1964. Plant Industry Division, Joint Commission on Rural Reconstruction. PID-C-369. 16pp.
62. Yen, D. F. and C. N. Chen 1976. The present status of the rice brown planthopper problems in Taiwan. Paper presented at a Seminar on the Rice Brown Planthopper in Tokyo, Japan, Oct. 4-10, 1976, sponsored by the Food and Fertilizer Technology Center, ASPAC. 14 pp.

Ecology of the Rice Brown Planthopper

Nilaparvata lugens (Stål)

Chiou-nan Chen

Plant Protection Center

Wufeng, Taichung, Taiwan 431

Summary

The physiological and population ecology of the rice brown planthopper (BPH) is reviewed. Specifically discussed in this paper are (1) the basic events in the BPH life history; (2) the effects of temperature, humidity and light on its development and normal activities; (3) the induction of wing dimorphism and the major differences between the macropterous and

brachypterous forms; (4) the interaction between the BPH population and the rice plants in relation to its damage to and coevolution with its host; and (5) the population ecology of the BPH, particularly the spatial distribution pattern, techniques used in the estimation of population density, population dynamics, long distance migration and possible ways of its surgeance as a key pest and its outbreaks.

In order to attain better management of the BPH population, the present paper also calls for attention to (1) The establishment of relationship between the population levels of the BPH and the yield loss of rice so as to determine the economic thresholds of the BPH; (2) The development of reliable crop survey methods, especially the sampling plans for regular field surveillance; (3) An understanding of its population dynamics so as to render a long- or short-term forecast of the BPH outbreaks possible.

邱人璋主編

水稻病蟲害：生態學與流行學

農復會1978年12月刊行 p. 23—46。

褐飛蝨之發生與水稻品種之關係

鄭清煥¹

目 錄

- 一、前言
- 二、水稻品種與褐飛蝨之發生及為害
- 三、抗虫機制
- 四、抗虫性遺傳
- 五、生物小種
- 六、結語
- 七、參考文獻
- 八、英文摘要

一、前 言

褐飛蝨是屬於單食性昆蟲，除水稻外尚未發現有能使其營正常生存及繁殖之其他寄主植物^(16,26)。寄主植物對褐飛蝨的發生可概括分為對生態及對生理兩方面的影響來討論。如品種本身的形態特性，植株的栽培密度，以及栽培管理習慣和制度等對褐飛蝨之棲息環境以及食物量的供給具密切關係。這些影響因素是屬於生態方面的。而寄主植物的品質，諸如植物含有之取食刺激物質或忌避物質，營養物質，生長阻礙物質或有毒物質等等對褐飛蝨個體的生存及繁殖具有直接作用者屬於生理方面的影響。不管是生態或生理方面的影響對褐飛蝨之發生量均具有密切的關係。而其關係之密切程度又受到非生物環境因子直接或間接的作用。因此有關寄主植物與褐飛蝨的發生是項錯綜複雜的關係。就水稻品種本身而言，其對褐飛蝨的發生可同時包括生理及生態兩方面的影響，適合褐飛蝨生存，並能促進其繁衍為害者，一般稱之為感虫品種；而不適其生存生長者謂之抗虫品種。本報告謹就水稻品種之抗虫性與褐飛蝨發生之關係提出報告討論如下，至於因耕作習慣或制度所引起之影響則非在本報告討論範圍內。

二、水稻品種與褐飛蝨之發生及為害

近年來褐飛蝨在亞洲水稻栽培區，尤其是東南亞地區經常猖獗發生，造成嚴

¹ 嘉義農業試驗分所技正兼植物保護系主任

重災害^(15,29)。這種害虫由次要害虫一躍為主要害虫，而且連年造成災害的原因，一般認為與1960年後期推廣高產量感虫的水稻品種，如 IR8, IR5, C4-63 和 Pelita 等以及使用新的耕作技術有密切的關連^(16,17,18,24,26,29,30)。事實上，高產量品種並不較傳統栽培品種為感虫^(16,43)，只是高產量品種具有半矮性，分蘗較

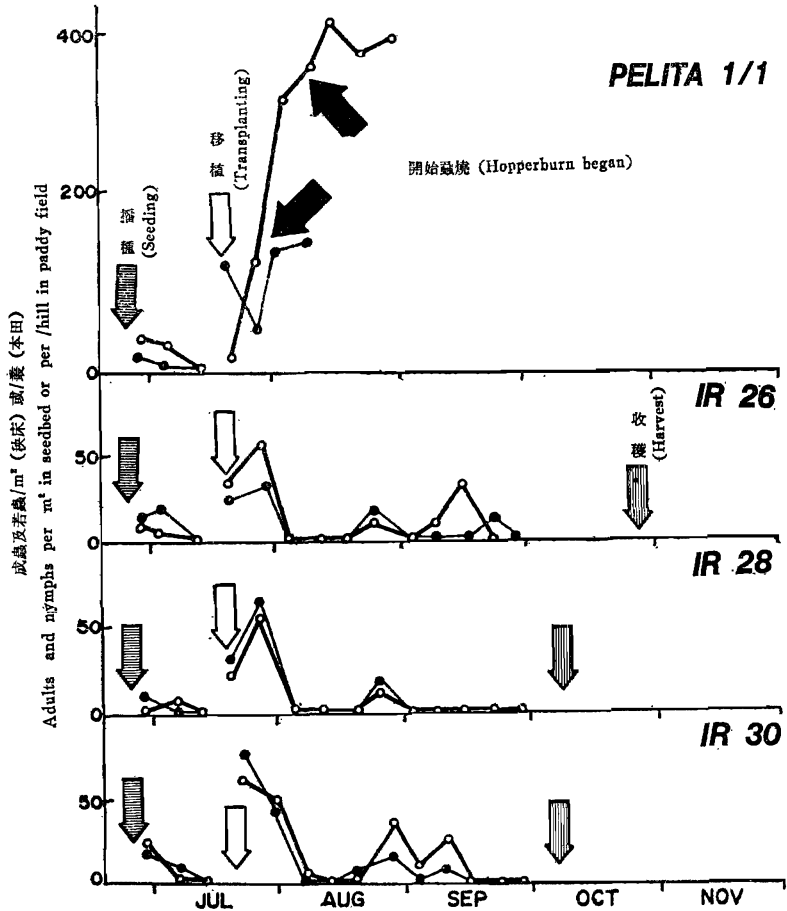


圖 1. 在藥劑處理及自然為害區褐飛虱在抗蟲及感蟲品種水稻上之棲群成長比較—印尼中爪哇，1975旱季 (Mochida, 1976)⁽⁶²⁾

Fig. 1. The occurrence of the brown planthopper on four high-yielding rice cultivars at Kutoharjo in the dry season 1975

○—自然為害 Untreated. ●—藥劑處理使用 10% Diazinon G 及 25% Surecide EC 各6次。With 6 applications of 10% Diazinon G and 25% Surecide EC.

多，葉片直立等特性，其所形成的微氣候較傳統感虫品種更為陰濕，更適合於褐飛虱生存而已。然而連同高產量品種引到各地之新栽培技術，如使用較高的肥料用量（傳統品種對肥料需求量較少），較完善的灌排水管理，密植及由單期作改為雙期作或連續種植等使褐飛虱有更佳的棲息繁殖環境，促進其大量發生。這種由高產量品種所引起之災禍以在印尼所表現者最為突出。

Mochida (1967)⁽²⁹⁾指出，在1960年代末期以前褐飛虱在印尼並不被認為是主要害虫。但自從1967年 IR8, IR5 及 Pelita 等高產量品種相繼在印尼大面積栽植以後，受褐飛虱為害面積逐年增加，由1968/1969 年雨季之 2,000公頃增至

表 1. 六種高產量抗虫及感虫水稻品種在藥劑保護及自然為害區之產量比較—印尼爪哇 (Mochida et. al., 1976)⁽²⁹⁾

Table 1. The dried unhulled rice yield of six high yielding cultivars cropped at three locations in the brown planthopper outbreak areas in Java

品 種 Varieties	平均產量* Avg. yield (t/ha)		T:U
	Insecticide treated(T)	Untreated(U)	
1975 旱 季 (Dry season)			
Pelita I/1 (S)	3.95	1.37	100:34.6
IR 26 (R)	4.88	3.39	100:69.6
IR 28 (R)	4.38	3.03	100:69.2
IR 30 (R)	4.22	3.09	100:73.2
1975/76 濕 季 (Wet season)			
Pelita I/1 (S)	8.34	3.55	100:42.6
IR 26 (R)	7.52	6.25	100:83.1
IR 28 (R)	7.00	5.12	100:73.1
IR 30 (R)	6.79	5.18	100:76.3
IR 32 (R)	7.58	6.09	100:80.0
IR 34 (R)	6.54	5.73	100:87.6

* 三地區各 3 重複之平均值

Average of three locations each with three replications.

T. 1975年旱季用Diazinon 10 G (2 kgs a.i./ha) 處理6次，Surecide 25% EC (1kg a.i./ha) 處理6次；1975/76 用 Furdan 3 G (1.5 kgs a.i./ha) 6次，Diazinon 60 EC (1.0 kg a.i./ha) 6 次。

In the dry season of 1975 the fields were treated with Diazinon 10 G (2 kgs a.i./ha/ha) 6 times plus Surecide 25 EC (1kg a.i./ha) 6 times; in the wet season of 1975/76 Furdan 3 G (1.5kgs a.i./ha) were given 6 times plus Diazinon 60 EC (1.0 kg a.i./ha) 6 times.

U. 無藥劑處理。Untreated.

1974/1975年雨季之257,000公頃，增加之速度相當驚人。有鑑於褐飛蝨發生的嚴重性，印尼政府終於1975年慌忙地自國際稻米研究所引入抗虫品種 IR26, IR28, IR30 及 IR32等，以抑制褐飛蝨的災害。這些抗虫品種的米質並不為印尼農民所歡迎，但在引入後的一年，其栽植面積即達 328,065.95 公頃而 1976/1977年之栽植面積計劃高達 1,490,000公頃，可見政府及農民對栽植抗虫品種防治褐飛蝨之信心。

栽植抗虫品種對褐飛蝨為害密度的抑制效果據 Mochida (1976)⁽²⁸⁾試驗報告，在秧田及移植後初期褐飛蝨在抗虫及感虫品種差異並不明顯，但移植兩星期後，棲息於抗虫品種虫數逐漸減少，至收穫為止無論在藥劑處理區或自然為害區均無「蝨燒」發生。然而在感虫品種 Pelita I/1，褐飛蝨密度呈直線上升，自然為害區與藥劑處理區水稻相繼在移植後第3及第4週即慘遭「蝨燒」(圖1)。抗虫品種在褐飛蝨高密度的為害情況下，所表現優異的治虫效果在其他試驗亦有同樣的發現，這項結果可由抗虫及感虫品種在各地試驗之藥劑保護及自然為害處理之產量差異而獲得佐證(表1)。IRRI (1974)⁽⁴⁴⁾報告，在褐飛蝨發生嚴重的情況下，施用藥劑並不足以保護感虫品種水稻之遭受災害，但抗虫品種則雖在自然為害情況下，受害仍很輕微(表2)。

抗虫品種對褐飛蝨棲羣密度成長之抑制效果亦於國際稻米研究所及本省田間試驗發現(圖2,3)^(6,42)。在這兩地區，褐飛蝨發生情況不若圖一所顯示的那麼嚴

表 2. 在褐飛蝨大發生情況下，幾種水稻品種在藥劑保護與自然為害區之產量比較 (IRRI, 1974)⁽⁴¹⁾

Table 2. Yields of rice varieties with or without insecticidal protection during a severe brown planthopper outbreak

品 種 Varieties	產 量 Yield (kg/ha)		
	Furadan*	Diazinon*	Control
IR 26 (R)	8260 ^a	6716 ^a	7203 ^a
IR1514A-B597-2 (R)	6072 ^b	4720 ^b	5732 ^b
IR 8 (S)	1824 ^d	0 ^e	0 ^e
IR 20 (S)	4230 ^e	0 ^e	918 ^e
IR 22 (S)	1450 ^d	0 ^e	146 ^e
IR 24 (S)	1620 ^d	0 ^e	364 ^e
TN 1 (S)	2166 ^d	0 ^e	0 ^e
Rexoro (S)	505 ^e	0 ^e	0 ^e

* 施用粒劑於土面，每20天施用一次，每次使用量為 2.0 kg a.i./ha.
Applied to the paddy water at rate of 2.0 kgs a.i./ha every 20 days

重，其棲息於抗虫品種之密度，直到收穫為止一直保持在每叢10隻以下。有時雖然因相臨試區之感虫品種被蝨鳩迫使若虫大量遷移到抗虫品種稻上，但待其變成虫後，密度又隨之下降。可見於自然情況下，褐飛蝨對其取食寄主植物之選擇有極其明確的差別。適其取食生存者，褐飛蝨之棲羣恒呈直線上升造成嚴重災害，反之則能抑制其發生密度之成長，而使災害降到最低程度。

由上述試驗結果可知，引起近年來褐飛蝨之大發生，除因栽培制度及管理技術之改變因素外，水稻品種本身對褐飛蝨之發生亦具很大的關係。在同樣屬於高產量品種，同樣應用新的耕作技術生產，但在栽植感虫品種如 IR 8 時，曾引起褐飛蝨的猖獗發生，但栽植抗虫品種如 IR 26 時則能抑制害虫之發生與為害。因此就長遠褐飛蝨防治而言，增強水稻品種之抗虫性以及避免推廣感虫品種，誠為不可忽視的工作。

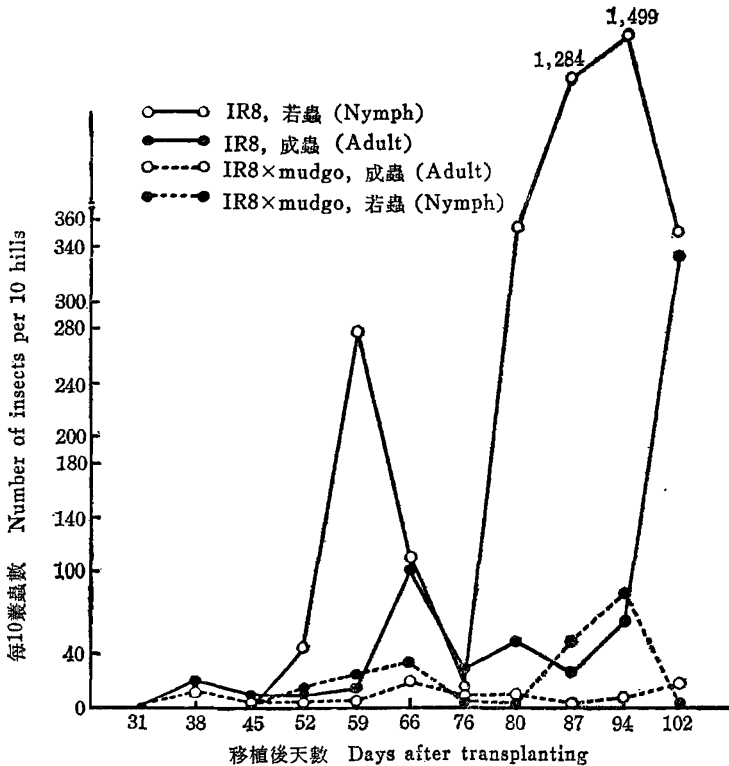


圖 2. 褐飛蝨在抗虫品系 IR 8 × Mudgo 及感虫品種 IR 8 水稻上之成若蟲密度變動比較 (IRRI, 1971)⁽⁸⁰⁾

Fig. 2. Changes in planthopper density and age structure on Mudgo × IR 8, a brown planthopper-resistant selection, and on IR 8

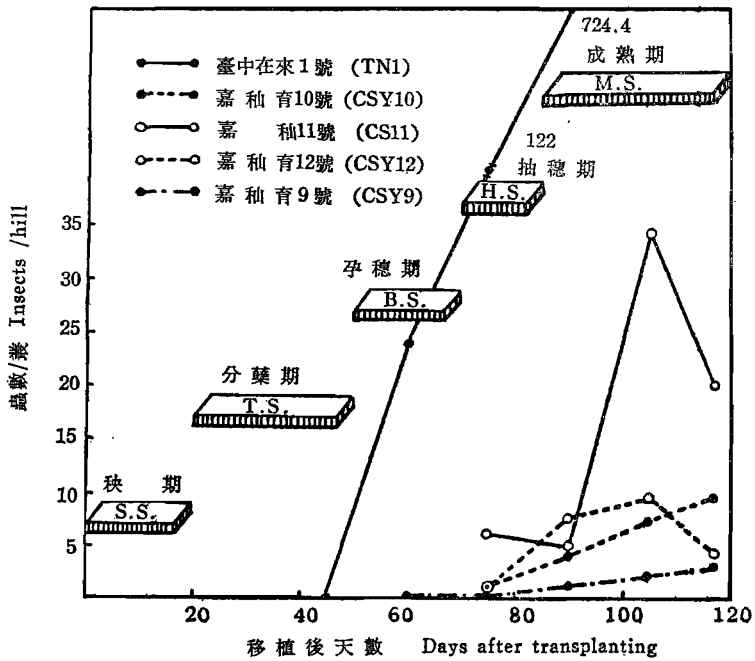


圖 3. 在田間無藥劑處理情況下褐飛蟲在若干抗蟲及感蟲品種水稻上之棲羣成長比較 (鄭, 1976)⁽⁶⁾

Fig. 3. Change in density of field population of brown planthopper on resistant and susceptible varieties in unprotected plots

三、抗蟲機制

1. 寄主之非偏好性

由許多試驗結果顯示若干水稻品種之抗虫作用主要係由於寄主非偏好所致 (表3)^{1, 4, 14, 22, 25, 34, 35}。一般而言, 當把褐飛蟲釋放於栽植有抗虫及感虫品種水稻之栽培盆內, 最初 6 小時內, 棲息於抗虫及感虫水稻上之虫數並無顯著差異, 但其後褐飛蟲逐漸由抗虫品種水稻往感虫品種稻株上遷移。接虫後 48 或 72 小時, 其棲息於感虫水稻上之虫數可能高達在抗虫水稻上者之數倍至數十倍 (圖 4)。由此可知, 最初褐飛蟲趨往抗虫或感虫水稻上並無明顯差別, 只是其在抗虫水稻上取食者可能於其取食後發現不適合其繼續取食而遷移感虫品種。這種遷移的現象在室外盆栽試驗顯示得更為明顯, 表示褐飛蟲對抗虫品種之非偏好, 味覺之決定較之視覺或嗅覺為大^(37, 33, 34)。Saxena and Sogawa (1977)⁽³⁸⁾指出, 綠色, 潮濕及氣味三者可能為誘引褐飛蟲趨向水稻的第一步。雖經試蒸氣蒸餾抗虫及感虫品種水稻之氣味對褐飛蟲則有不同之引誘程度, 但在上述三因素中, 其重要性似較另兩者為低。

褐飛蝨未能在抗虫品種水稻上繼續取食之原因，經植物解剖檢查並無厚壁細胞組織或其他機械障礙足以阻礙其自維管束取食⁽³⁷⁾。然而將褐飛蝨罩在抗虫品種水稻上，其每次自植物體內取食時間較罩在感虫品種上者為短，而在同一時間內，其留於抗虫水稻組織之食痕數往往數倍於留在感虫品種上者。這現象顯示褐飛蝨於取食後發現植物所含液汁不適於其取食，因此一再試探，其結果使褐飛蝨限餉於抗虫水稻上者不能獲得足夠的食物及正常的營養。此點可由虫罩內取食於抗虫品種水稻上之褐飛蝨體重之減少以及蜜露之分泌量較罩在感虫品種上取食者顯著的稀少獲得證明（表 3,4）^(37,38,39)。

表 3. 褐飛蝨（生物小種 1 號）在水稗，抗虫及感虫品種水稻之取食習性（Pathak and Khush, 1977）⁽³⁴⁾

Table 3. Feeding behavior of brown planthopper (biotype 1) on resistant and susceptible varieties of rice and barnyard grass

品 種 Varieties	昆蟲到達植株率 (%) ^{1,2} Insect landing on plants	到達昆蟲有取食 反應率(%) ² Proboscis responses by arriving insects	單次取食時間 (Min) ³ Duration of single feeding	取食量/♀/24 hrs (mg) Quantity of food ingested
Mudgo (R)	83	100	12	4.35
ASD 7 (R)	91	100	13	5.39
IR 26 (R)	90	100	17	6.23
IR 20 (S)	93	100	22	13.91
IR 8 (S)	97	100	36	23.22
TN 1 (S)	98	100	46	30.80
水 稗 <i>E. crusgalli</i>	88	80	3	1.62

1 其餘百分率之昆蟲係停留在空白的壁上。

The remaining insects landed on the black wall.

2 用一圓柱形透明塑膠管（7Cm 長，12Cm 直徑），兩端用 40 目之尼龍網封起來，供試植物放置於管外之一端，另一端讓其空白，管中放置 10 隻成蟲，然後再將放置植物一端之尼龍紗移去，藉以觀察昆蟲之趨向及到達植株上昆蟲之取食慾望。Plants were placed at one end of the test chamber. Contact with insects was permitted as the nylon net wall facing plants was removed.

3 秧苗插於貯水之指形管，每管接一雌成蟲，計算昆蟲開始取食至取食完畢之時間。

A female was placed on each plant with roots immersed in water in a vial. Duration of feeding was determined by recording the time of initiation and termination of feeding by the insect.

表 4. 褐飛蝨在抗虫及感虫品種水稻取食頻度及蜜露分泌量之比較
(Sogawa and Pathak, 1970)⁽³⁷⁾

Table 4. Feeding marks and honeydew excretion of brown planthopper on resistant and susceptible varieties

品 種 Varieties	食痕數/蟲/天 Feeding marks/insect/day		蜜露分泌量比例 ^a Ratio of honeydew excretion
	♀	♂	
Mudgo (R)	50.8	31.0	1
IR 8 (S)	15.8	15.6	97
T N 1 (S)	15.4	17.2	69

^a 依據蜜露所含醣份計算

Based on total sugar in honeydew excreted by the insect.

褐飛蝨之能在抗虫品種水稻上取食，但不願作正常取食之原因經更進一步由生物化學方面研究的結果猜測，抗虫品種如 Mudgo 之不為褐飛蝨喜歡取食可能是由於維管束所含汁液的化學成分，缺乏取食刺激物質或含有取食之阻礙物質所致⁽³⁷⁾，分析 Mudgo 水稻所含之氨基酸含量，對褐飛蝨 Biotype 1 取食具有促進作用之 Asparagine 顯著地較感虫品種 TN1 及 IR8 為少。然而後來褐飛蝨其他生物小種經培育成功後試驗發現，能生存於 Mudgo 品種上之 Biotype 2 褐飛蝨同樣的可在 Mudgo 水稻上作正常的取食；而能生存為害 ASD7 之 Biotype 3 可在 ASD 7 水稻上從事正常取食（圖 5）⁽⁸⁸⁾，可見各種生物小種各有其特殊之取食刺激物質。品種間對各種生物小種之感受性決定於各該品種是否適於該生物小種之取食，適者為感虫品種，不適者為抗虫品種。為此 Sogawa (1976)⁽³⁹⁾ 建議用褐飛蝨在各品種上單位時間內所留之食痕數或蜜露排泄量作為判斷品種之抗虫或感虫的基準。然而事實上水稻品種間對褐飛蝨之抗性並非如是單純，除寄主非偏好外，可能尚有其他目前尚未發現或證實之因素存在。

褐飛蝨對選擇寄主產卵並不如取食一樣的嚴謹，但一般而言，其產於感虫品種上者通常較在抗虫品種上者為多（表 5）^(10,14,85)。然而 Saxena and Sogawa (1977)⁽³⁸⁾ 認為抗虫品種水稻與感虫品種同樣地適合於褐飛蝨之產卵，甚至非寄主植物之水稈上亦能被產卵。

2. 在抗虫品種上之生存、成長以及棲羣之成長

將褐飛蝨限飼於高度抗虫品種水稻，通常於接虫後數日內即大部死亡，祇有少數能繼續發育為成虫；然而飼養於感虫水稻上者之生存率則可達 80% 以上（圖 6）。這種差異現象已為從事水稻抵抗褐飛蝨研究者所習見^(4,14,18,22,26,80,85)。一般而言，此種致死作用對成虫之影響大於若虫，而老齡若虫又大於幼齡若虫⁽⁴⁾。

其能繼續在抗蟲品種上生存者，發育至成蟲所需之時間一般較飼養在感蟲品種水稻上者為長，蟲體較小，卵巢發育較為不完全，其繁殖後代蟲數亦顯較飼養於感蟲品種上者為少（表 5）^(14, 35, 37, 39)。

抗蟲品種使褐飛蟲大量死亡或發育較差，可能與該品種不為褐飛蟲喜歡取食具密切的關係^(38, 39)由於褐飛蟲之 Biotype 1 不喜歡在某些抵抗性品種取食以致營養不良終而致死，然而褐飛蟲之 Biotype 2 及 Biotype 3 則因能在 Biotype 1 之抗蟲品種上做正常之取食，因此能在該等品種生存及繁殖⁽³⁴⁾（表 6）。另一方面 Pathak and Kush (1977)⁽⁴⁴⁾ 表示，由初步試驗結果發現抗蟲品種所含有的酚類化合物較感蟲品種為高。水稈對褐飛蟲具免疫性，其所含有 Phenolic glycosides 為抗蟲品種的數倍。

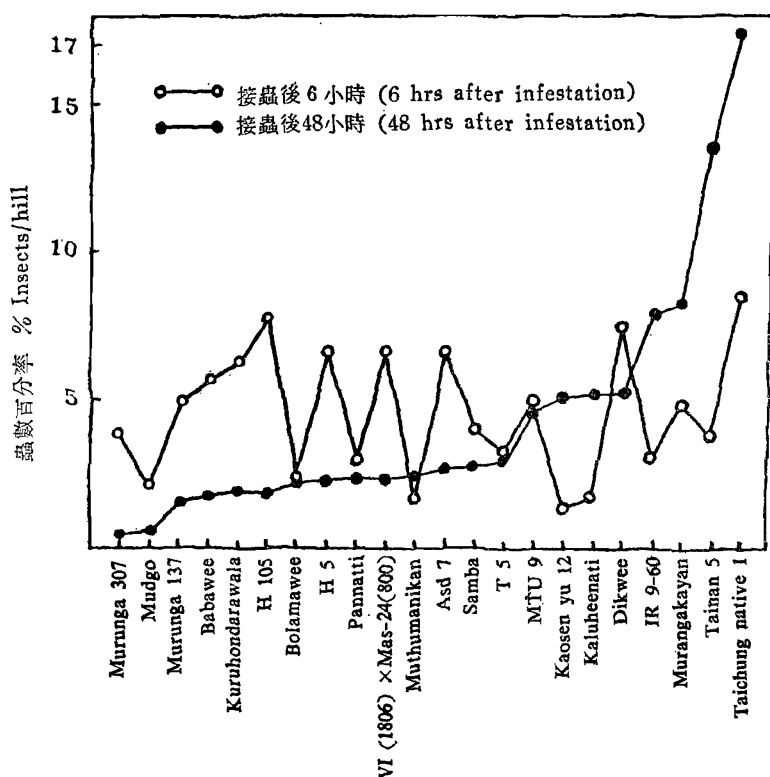


圖 4. 褐飛蟲成蟲對若干抗蟲及感蟲品種水稻之寄主偏好性比較
(鄭, 1975)⁽⁴⁵⁾

Fig. 4. Host preference of adult brown planthopper for selected resistant and susceptible varieties

Song et al. (1972)⁽⁴⁰⁾報告褐飛虱產於抗虫及感虫品種之卵塊，其孵化率並不因品種而有差異。但 Saxena and Sogawa (1977)⁽³⁸⁾報告指出產於水稻上的卵只有18%能孵化，產於抗虫品種水稻上者孵化率在 8~65%之間，產於感虫品種上者則高達90%以上。影響卵具不同孵化能力的原因尚不明瞭。

由於抗虫品種不適於褐飛虱生存，因此當同樣數目之褐飛虱罩於抗虫及感虫

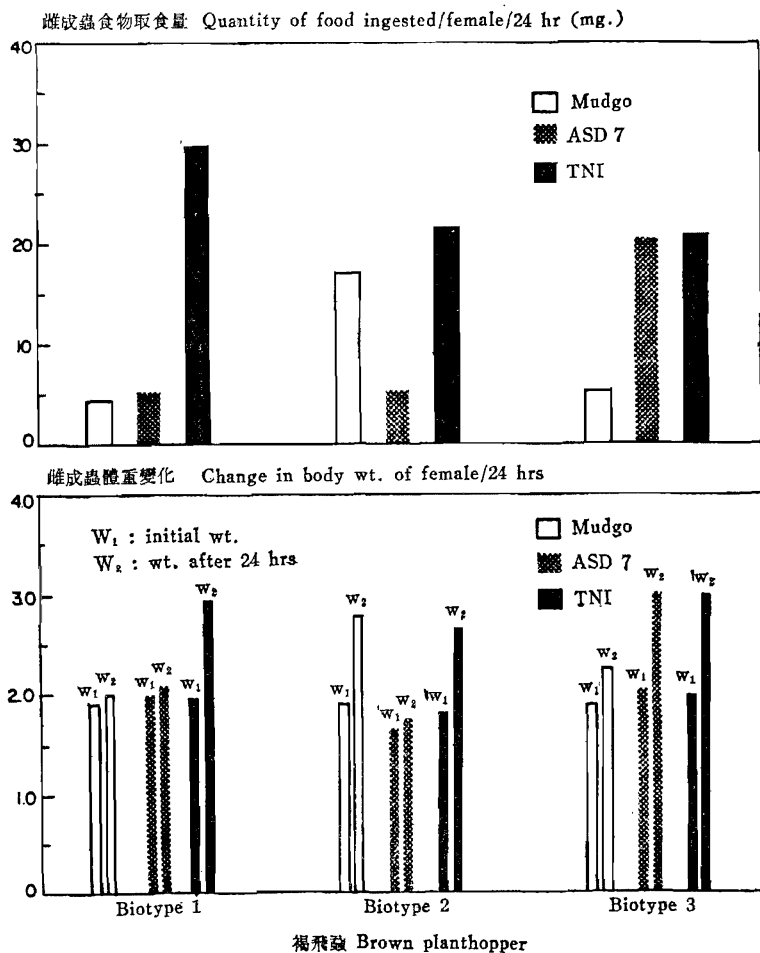


圖 5. 三種生物小種褐飛虱罩在 Mudgo, ASD 7 及 TN 1 水稻上取食對其取食量及體重變化之比較 (Saxena and Sogawa, 1977)⁽³⁸⁾

Fig. 5. Quantity of food ingested and change in body weight of three biotypes of *Nilaparvata lugens* allowed to feed on Mudgo, ASD_7, and TN 1 rice varieties

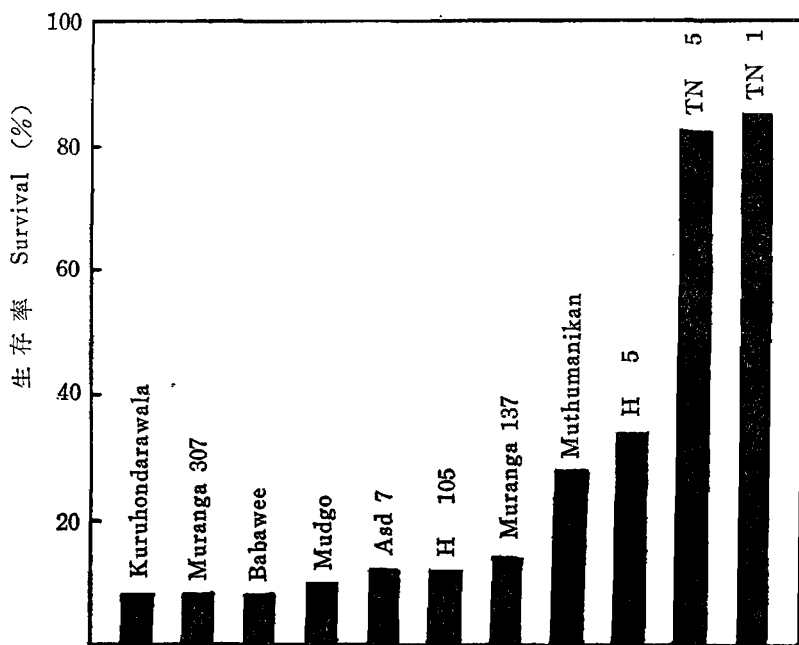


圖 6. 接蟲後第十五天褐飛蟲初齡若蟲在若干抗蟲及感蟲品種水稻上之生存率比較 (Cheng, 1975)⁽¹¹⁾

Fig. 6. Survival of first-instar brown planthopper nymphs at 15 days after caging on resistant and susceptible rice varieties

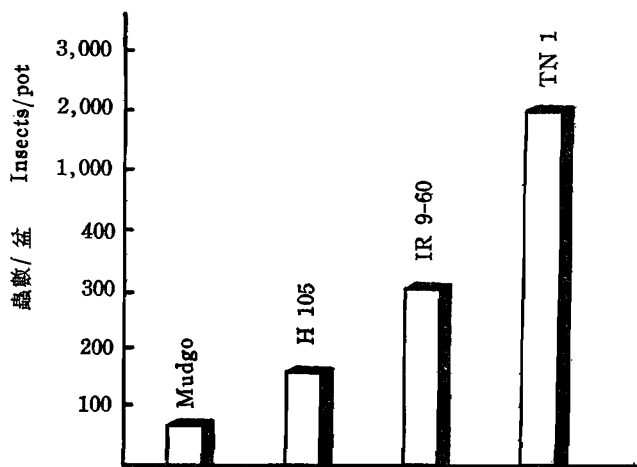


圖 7. 褐飛蟲在若干抗蟲及感蟲品種水稻上棲羣增殖比較 (Cheng, 1975)⁽¹¹⁾

Fig. 7. Population development of brown planthopper on resistant and susceptible varieties

表 5. 褐飛蝨在若干水稻品種上之生物學性能摘要
(Pong-prasert and Weerapat, 1977)⁽³⁵⁾

Table 5. Biological effects of resistant and susceptible rice varieties on the brown planthopper

品 種 Varieties	寄 主 偏 好 Host preference		%若蟲發育 為成蟲	若 蟲 期 (天)	雌成蟲壽命 (天)	繁 殖 蟲 數/♀
	蟲數/叢 Insects/hill	卵數/叢 Eggs/hill	% Nym. developed into adult	Nymphal duration	♀ longevity	Nym. produced/ per ♀
Ptb 33 (R)	0.8	56	14	26	3.6	3.2
Ptb 21 (R)	1.3	80	20	25	3.8	4.0
Balamwee (R)	2.5	83	26	24	4.4	5.0
IR 32 (R)	3.0	90	40	22	5.4	12.2
Babawee (R)	2.8	84	34	23	5.2	7.2
ASD 7 (R)	3.0	100	48	21	6.2	18.8
IR 34 (R)	4.8	104	44	20	7.6	20.6
W 1256 (R)	5.5	109	46	19	8.6	22.8
RD 9 (R)	5.5	115	48	18	9.0	40.0
W 1263 (R)	5.8	128	54	17	9.8	52.8
RD 4 (R)	5.5	134	54	17	10.6	78.0
Mudgo (R)	2.5	78	36	24	4.4	4.2
T N 1 (S)	14.0	492	96	13	23.0	280.2

表 6. 褐飛蝨生物小種 3 號在若干品種水稻上之棲羣成長比較
(Pathak and Khush 1977)⁽³⁴⁾

Table 6. Population development of brown planthopper biotype 3 on some selected rice varieties

品 種 Varieties	蟲 數 Number of insect
Rex/2 × BBT 50	98
Sudarvi 306	50
Murunga 137	59
HR 98	77
PI 220408	161
Murunga 307	187
MTU 20	247
ASD 7 (Susceptible check)	2,160
TN1 (Susceptible check)	2,226
Mudgo (Resistant check)	0

品種上，則其繁殖後代之虫數差異亦極為明顯。在一室內試驗，以30日齡盆栽水稻分別罩入5對甫羽化的成虫，經過50天後其在感虫品種上者增加200倍，而於抗虫品種上者僅增加6~30倍(圖7)，這種現象亦見諸於其他學者之報告^(14, 22, 35, 37)(表5)。褐飛蝨在抗虫品種具較低之棲羣成長率，一般認為受到成虫壽命短，產卵量以及若虫之生存率偏低之影響。

四、抗蟲性遺傳

本省水稻對褐飛蝨之抵抗力遺傳研究首見於張氏(1970)⁽⁹⁾對Mudgo抗虫行為之研究，其後陸續分析IR9-60，高稈育12等16種水稻的抗虫遺傳性狀^(9, 10)。此項抗虫遺傳因子之分析一般使用秧苗集團檢定法，測定雜交後代F₁, F₂及F₃對褐飛蝨之反應來決定。目前已發現Mudgo, MTU9, Surdavi 306, Muranga 137, EK 1263, Sinnakayam及Heenakhulama等之抗虫行為係受一對顯性因子所支配，而高稈育12號, H5, Samba, Dikwee, IR9-60, ASD7, Anbaw C7, Pannetti及H105等則受一對隱性因子所控制。該顯性因子經判定與國際稻米研究所命名之*Bph 1*相似而隱性因子則與*bph 2*類同。

在國際稻米研究所，經分析抗褐飛蝨遺傳行為之水稻品種到1976年已達44種，其中Mudgo等14種係受一對顯性因子所控制，該因子命名為*Bph 1*；ASD 7等20品種受一對隱性因子所支配，該因子命名為*bph 2*，Rathuheenati, Ptb 19, Kuruhondarwala及Muthumanikayam等4種受一對顯性因子所支配，命名為*Bph 3*，而Babawee, Thirissa, Vellai Illankali, Lakan Samba及Sulai等受一對隱性因子命名為*bph 4*所控制⁽³²⁾(表7)。Khush and Pathak(1977)⁽³³⁾並發現Ptb 21受一對顯性因子及一對隱性因子所支配，該兩因子與其他四因子之關係如何，尚待分析。

Athwal, et al. (1971)⁽⁷⁾報告*Bph 1*與*bph 2*不能結合在同一品種，顯示這兩個因子係相對或緊密地連鎖在一起。其後試驗發現*Bph 1*及*bph 2*抗虫品種對不同生物小種褐飛蝨的反應互異，顯示這兩個因子是各自不相同的^(7, 11)。*Bph 3*與*bph 4*兩因子之獨立性尚未試驗證明，但由於*Bph 1*和*bph 2*與*Bph 3*與*bph 4*各自獨立分離，結合*Bph 1*與*bph 4*及*bph 2*與*Bph 3*在同一品種已屬可能⁽³³⁾。

Ptb 33為最近發現同時能抵抗已發現之三種生物小種及分佈於印度及錫蘭地

a. 兩對甫羽化褐飛蝨罩在60日齡水稻為期30天。

Two pairs of newly emerged adults were caged on 60-day old plants for a period of 30 days.

b. 五重複，每4叢為1重複。

Figures are the total of 5 replications, 4 plants per replication.

區未判定之生物小種。該品種之抗虫行爲經分析結果認爲受一對顯性因子所控制⁽¹⁸⁾而 W1252, W1259 及 W1263 等品種之抗虫遺傳行爲亦受一對顯性因子所支配⁽³⁵⁾。上述抗虫因子與 *Bph 1* 及 *Bph 3* 之關係尙待判別。

在抗虫遺傳因子分析過程中，發現 IR747B₂-6 (TKM^{6/2} × TN1) 及 IR1154-

表 7. 水稻品種抵抗褐飛蠶遺傳因子之分析 (Khush et al. 1977; Chang and Cheng, 1974)^(10, 33)

Table 7. Brown planthopper resistant varieties analyzed to date and the resistance genes possessed by them

抗 蟲 因 子 Resistance gene	水 稻 品 種 Varieties
Bph ₁	Mudgo, MTU 15, CO 22, MGL 2, IR 747 B2-6, Tibiriwewa, Balamawee, CO 10, Heenukhumala, MTU 9, Sinnakayam, SLO 12, Sudhubalawee, Sudarvi 305, Sudarvi 306, Murunga 137, EK 1263.
bph ₂	ASD 7, PTB 18, H 105, IR 1154-243, Anbaw C7, ASD 9, Dikwee, Madayal, Mahadikwee, Malkora, M. I. 329, Murungakayan 302, Ovaruppan, Palasithari 601, PK-1, Seruvellai, Sinna Karuppan, Vellailangayan, H 5, IR 9-60, Kaosen-yu 12.
Bph ₃	Rathuheenati, Ptb 19, Kurubondarwala, Muthumanikayan.
bph ₄	Babawee, Thirissa, Vellai Illankli, Lakan Samba, Sulai.

243(IR^{8/2} × Zenith) 具抗虫性，有趣的是該兩品系之親本並無一具抗褐飛蠶遺傳因子。但該兩品系之遺傳因子經 Martinez and Khush (1974) 分析結果⁽²⁷⁾，IR747B₂-6 係受 *Bph 1* 所支配而 IR1154-243 受 *bph 2* 所控制。TKM 6 是 IR747B₂-6 親本之一，對褐飛蠶爲害屬於感虫，但當其與其他感虫品種如 TN1, IR20 或 IR24 雜交，則在 F₂ 有一小部份植株呈現抗虫性狀。這種遺傳行爲被假定係因 TKM 6 同時具一對同質 *Bph 1* 及一對顯性抗制因子 I-*Bph 1* 所致。

由上述抗虫遺傳因子的分析研究，可知以往已發現之抗虫因子都屬單主效因子型，這類型的抗虫品種一般認爲較不穩定，易爲有害害新生物小種所適應，因此發現數量因子型抗虫遺傳種質將成爲今後研究之重要課題。

五、生物小種

害虫生物小種的產生往往是大面積長期栽植同一抗虫品種引起的結果。一般

相信，在褐飛蟲的自然棲羣中，本來就含有少數能在抗虫品種上生存的個體，當抗虫品種大面積栽植，褐飛蟲棲羣中不能在抗虫水稻上生存之個體受到強大壓力的選汰，使小部份有能力生存的個體逐漸擴張而形成新的生物小種。這種現象一般認為在抗虫遺傳行為受單主效遺傳因子所支配的品種可能較受數量遺傳因子所控制者更易發生⁽³⁴⁾。不幸的是目前所篩選出來抗褐飛蟲品種的遺傳行為絕大部份屬於單主效遺傳因子支配者，而且抗虫品種大部份原產於印度及錫蘭地區^(4,44)。

前面所述印尼政府為防治褐飛蟲的猖獗為害，於 1973 引入抗虫品種 IR 26 並作大面積栽培，褐飛蟲為害確因抗虫品種的栽培而告緩和，但在栽培後的第三年，1976 年底及 1977 年初，在 North Sumata 一地，約有 15,000 公頃栽植抗虫品種水稻（包括 IR26, IR30, 及 IR34，其抗虫因子均為 *Bph1*）受到褐飛蟲的摧毀，表示在該地區已產生害虫新生物小種^(20,29,32)。同樣現象亦在菲律賓的 Victoria (Laguna province), Santa Rosa (Laguna Province) 及 Davao (Mindanao) 發現^(34,44,45)。另據最近報告，分佈於印度南部地區錫蘭以及索羅門島的褐飛蟲對抗虫品種之反應異於本省及菲律賓地區者，顯然分佈於該地區之褐飛蟲生物小種與本省地區者不同^(18,32,41)。由上述發生之情況，顯示褐飛蟲新生物小種發生的可能以及栽植抗虫品種可能遭遇到的困難。

在室內，利用連續飼養褐飛蟲自然棲羣於具有不同抗虫遺傳背景水稻的方法，在本省嘉義農業試驗分所以及菲律賓國際稻米研究所均先後培養出三種褐飛蟲的生物小種^(5,33,35)。生物小種 1 號 (Biotype 1) 為目前在本省自然棲羣中佔優勢的生物小種，這一小種對本省以往栽培或保存品種(如臺中在來 1 號或臺南 5 號)均能為害。但含有任何一種抗虫遺傳因子之水稻對它均具抗性。生物小種 2 號 (Biotype 2)，自含有抗虫因子 *Bph 1* 之水稻如 Mudgo 培養出來，能為害

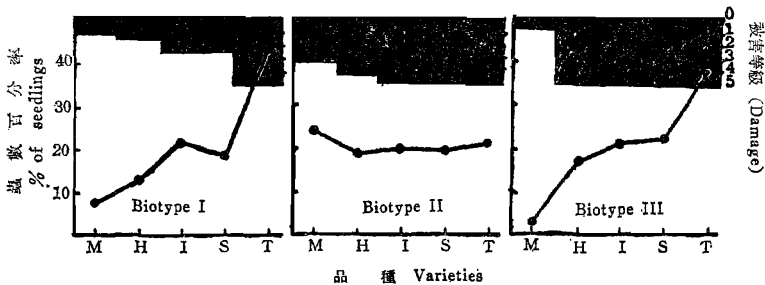


圖 8. 褐飛蟲三種生物小種對若干水稻品種之寄主偏好性及為害比較(鄭, 1975)⁽⁵⁾。為害等級, 0: 無被害徵狀, 5: 完全被害枯萎。M: Mudgo, H: H 105, I: IR 9-60, S: Samba, T: TN 1.

Fig. 8. Host preference of and damage by three biotypes of brown planthopper to some selected rice varieties

含有 *Bph* 1, *bph* 2 之抗虫品種以及如臺中在來 1 號等感虫品種, 是到目前為止最具為害力之生物小種。然而在國際稻米研究所培養出來之 Biotype 2 不能為害含有 *bph* 2 品種水稻, 兩地之 Biotype 2 雖均自 Mudgo 水稻培育成功者但其生理狀態是否相同有待進一步觀察。生物小種 3 號 (Biotype 3) 自含有抗虫因子 *bph* 2 水稻品種如 H105, ASD 7 培養出來, 對含 *bph* 2 抗虫因子水稻之品

表 8. 若干水稻品種 (系) 對三種生物小種之反應 (鄭, 1975)⁽⁵⁾

Table 8. Reactions of selected rice varieties to biotypes of brown planthopper

品 種 Varieties	對生物小種 為害反應 Reaction to biotypes			品 種 Varieties	對生物小種 為害反應 Reaction to biotypes		
	B I	B II	B III		B I	B II	B III
Muthumanikan	R	R	R	H 105	R	S	S
DF 1	R	R	R	Kaosen yu 12	R	S	S
Mudgo	R	S	R	IR 9-60	R	S	S
Murunga 137	R	S	R	H 5	R	S	S
Murunga 307	R	S	R	Samba	R	S	S
Serubellai	R	S	R	Dikwee	R	S	S
MTU 9	R	S	R	ASD 7	R	S	S
EK 1263	R	S	R	Pannetti	R	S	S
Heenukhulama	R	S	R	Anbaw C7	R	S	S
Sinnakayan	R	S	R	Berawee	R	S	S
Tibiriwewa	R	S	R	Pakhen Kang	R	S	S
Sudarvi 306	R	S	R	Pandorai	R	S	S
Hondarawala 3786	R	S	R	Sinnasuappu	R	S	S
Pawakhulama	R	S	R	Kaluheenati	R	S	S
ARC 6650	R	S	R	Kosatawee	R	S	S
DNJ 80	R	S	R	Klewer	R	S	S
CR 94-13	R	S	R	Tjereomas	R	S	S
EK 1240	R	S	R	Patong 32	R	S	S
IR 747-13-6-3	R	S	R	C 8435	R	S	S
Andaragahawewa	R	S	R	Bakatable	R	S	S
IR 26	R	S	R	VI(1806)×Mas-24(800)	R	S	S
IR 1561-228	R	S	R	Chianung Shen 11	R	S	S
IR 1541	R	S	R	SLO 12	R	S	S
IR 1541-A-E666	R	S	R	T(N) 1	S	S	S

B I, Biotype 1; B II, Biotype 2; B III, Biotype 3.

種以及臺中在來 1 號之感虫品種均能爲害，但不能爲害含有 *Bph* 1 抗虫因子之品種（圖 8）。

利用上述不同生物小種對含有不同抗虫因子水稻品種爲害反應之差異，可將一般由 Biotype 1 選出來之抗虫品種的抗虫類型給予區分並發覺新類型之抗虫遺傳種質^(5, 34)（表 8）。到目前爲止已有 50 品種被發現可同時抵抗上述三種生物小種。同時經由國際水稻褐飛蝨檢定圃（International Rice Brown Planthopper Nursery, IRBPHN）⁽³³⁾之檢定，已發現有若干由印度及國際稻米研究所新育成之品系，能同時抵抗上述之生物小種，其中印度育成者更能抗其本地之生物小種^(33, 36)（表 9）。

基於害虫新生物小種在室內及田間的容易產生，此項事實提醒我們認識在大面積栽培由單主效因子支配之抗虫品種的栽培壽命是很有限的。爲謀使抗虫品種

表 9. 同時能抵抗褐飛蝨三種生物小種之水稻品系
(Pathak and Khush, 1977)⁽³⁴⁾

Table 9. Selected lines which are resistant or moderately resistant to three biotypes of the brown planthopper

水 稻 品 系 Rice selections	材 料 來 源 Source of test materials	爲害等級 ¹ Damage ratings		
		Biotype 1	Biotype 2	Biotype 3
IET 5118	IRBPHN '76	3.0	4.3	3.7
IET 5119	"	3.0	2.3	5.0
IET 5120	"	1.7	4.3	3.7
IET 5122	"	1.0	1.0	1.0
IET 5236	"	1.0	2.3	4.3
IET 5085	"	1.7	4.3	5.0
IR 32	GEU Elite (WS '76)	1.7	1.7	3.7
IR 1632-93-2-2	"	1.0	0.7	5.0
IR 2071-137-5-5-1	"	1.7	4.3	1.7
IR 2863-39-2-1	"	3.0	2.3	5.0
IR 4432-28-5	"	1.0	1.0	3.7
IR 4432-38-6	"	1.3	1.7	5.0
IR 4432-52-6-4	"	1.3	2.3	5.0
IR4432-103-6-4	"	1.0	1.5	4.3

¹ 用秧苗檢定方法，3 重複平均，在高密度的爲害情況下屬於中抗級之品種可能被害枯萎。

The rating represents average of three replications in the seedling tests. The moderately resistant varieties would be killed under heavy insect infestation.

栽培壽命的延長，Kush and Pathak (1977) 提出下列四種對策：

一、單主效因子抗虫品種之陸續育成及推廣：按含單主效因子 *Bph 1* 抗虫品種 IR26, IR28, IR29 及 IR 30 等品種在印尼及菲律賓之栽培經驗，單一類型之抗虫品種的栽培壽命大約有 3 年之久，待此類品種為新生物小種所適應後再推出含有另一類型之抗虫因子品種如 IR 32, IR36 及 IR 38 等，這類品種含有 *bph 2* 抗虫因子，可抵抗 Biotype 2。此類抗虫品種又可能種植 3 年，其後再推出含有 *Bph 3* 或 *bph 4* 之抗虫因子品種。如此連續實施，使抗虫品種得能繼續栽培。

對於此項方法，偵測新生物小種之發生與否非常重要，在新生物小種完全取代舊有生物小種並造成災害之前，稻種即必需更換，否則將釀致如在印尼抗虫品種一下子即有 15,000 公頃受災之情況發生⁽²⁰⁾。對於此項偵測，筆者認為可仿照 Pathak and Kush (1977)⁽⁸⁴⁾ 所提示的兩個方向去做：(1)在大面積栽植抗虫品種之地區，種植少量含有不相同抗虫遺傳因子之稻種，如大面積栽培之稻種已呈受害狀態，而含不相同抗虫因子之稻種仍無被害狀即顯示新生物小種之發生，(2)定時前往大面積栽植抗虫品種地區採集褐飛蝨，携回室內飼養於含有不同抗虫因子品種水稻，藉比較其生存率以測定新生物小種之發生與否。

二、結合兩個以上之主效因子於同一改良型稻種：如前面所述目前經判定之抵抗褐飛蝨的抗虫遺傳因子 *Bph 1*, *bph 2*, *Bph 3* 及 *bph 4* 四種，而且尚有品種顯示同時可抗已知的三種生物小種，而其抗虫因子尚未判定者。其中某些品種之遺傳因子可望結合併存於同一品種。至現今已知者 *Bph 1* 與 *bph 2* 兩個抗虫因子，由於因子座相對無法結合在同一品種，但 *Bph 3* 及 *bph 4* 則與 *Bph 1* 及 *bph 2* 係各自獨立的。其中 *Bph 1* 與 *Bph 3* 及 *bph 2* 與 *Bph 3* 已經國際稻米研究所雜交成功。此項結合多個主效因子於同一抗虫品種可能有助於抗虫品種之栽植壽命。

三、採用輪迴選種法，結合多數之微效抗虫因子於同一稻種，育成橫式抗虫品種：由過去檢定已發現有若干稻種如 Gangala, ARC 6650, Kencana 等具較低之橫式抗虫現象^(1, 30)。結合其微效抗虫因子在同一抗虫稻種需要花費較長時間，但此種抗虫型式將可使抗虫品種之栽植壽命較為長久。

四、利用多系品種：所謂多系品種係指適當的混合不同品種(系)的種子所種出的水稻。這些品種(系)在外觀之農藝性狀，如株高、成熟期、米質……等均類似，但具不相同之主效抗虫的遺傳因子。這種栽培法係由 Borlaug (1958)⁽⁸⁾ 所提倡且已成功地用於燕麥抵抗冠銹病 (Crown rust) 的育種。此種技術雖已初步用於觀察褐飛蝨對水稻為害及褐飛蝨棲羣成長之影響⁽⁸⁴⁾(表10) 但其對新生物小種產生之抑制性如何尚無資料可資參考。然而由筆者 (1976)⁽¹²⁾ 初步觀察褐飛蝨生物小種遺傳結果顯示褐飛蝨生物小種間之遺傳型態似乎符合於因子對因子的學說 (Gene for gene theory) (Flor 1959)⁽¹⁹⁾，因此如能適當配合不同抗虫因

子型之稻種，當可使褐飛蝨各生物小種間藉其自然交配及其遺傳因子間相互抑制的作用而獲得平衡。此方面之可行性，有待更進一步觀察。

除上述育種方面所提之四種對策外，在栽培抗虫品種方面配合各地區褐飛蝨的發生，適當地調整不同抗虫因子型水稻品種之栽植，亦可能減緩或抑制新生物小種的發生而延長抗虫品種的栽植壽命。在本項方法中可尋兩個方向去進行，即同一抗虫因子型水稻品種不作大面積栽植或對同一抗虫因子型水稻品種不作連續性栽植。例如在本省褐飛蝨發生情況，第一期作褐飛蝨發生密度較低，在發生較嚴重的南部地區施用一次藥劑防治，即可避免遭受災害，因此在第一期作栽植一般品種即可。但在二期作褐飛蝨常造成嚴重災害，抗虫品種只限於此期栽植，如此則因生物小種間遺傳因子相互抑制的結果，使新生物小種在棲羣中獲得優勢而造成災害之機會減少。有關此項方法之可行性如何尚待繼續努力觀察。

表10. 混和不同比率之抗虫與感虫水稻對褐飛蝨田間棲羣成長之影響
(Pathak and Khush, 1977)⁽³⁴⁾

Table 10. Brown planthopper population in field plots planted with mixtures of resistant and susceptible plants

各品種混合率(%) Plant % in each plot			蟲數/20穗* Insects/20 hills		產 量 (kg/ha)
IR 1917 (susceptible)	IR 34 (Bph 1 gene)	IR36 (bph 2 gene)	75 days	85 days	Yield
0	0	100	126 ^a	294 ^a	2356 ^a
0	100	0	449 ^{e,d}	738 ^a	2671 ^a
17	17	66	260 ^b	604 ^{a,b}	2395 ^a
17	66	17	351 ^{b,c}	736 ^{b,c}	2268 ^{a,b}
33	33	33	512 ^{e,d}	824 ^{b,c}	2268 ^{a,b}
60	20	20	954 ^{e,f}	3032 ^{d,e}	1816 ^{b,c}
66	17	17	684 ^{d,e}	8629 ^{c,d}	1538 ^c
100	0	0	1147 ^f	19938 ^e	736 ^d

* 四重複之平均。

Av. of 4 replications.

六、結 語

水稻品種間，因其抗虫程度之差異，對褐飛蝨之棲羣成長具有明確的影響。由於抗虫遺傳因子可結合於優良農藝性狀品種，新育成之抗虫品種已成爲農民樂於接受之栽培品種。栽植抗虫品種可抑制褐飛蝨之發生成災，直接對稻谷生產及

農民收益具貢獻，間接地亦因其減少殺虫劑之使用，有緩和環境污染之效果，對害虫天敵之活動亦無影響，對於水稻害虫相之穩定性具有幫助。然而大面積栽植抗虫品種後引起新生物小種的產生，使原先育成抗虫品種之栽植壽命受到威脅，因此如何抑制褐飛蝨新生物小種的產生以及如何使抗虫品種的抗虫基礎獲得更穩定，將成爲今後研究之重要課題。

參 考 文 獻

1. 周文德、鄭清煥 1971。抗黑尾葉蟬及褐飛蝨水稻品種田間試驗觀察 農業研究 20(2): 68—75。
2. 張萬來 1970。水稻品種 Mudgo 雜交第一世代後裔(F_1)對褐飛蝨抵抗性之初步觀察 科學農業 18(11, 12): 390—392。
3. 陳隆澤、張萬來 1971。水稻品種 Mudgo 對褐飛蝨抵抗性之遺傳 農業研究 20(1): 57—60。
4. 鄭清煥 1973。水稻品種對褐飛蝨之抵抗性研究 中正科學技術研究講座計劃總報告 91p.
5. 鄭清煥 1975。褐飛蝨之新生物小種及其與抗虫品種間之相互作用 臺灣省農業試驗所研究彙報 32: 29—41。
6. 鄭清煥 1976。新育成抵抗褐飛蝨水稻品種(系)室內抗虫反應及其田間表現 臺灣省農業試驗所 中華農業研究 25(4): 259—267。
7. Athwal, D. S. and M. D. Pathak 1972. Genetics of resistance to rice insects. In Rice breeding, International Rice Research Institute, Los Banos, Philippines p. 375—386.
8. Borlang, N. E. 1959. The use of multilineal or composite varieties to control air-borne epidemic diseases of self-pollinated crop plants. Proc. 1st. Intern. Wheat Genetics Symp., 1958 p. 12—17.
9. Chang, W. L. and L. C. Chen 1971. Resistance of rice varieties to brown planthopper (*Nilaparvata lugens* Stal). Taiwan Agr. Res. 20(3):12—19.
10. Chang, W. L. and C. H. Cheng 1974. Sources of resistance and breeding rice for resistance to brown planthopper and bacterial leaf blight. Mimeographed Report, Intern. Rice Res. Conf. at IRRI 14 p.
11. Cheng, C. H. 1975. Resistance to brown planthopper *Nilaparvata lugens* Stal in rice varieties. Mimeographed report. Seminar of Biological Tactics in Integrated Pest Management Systems, USA/Republic of China Cooperative Science Program. at N. C. State Univ., Raleigh, U. S. A. July 1975.
12. Cheng, C. H. 1976. The possible role of resistant rice varieties in rice brown planthopper control. Mimeographed Report, Seminar on the Rice Brown Planthoppers. Tokyo, Sept. 1976. 17 p.
13. Cheng, C. H. and W. L. Chang 1977. Varietal resistance to the brown planthopper in Taiwan. Mimeographed report, The Brown Planthopper Symp. IRRI, April, 1977. 20 p.
14. Choi, S. Y; M. H. Heu and J. O. Lee, 1977. Varietal resistance to the brown

- planthopper in Korea. Mimeographed Report, The brown planthopper Symp. IRRI, April, 1977. 24 p.
15. Dyck, V. A. 1977. The brown planthopper problem. Mimeographed Report, The Brown Planthopper Symp. IRRI, April, 1977. 23 p.
 16. Dyck, V. A., B. C. Misra, S. Alam, C. N. Chen, C. Y. Hsieh and R. S. Rejesus 1977. Ecology of the brown planthopper in the tropics. Mimeographed Report, The Brown Planthopper Symp. IRRI, April, 1977. 56 p.
 17. Fernando, H. E. 1975. The brown planthopper problem in Sri Lanka. Rice Ent. Newsl. 2:34-36.
 18. Fernando, H. E., D. Senadheera, Y. Elikewela, H. M. de Alwis and C. Kuda-gamage. 1977. Varietal resistance to the brown planthopper *Nilaparvata lugens* (Stal) in Sri Lanka. Mimeographed Report, The Brown Planthopper Symp. IRRI, April, 1977. 9 p.
 19. Flor, H. H. 1959. Genetic controls and host parasite interactions in rust disease. In "Plant Pathology, problem and progress 1908-1958" (C. S. Holton, et al. eds.)/137-144. pp. Univ. Wisconsin Press, Madison, Wisconsin.
 20. Harahap, Z. 1977. Breeding for resistance to brown planthopper and grassy stunt virus in Indonesia. Mimeographed Report, The Brown Planthopper Symp. IRRI, April, 1977 15p.
 21. Kalode, M. B. 1974. Recent changes in relative pest status of rice insects and influenced by cultural, ecological and genetic factors. Mimeographed report. Intern. Rice Res. Conf. IRRI, April 1974. 16p.
 22. Kalode, M. B. and T. S. Krishna 1977. Varietal resistance to brown planthopper in India. Mimeographed report, The Brown Planthopper Symp. IRRI, April, 1977, 18p.
 23. Khush, G. S; M. D. Pathak and G. S. Sidhu 1977. Breeding for and genetics of resistance. Mimeographed report, The Brown Planthopper Symp. IRRI, April, 1977. 10p.
 24. Karim, R. 1975. Resistance to the brown planthopper *Nilaparvata lugens* (Stal) in rice varieties. M. S. thesis, Univ. of Philippines at Los Banos, College, Laguna, Philippines, 13p.
 25. Kaneda, C. and R. Kisimoto 1977. Status of varietal resistance to the brown planthopper in Japan. Mimeographed report, The brown planthopper Symp. IRRI, April, 1977. 13p.
 26. Kisimoto, R. 1976. Bionomics, forecasting of outbreaks and injury caused by the rice brown planthopper. Mimeographed report, Seminar on the Rice Brown Planthoppers, Tokyo, Sept. 1976. 15p.
 27. Martinez, C. R. and G. S. Khush 1974. Sources and inheritance of resistance to brown planthopper in some breeding lines of rice *Oryza sativa* L. Corp. Sci. 14:264-267.
 28. Mochida, C. 1976 Recent outbreak of the brown planthopper in Southeast Asia. Mimeographed Report, Seminar on the Rice Brown Planthopper, Tokyo, Sept, 1976. 26p.

29. Mochida, O. and V. A. Dyck 1976. General bionomics of the brown planthopper, *Nilaparvata lugens* (Stal). Mimeographed Report. Seminar on the Rice Brown Planthoppers, Tokyo, Sept. 1976. 25p.
30. Oka, I. N. 1976. Integrated control program on brown planthopper and yellow rice stem borer in Indonesia. Mimeographed Report. Intern. Rice Res. Conf. IRRI, April, 1976. 5p.
31. Oka, I. N. 1977. Identification of biotype 2 of the brown planthopper in Indonesia. Laporan Kemajuan Penelitian Seri Hama dan Penyakit No 6:1-4.
32. Oka, I. N. 1977. Cultural control of the brown planthopper *Nilaparvata lugens*. Mimeographed Report, The Brown Planthopper Symp, IRRI, April, 1977. 28p.
33. Pura, C. D. 1971. Resistance to the brown planthopper *Nilaparvata lugens* (Stal) in rice varieties. M. S. thesis. Univ. of Philippines at Los Banos, College, Laguna, Philippines. 79p.
34. Pathak, M. D. and G. S. Khush 1977. Studies on varietal resistance to the brown planthopper at IRRI. Mimeographed Report, The Brown Planthopper Symp. IRRI, April, 1977. 34p.
35. Pongprasert, S. and P. Weerapat 1977. Varietal resistance to the brown planthopper in Thailand. Mimeographed Report, The Brown Planthopper Symp. IRRI, April, 1977. 11p.
36. Results of the Second International Rice Brown Planthopper Nursery (IRBPHN-1976) 1977, IRRI. Los Banos. Philippines.
37. Sogawa, K. and M. D. Pathak 1970. Mechanisms of brown planthopper resistance in Mudgo variety of rice (Hemiptera; Delphacidae). Appl. Ent. Zool. 5(3):145-158.
38. Saxena, R. C. and K. Sogawa 1977. Factors governing susceptibility and resistance of certain rice varieties to the brown planthopper *Nilaparvata lugens*. Mimeographed Report, The Brown Planthopper Symp. IRRI, April, 1977.
39. Sogawa, K. 1976. Feeding physiology of the brown planthopper. Mimeographed report, Seminar on the Rice Brown Planthoppers, Tokyo, Sept. 1976. 16p.
40. Song, Y. H. et. al. 1972. Studies on the resistance of Tongil variety (IR 667) to brown planthopper *Nilaparvata lugens* (Stal) Korean J. Plant Prot. 11(2): 61-68. (In Korean, English Summary).
41. Stapley, J. H. Y. Y. May and W. G. Golden 1977. Observation in the Solomon Islands on the control of the brown planthopper (*Nilaparvata lugens* Stal). Mimeographed Report, The Brown Planthopper Symp. IRRI, April, 1977. 9p.
42. The International Rice Research Institute, Annual Rep. 1971, p. 117-126.
43. The International Rice Research Institute, Annual Rep. 1973, p. 210-213.
44. The International Rice Research Institute, Annual Rep. 1974, p. 86-91.
45. The International Rice Research Institute, Annual Rep. 1975, p. 101-110.

Relationship between the susceptibility of rice varieties and the occurrence of the brown planthopper

C. H. Cheng

Chiayi Agricultural Experiment Station
Chiayi, Taiwan 600

Summary

The brown planthopper has been an important insect pest in most rice cultivated areas in Asia. The causes of outbreak of the brown planthopper during recent years have not yet been fully understood. However, it is suspected that the cultivation of high yielding varieties and the change of cultural practices may have provided an environment conducive to the insect infestation.

The effect of host plant on the abundance of the brown planthopper may be ecological or physiological. Data from the laboratory and field experiments conducted in several countries have showed that there are differences in the susceptibility to the brown planthopper among varieties. The planthoppers caged on resistant varieties generally have higher mortality, lower body weight, longer duration for nymphal stage, shorter longevity and lower fecundity for the adults than those caged on susceptible ones. The plants of resistant varieties also exhibit nonpreference and tolerance to the attack of the hopper. Therefore, while susceptible varieties are infested severely with the brown planthopper, the damage on resistant varieties is negligible. The value of resistant varieties in brown planthopper control is obvious, particularly in areas where rice is infested severely by the hopper. Under such conditions, application of insecticides is not adequate to protect the plants of susceptible varieties from planthopper damage. On the other hand, the damage on resistant varieties is slight even under natural infestation.

Varietal resistance to the brown planthopper is inheritable. Four single major genes for resistance have been identified during past few years. They are *Bph 1*, *bph 2*, *Bph 3*, and *bph 4*. Among these genes, no recombination between *Bph 1* and *bph 2* was observed probably due to either allelic or close linking. Tests on the independence of *Bph 3* and *bph 4*

have not been conducted. However, it has been proved that combination of *Bph* 1 with *bph* 4 or of *bph* 2 with *Bph* 3 is possible.

Virulent biotypes of the brown planthopper can be developed by rearing the brown planthoppers continuously on resistant plants in the insectary. Recently, a virulent biotype of the brown planthopper has been recognized in the Philippines and Indonesia where the rice plant with *Bph* 1 gene for resistance was widely cultivated during past three to four years. These findings indicated that new biotypes of the brown planthopper can develop in the field through natural selection, once resistant varieties become widely grown. In order to cope with the problem of virulent biotype development, it is important to identify diverse sources of resistance, especially resistance which is governed by two or more pairs of genes. Plants with polygenic inheritance (horizontal resistance) may last longer as compared to those having only one gene for resistance. The combination of two or more major genes together into the same improved variety or utilization of multiline varieties is also suggested as a countermeasure to the occurrence of the biotype of the brown planthopper.

邱人璋主編

水稻病蟲害：生態學與流行學

農復會1978年12月刊行 p. 47—82。

水稻偽黑尾葉蟬與褐飛蝨之天敵

邱 瑞 珍¹

目 次

- 一、前言
- 二、偽黑尾葉蟬與褐飛蝨之寄生性天敵
- 三、偽黑尾葉蟬與褐飛蝨之捕食性天敵
- 四、稻田施藥對偽黑尾葉蟬與褐飛蝨天敵之影響
- 五、結語
- 六、參考文獻
- 七、英文摘要

一、前 言

偽黑尾葉蟬 (*Nephotettix cincticeps* (Uhler), Cicadellidae)² 與褐飛蝨 (*Nilaparvata lugens* (Stål), Delphacidae) 爲害稻作，常總稱之爲稻蟲 (rice hoppers) 乃本省現階段稻作害蟲中最受矚目之害蟲，尤其是近年來褐飛蝨在東南亞國家如日本、臺灣、菲律賓、印度、印尼、所羅門羣島及錫蘭等都有成災之報導。其原因雖有歸咎於栽培高產量稻種，增施氮肥，改善灌溉，提早插秧，正條密植以及多期作栽培等。但連年普遍使用大量農藥除蟲，使飛蝨與葉蟬

1 臺灣省農業試驗所應用動物系技正兼系主任。

2 偽黑尾蟬屬於葉蟬科 Cicadellidae，科名源自拉丁文 Cicada (蟬) 及 ella (小)，意爲小蟬，可能由於體形小，外型似蟬而得名。不少書刊中用 Jassidae 爲葉蟬科名。但根據命名法當以 Cicadellidae 爲合理。至於稻浮塵子一名首由日人所用，我國因襲轉錄，沿用至今。其實浮塵子一名創自我國，古書中所稱之浮塵子係指雙翅目之蚊蚋一類昆蟲。唐朝元微之曾有記述，在其「長慶集」中曾云：「蜀中小蚊名蚋子，又小而黑者爲孃子。微不可見，與塵相浮上下者爲浮塵子，皆巢於巴蛇鱗中，能透衣入人之肌膚，啣成瘡毒，人極苦之……」。當時所謂之浮塵子乃指雙翅目之蚋科 (Simuliidae) 與搖蚊科 (Chironomidae)。後日人轉用於同翅目之飛蝨，但平嶋義宏於「浮塵子考」⁽¹⁰⁾一文已指出錯誤。惜我國人未予深究，以訛傳訛，此後實不該再稱「葉蟬」爲「浮塵子」，本文特爲之正名，尙希同道支持與採用。

之天敵與稻虫同遭毒殺，間接促成稻虫類尤其飛蝨與葉蟬類之倍加猖獗，亦被認為重要原因之一。因此本省十餘年來有關飛蝨、葉蟬之天敵潛能及其利用研究等漸受昆虫學界重視。可惜此項資料非但貧乏而且零碎。本文特將本省偽黑尾葉蟬與褐飛蝨之天敵及一些東南亞國家之資料整理成篇，提供同道參考。

偽黑尾葉蟬與褐飛蝨之天敵依文獻所載，東南亞地區計有百餘種。其中已記錄之寄生天敵約62種（臺灣有記錄者21種），包括昆虫、線虫及病原菌等。捕食性天敵約51種（臺灣有記錄者17種），包括昆虫、蜘蛛等。茲分述如後：

二、偽黑尾葉蟬與褐飛蝨之寄生性天敵

偽黑尾葉蟬與褐飛蝨之寄生性天敵分隸於膜翅目（Hymenoptera）、雙翅目（Diptera）及撚翅目（Strepsiptera）等。而以雙翅目之頭虻科（Pipunculidae），膜翅目之螫蜂科（Dryinidae）較為常見。乃敢臆測其對於稻蝨之繁殖可能具有抑制效果。此類天敵因寄主昆虫被寄生虫期之不同，可分為卵期寄生與若虫及成虫期寄生兩類如下。

(一) 卵期寄生天敵

偽黑尾葉蟬與褐飛蝨之卵期寄生天敵，已經東南亞國家記錄者凡 21 種（表 1,2）均為膜翅目昆虫（Hymenoptera），分隸於袖小蜂科（Eulophidae），魅

表 1. 偽黑尾葉蟬卵之寄生性天敵

Table 1. Egg parasitoids of *Nephotettix cincticeps* (Uhl.)

寄生性天敵 Parasitoid	地 區 Locality	文 獻 Reference
膜翅目 (Hymenoptera)		
魅小蜂科 (Mymaridae)		
<i>Anagrus</i> nr. <i>flaveolus</i>	日本	2, 87, 88
<i>Anagrus</i> sp.	臺灣、日本	28, 99, 103
<i>Gonatocerus</i> sp.	臺灣	28
<i>Mymar?</i> <i>indica</i>	臺灣	28
<i>Ooetonus orientalis</i>	日本	84, 88
<i>Ooetonus</i> sp.	日本	16
毛小蜂科 (Trichogrammatidae)		
<i>Oligosita nephoteticum</i>	印度	72
<i>Oligosita</i> sp. A	臺灣	28
<i>Oligosita</i> sp. B	臺灣	28
<i>Paracentrobia andoi</i>	臺灣、日本	28, 69, 84, 83, 108

表 2. 褐飛蝨卵之寄生性天敵

Table 2. Egg parasitoids of *Nilaparvata lugens* Stål

寄生性天敵 Parasitoid	地 區 Locality	文 獻 Reference
膜翅目 (Hymenoptera)		
黏小蜂科 (Eulophidae)		
<i>Ootetrastichus</i> nr. <i>beatus</i>	菲濟	52
魅小蜂科 (Mymaridae)		
<i>Anagrus flaveolus</i>	日本	109
<i>A.</i> nr. <i>flaveolus</i>	日本	85-88
<i>A. optalilis</i>	泰國	81, 110
<i>Anagrus</i> sp.	臺灣、日本、馬來西亞	28, 40, 67, Heong (MARDI) 提供
<i>Anaphes</i> spp.	所羅門羣島	71
<i>Gonatocerus</i> spp.	泰國、臺灣	110, 28
<i>Mymar?</i> <i>indica</i>	臺灣	28
<i>M. taprobanicum</i>	泰國	110
<i>Polynema</i> sp.	泰國	110
毛小蜂科 (Trichogrammatidae)		
<i>Aphelinoidea</i> sp.	臺灣	40
<i>Oligosita</i> sp.	泰國、印度	74, 110
<i>Oligosita</i> sp. A	臺灣	28
<i>Oligosita</i> sp. B	臺灣	28
<i>Paracentrobia andoi</i>	臺灣、日本	8, 28
<i>P. garuda</i>	泰國	110
<i>P. yasumatsui</i>	泰國	110
<i>Trichogramma</i> sp.	臺灣	40

小蜂科 (Mymaridae) 及毛小蜂科 (Trichogrammatidae)。黏小蜂科在本省尚無記錄。臺北稻田之飛蝨、葉蟬卵寄生蜂以毛小蜂科之 *Paracentrobia andoi* (Ishii) 為最多，而屏東稻田則以魅小蜂科之 *Gonatocerus* sp. 為最多。但因年份或地區之不同其發生情形頗有出入。據筆者等調查結果，發現褐飛蝨與僞黑尾葉蟬之寄生率在本省水稻之第一期作常高於第二期作。

僞黑尾葉蟬與褐飛蝨之卵寄生蜂種類頗為相似。前者以 *P. andoi*，後者以 *Anagrus* sp. 為重要。林珪瑞認為其寄生潛能受稻田環境支配甚為明顯。此兩種稻蝨卵之被寄生率與其生態，卵粒本質，卵帽有無，產卵處所以及卵埋存於稻株組織中之深淺等均有關係⁽²⁸⁾。農試所益虫研究室在臺北、新竹兩地調查褐飛

蝨與偽黑尾葉蟬之寄生率列於表 3。

表 3. 臺北（鶯歌、樹林）新竹（竹東、觀音）稻田稻蝨卵之被寄生調查（邱瑞珍等未發表資料）

Table 3. Egg parasitism of rice leaf- and planthoppers in the paddy fields in Taipei and Hsinchu (Chiu et al., unpublished)

年 別 Year	期 作 Crop season	偽 黑 尾 葉 蟬 <i>Nephotettix cincticeps</i>				褐 飛 蝨 <i>Nilaparvata lugens</i>			
		鶯歌	樹林	竹東	觀音	鶯歌	樹林	竹東	觀音
		%	%	%	%	%	%	%	%
1974	I	39.1	42.0	37.9	42.0	18.4	7.9	42.0	40.1
	II	8.7	23.1	20.2	26.0	18.6	15.7	18.4	21.7
1975	I	47.0	40.8	46.5	42.2	32.0	30.2	33.5	33.1
	II	21.0	44.0	32.9	36.3	6.8	10.0	17.5	35.5

每期作調查5次，每次調查180叢。

由上表知臺北區之鶯歌、樹林與新竹區之竹東、觀音四試驗稻田之調查結果，顯示褐飛蝨之卵寄生率在民國63、64年第一期作分別為 7.9~42.0%與30.2~33.5%。第二期作分別為 15.7~21.7% 與 6.8~35.5%。兩期作之卵寄生率差別不大，雖然第二期作時褐飛蝨之密度遠較第一期作時為高。但其卵寄生天敵之寄生率並無顯著變動，此或為褐飛蝨在二期作時為害較烈之原因。若按稻作生長時期言之，褐飛蝨之卵寄生，第一期作在糊熟期時開始出現，漸次增高至成熟期為最高，第二期作則從孕穗期開始出現而在抽穗期達高峯，間或延至收穫期為止。又按發生月份而言，則第一期作褐飛蝨之卵寄生峰於 6 月中旬漸高，而以 7 月上旬為最高，第二期作則於 9 月中、下旬開始增高，而至 10 月上旬達高峯。

筆者等同時在上述地點稻田調查偽黑尾葉蟬之卵寄生率，民國63、64年第一期作分別為37.9~42.0% 與 40.8~47.0%，第二期作分別為8.7~26%與 21~44%。按稻作之生長期言之，第一期作偽黑尾葉蟬之卵寄生天敵於孕穗期開始出現，繼之隨水稻之生長而漸增，至成熟期時為最高。第二期作亦在孕穗期開始出現而至糊熟期為最高，但至成熟期時則趨降。若按發生月份言，則第一期作業蟬之卵寄生天敵約在 5 月上旬出現，略較褐飛蝨寄生天敵之出現為早。第二期作約在糊熟期達高峯，此項卵寄生天敵之發生情況與當期作害虫之棲羣消長關係甚為密切。

(1)毛小蜂 (*Trichogrammatidae*, Hymenoptera)

Paracentrobia andoi (Ishii) 圖 1

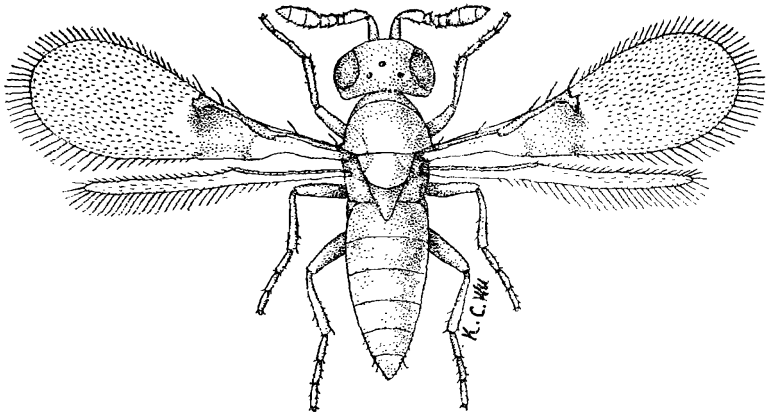


圖 1. 毛小蜂 *Paracentrobia andoi*, Trichogrammatidae.

此蜂在本省對於褐飛蝨及偽黑尾葉蟬均有寄生，但以葉蟬為主要，在葉蟬之各種卵寄生蜂中占50~90%。筆者等於民國63、64年在上述臺北（鶯歌、樹林）及新竹（竹東、觀音）等地稻田之調查結果，發現偽黑尾葉蟬被此蜂寄生者可達54.3%，平均亦在30~40%之間。此蜂對於褐飛蝨之寄生，亦僅次於 *Anagrus* sp. 有些年份則較 *Anagrus* sp. 為高（筆者等未發表資料）。

(2) 魅小蜂 (Mymaridae, Hymenoptera)

Anagrus sp. 圖 2

本種在臺灣稻田普遍寄生於褐飛蝨之卵，據林珪瑞報告其在稻田之出現率常占褐飛蝨卵總寄生天敵種類之93%⁽²⁸⁾。筆者於民國63與64年在臺北、新竹稻田之調查，此蜂寄生於褐飛蝨之卵寄生率在0~38.4%之間，在褐飛蝨之各種卵寄

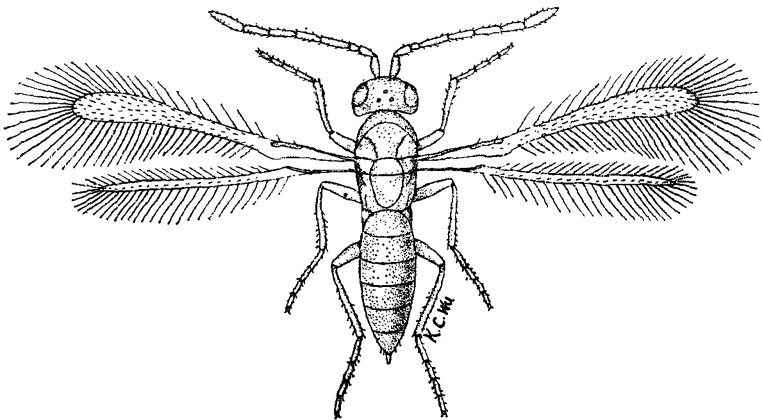


圖 2. 魅小蜂 *Anagrus* sp., Mymaridae.

生蜂中則占60~80%（筆者等未發表資料）。

Gonatocerus sp. 圖 3

本種對於褐飛蝨與偽黑尾葉蟬都能寄生。民國63與64年筆者等在臺北與新竹兩地稻田之調查結果，發現本種寄生於偽黑尾葉蟬者較褐飛蝨為多。而以第一期作之寄生率較第二期作為高，最高約達20.5%。又民國66年第一期作屏東之調查結果，本種寄生率在各種寄生蜂中占首位。在稻作糊熟期採集之2,395個偽黑尾葉蟬卵粒中，被此蜂寄生者達65.9%。另在嘉義、臺中稻田之調查，其寄生率在10~25.6%之間。但在新竹（觀音）與臺北（景美）稻田之同期作均未發現此種寄生蜂。

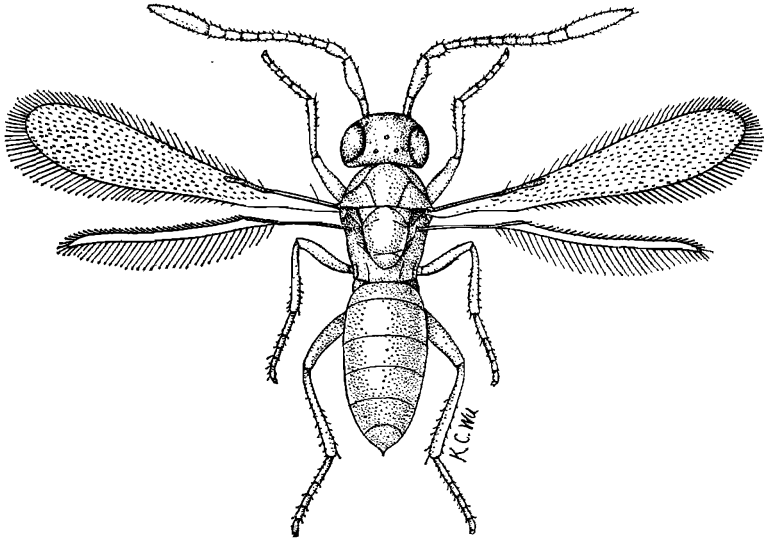


圖 3. 魅小蜂 *Gonatocerus* sp., Mymaridae.

(二)若虫與成虫期之寄生天敵

偽黑尾葉蟬與褐飛蝨之若虫、成虫期之寄生，在東南亞地區已經記載者有昆蟲、線虫及真菌等約42種（表4,5）。本省則有膜翅目之螫蜂科（*Dryinidae*）與雙翅目之頭虻科（*Pipunculidae*）等10餘種，其寄生率雖低，但在稻田中時有發現。

(1)螫蜂（*Dryinidae*, Hymenoptera）圖 4

被螫蜂科寄生之飛蝨或葉蟬，可見其若虫與成虫之腹部第六至七節側區突出一個深棕色或黑褐色之球囊狀物，易於識別。雌者前腳爪與跗節之第五節特化為鏢刀狀便於擒住寄主，而將卵產於寄主腹節之相重疊部，筆者常見稻蝨之若虫或成虫被螫蜂用大顎咬得不能動彈，經數分鐘後才能恢復。螫蜂之卵在寄主體內孵化後，其第一齡幼虫即在寄主腹內寄生，故為內寄生（Internal parasite），以後

表 4. 偽黑尾葉蟬若虫與成虫之寄生性天敵
 Table 4. Nymphal and adult parasitoids of *Nepholettix cincticeps* (Uhl.)

寄生性天敵 Parasitoid	地 區 Locality	文 獻 Reference
膜翅目 (Hymenoptera)		
螫蜂科 (Dryinidae)		
<i>Epigonatopus sakaii</i>	日本	14
<i>Haplogonatopus atratus</i>	日本	108
撚翅目 (Strepsiptera)		
節角撚翅科 (Halictophagidae)		
<i>Tettigoxenos orientalis</i>	日本	11, 13, 32
雙翅目 (Diptera)		
頭虻科 (Pipunculidae)		
<i>Dorylomorpha lini</i>	臺灣	邱等未發表資料
<i>Pipunculus javanensis</i>	臺灣、日本	28, 66, 100
<i>P. mutillatus</i>	臺灣、日本、澳洲	28, 66, 100
<i>P. orientalis</i>	臺灣、日本	28, 100
<i>P. roralis</i>	臺灣	28
<i>Pipunculus</i> spp.	日本	11, 12, 13, 17, 32
<i>Tomosvaryella epichalca</i>	臺灣	28
<i>T. oryzaetora</i>	臺灣	28
<i>T. subvirescens</i>	臺灣	28
<i>Tomosvaryella</i> spp.	日本	67
線蟲 (Nematodes)		
絲片線蟲科 (Mermithidae)		
<i>Agamermis zuimushi</i>	日本	32
<i>Agamermis</i> sp.	日本	9
真菌 (Fungi)		
蟲生菌科 (Entomophthoraceae)		
<i>Conidiobolus</i> sp.	日本	26
<i>Entomophthora delphacis</i>	日本	18
<i>Entomophthora</i> sp.	臺灣	43
線菌科 (Moniliaeae)		
<i>Beauveria</i> sp.	日本	32
束柄菌科 (Stilbaceae)		
<i>Isaria farinosa</i>	日本	25

表 5. 褐飛蝨若虫與成虫之寄生性天敵

Table 5. Nymphal and adult parasitoids of *Nilaparvata lugens* Stål

寄生性天敵 Parasitoid	地 區 Locality	文 獻 Reference
膜翅目 (Hymenoptera)		
螫蜂科 (Dryinidae)		
<i>Echthrodelphax bicolor</i>	日本、臺灣	17, 邱等未發表資料
<i>E. fairchildi</i>	印度	74
<i>Haplogonatopus japonicus</i>	日本	12, 19, 32
<i>Haplogonatopus</i> sp.	印度、錫蘭	74, Santa 等提供 (錫蘭)
<i>Monogonatopus</i> sp.	臺灣	邱等未發表資料
<i>Pseudogonatopus flavifemur</i>	日本、臺灣	11, 14, 17, 40, 邱等未發表資料
<i>P. hospes</i>	泰國	Napompeth 提供
<i>Pseudogonatopus</i> sp.	臺灣	邱等未發表資料
撚翅目 (Strepsiptera)		
枝角撚翅科 (Elenchidae)		
<i>Elenchus japonicus</i>	日本	11, 13, 40, 67, 79
<i>E. koebelei</i>	菲濟	52
<i>E. yasumatsui</i>	泰國	61, 88, 110
<i>Elenchus</i> sp.	錫蘭	Santa 提供
雙翅目 (Diptera)		
頭虻科 (Pipunculidae)		
<i>Dorylas</i> sp.	錫蘭	Santa 提供
<i>Pipunculus javanensis</i>	臺灣	邱等未發表資料
<i>Tomosvaryella oryzaetora</i>	臺灣	同上
<i>T. epichalca</i>	臺灣	同上
<i>T. subvirescens</i>	臺灣、泰國	同上、110
線蟲 (Nematodes)		
絲片線蟲科 (Mermithidae)		
<i>Agamermis unka</i>	日本	7, 11, 14, 59, 67
<i>Hexamermis</i> spp.	印度	74
真菌 (Fungi)		
蟲生菌科 (Entomophthoraceae)		
<i>Entomophthora</i> nr. <i>coronata</i>	日本	26
<i>E.</i> nr. <i>apiculata</i> var. <i>major</i>	菲濟	52
<i>E. coronata</i>	菲律賓	50, 55

(接表 5)

寄生性天敵 Parasitoid	地 區 Locality	文 獻 Reference
<i>E. delphacis</i>	日本	17, 18, 25, 35, 40
<i>Entomophthora</i> spp.	印度	74
束柄菌科 (Stilbaeaceae)		
<i>Isaria farinosa</i>	日本	25
<i>Hirsutella</i> sp.	菲律賓	50, 51, 55
<i>H. citrifomis</i>	所羅門羣島	71

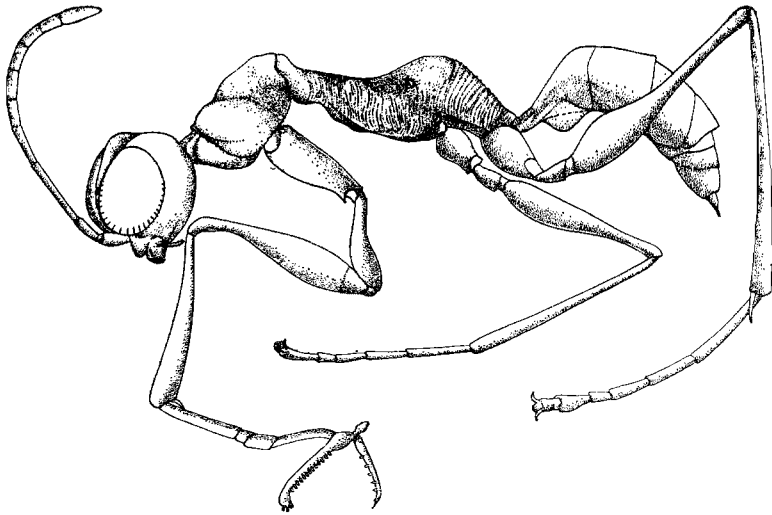


圖 4. 螯蜂 *Pseudogonatopus flavifemur*, Dryinidae.

各齡則在寄主之被寄生部位體外生長，故應視為體外寄生 (External parasite)。其幼虫且以脫下之皮堆積成一囊狀而生活其中，待老熟時始爬出囊外，在稻葉表面或其他物體上結繭化蛹。寄主昆虫在被寄生初期尚無何異狀，至螯蜂幼虫破囊而去時，其體軀內容物已被食殆盡，常固着於稻株上死去，祇剩空殼。

(2) 撚翅虫 (Strepsiptera)

東南亞國家報導褐飛蝨被撚翅目昆虫寄生者有枝角撚翅科 (Elenchidae) 數種，如日本之 *Elenchus japonicus*，菲濟 (Fiji) 之 *E. koebelei*，泰國之 *E. yasumatsui* 及錫蘭之 1 未鑑定種等是。寄生於偽黑尾葉蟬者則有節角撚翅科 (Halictophagidae) 之 *Tettigoxenos orientalis* 及 1 未鑑定種。

撚翅類昆虫之種類不多，且雌雄不同型，雄虫有翅，雌虫無翅而且無足，終生為幼虫型。常寄生於褐飛蝨與葉蟬之若虫或成虫，但以若虫居多。寄生時常以

其第一齡幼虫穿過寄主昆虫腹部之節間膜而行寄生，直至其幼虫老熟時始穿出寄主體外，在寄主之腹部背面節間部形成一突出囊狀物，而在其中化蛹。一般可依囊之形狀、色澤及大小而判定其性別。雌性者囊為褐色扁圓形，雄性者囊為卵形較大而色澤也較深，有些種類之囊狀物係在寄主體內而不突出體外。昆虫被寄生後若不在短期內死亡，其性器官將呈畸形或退化，輕者生殖力減退，重者完全不能生殖。雄性撚翅虫離開寄主後在寄主體上留下孔洞，常為病菌進入之途徑而造成間接之傷害。但本省不論褐飛蝨或偽黑尾葉蟬迄今尚未發現有撚翅虫之寄生。

(3)頭虻 (Pipunculidae, Diptera) 圖 5

頭虻乃小型雙翅類昆虫，頭部特大呈球形，但幾乎全為眼部所占有，寄生於

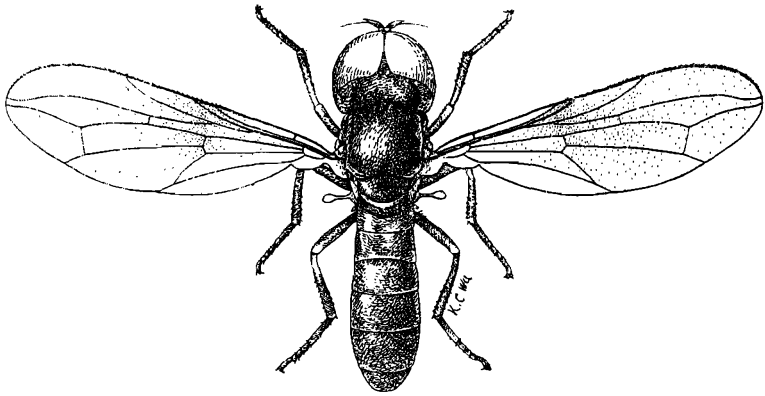


圖 5. 頭虻 *Tomosvaryella oryzaetora*, Pipunculidae.

同翅類昆虫，而以葉蟬為多。東南亞地區記錄其寄生於偽黑尾葉蟬者約有18種，其中分布於臺灣者10種（表 4, 5），民國63至64年間筆者等在臺北之鶯歌、樹林與新竹之竹東、觀音等地稻田探得寄生於褐飛蝨若虫與成虫之頭虻4種，寄生於偽黑尾葉蟬者9種。

頭虻之成虫甚為活躍且飛行極速，並能在空中停飛。雌性頭虻常在稻株間飛翔，尋找寄主產卵，若有發現立即衝向目標，用前足與中足緊抱寄主，並以產卵管刺入寄主腹部產卵，產卵後立即飛去。頭虻之卵即在寄主體內孵化寄生，老熟時則自寄主腹部之第一與第二節之背板間膜破裂而出，落於地面化蛹，約經一週後頭虻即羽化為成虫。被寄生之葉蟬常爬在稻株上，在頭虻幼虫離體時，以足抓住稻葉死去。本省稻田之頭虻據林珪瑞調查以 *Tomosvaryella oryzaetora* Koiz. (圖 5) 最為常見，其出現率在各種頭虻中約占48%。*T. subvirescens* 次之約占 22%。且云北部稻田以 *T. oryzaetora* 為最多，南部稻田則以 *T. subvirescens* 較多。又云5月份稻田葉蟬之被頭虻寄生率顯較草地葉蟬之被寄生率為低，其寄生率可增至33%左右，但9至11月間則顯著降低至10%以下⁽²⁸⁾。

(4)線虫 (Nematodes)

線虫寄生於偽黑尾葉蟬或褐飛蝨者，本省尚無正式記錄。日本、印度、錫蘭及所羅門羣島等均有報導（表4,5），但經鑑定者僅絲片線虫科（*Mermithidae*），*Agameremis* 屬之2種，即 *A. unka* 與 *A. zuimushi*^(11,14,32,59) 及 *Hexameremis* 屬之2種⁽⁷³⁾。Ôtake記載一種線虫寄生於褐飛蝨其寄生率達20%⁽⁶⁸⁾。Kaburaki 與 Imamura 記載被 *Agameremis unka* 線虫寄生之褐飛蝨達41.3%。氏等報導此種線虫約在8月中旬至11月下旬離開寄主昆蟲進入土中，經脫皮一次後即蟄伏在土面下約10cm處，靜待成熟。次年5月中旬開始出現，並交尾產卵。其幼虫常於7月初出現於稻田土面，藉灌溉水而游散各處。遇及棲息於稻株基部之飛蝨或葉蟬即侵入其體內寄生。被寄生之昆蟲腹部漸漸膨大因而行動不便，體色亦漸變為暗棕。每一隻寄主昆蟲常有1~2隻線虫寄生，但罕見有2隻以上者。線虫在寄主體內寄生約2~3週後即自寄主之腹節間體壁較薄處鑽出，尤以若虫寄主為多，常見其腹部體壁破裂而死去。氏等認為線虫可成為飛蝨之有效天敵⁽⁶⁹⁾。筆者以為此類線虫須能在大量增殖方面獲致成功，始可望加以利用。

Manjunath 氏報告在印度寄生於褐飛蝨之線虫有 *Hexameremis* 屬之2種，其中1種體較小，體長約0.5mm，每1個寄主體內可寄生100隻幼虫。另1種較為常見，體長約4.20~5.90mm，每一寄主體內祇發現寄生幼虫1隻，被寄生之飛蝨腹部膨脹，落於地面後線虫自其體內外出⁽⁷⁸⁾。

(6) 真菌 (Fungi)

東南亞國家報導寄生於褐飛蝨與偽黑尾葉蟬若虫與成虫之真菌計有虫生菌科（*Entomophthoraceae*），線菌科（*Monilaceae*）及束柄菌科（*Stilbaceae*）等3科10餘種。而臺灣祇有虫生菌科 *Entomophthora* 屬1種。飛蝨類因真菌之寄生而死亡者係由於真菌阻塞氣孔所致，真菌在飛蝨未排出之排洩物上或在其若虫新脫而未乾之新皮上寄生繁殖，以及經由寄主虫體傷口進入其體內寄生為害。嚴奉琰與蔡友德試驗 *Entomophthora* sp. 在一般培養基上均可生長，而以馬鈴薯培養基為最佳，適當濕度下在10°~35°C之間均可生長。該菌對於偽黑尾葉蟬之致病性因處理方法不同，所得之罹病率亦異，氏等以噴霧法（Spray）處理葉蟬，其平均死亡率為26.66%，以觸染法（Creeping-contact）處理經1小時，所得之平均死亡率為46.66%，經12小時為70%。氏等以為其寄生於葉蟬之主要經路乃由體節間隙，附節及柔軟組織處侵入其體內，先破壞脂肪體同時形成大量菌體，充滿寄主體腔。葉蟬自被寄生至死亡為期約3~7天。染病之葉蟬，先見其行動緩慢，停止取食，繼而反應遲鈍，臨死前爬至水稻莖、葉之頂端，以足環抱莖、葉而死。死後之虫體充滿真菌之分生孢子⁽⁴³⁾。此菌若能大量培養及善加利用，將來或可望成為稻蝨生物防治之一項材料。

寄生於褐飛蝨之真菌已發現7種（表5），但僅極少數之致死率較高。其中以 *Entomophthora* 菌用於防治褐飛蝨之希望較大。Hinckley 在非濟報導 *E. nr. apiculata* var. *major* 可以有效地控制褐飛蝨密度之增高，尤其在稻作密

植時爲然⁽⁵²⁾。菲律賓國際稻米研究所 (IRRI) 常於每期稻作之末期發現被 *E. coronata* 與 *Hirsulella* sp. 寄生致死之褐飛蝨⁽⁵⁵⁾。Padua 與 Gabriel 曾用人工培養基分離培養 *E. coronata* 頗爲成功。氏等且以不同成熟期之可可椰子水配製培養基，結果發現凡加入可可椰子水之培養基，此菌孢子之生長數均較多。而且經過24小時後其菌絲之乾重亦明顯增加⁽⁹¹⁾。IRRI 曾與菲律賓大學合作研究利用環境因子之控制以加強此菌之致病性。在溫室可使褐飛蝨之罹病率達73%⁽⁹²⁾。

三、偽黑尾葉蟬與褐飛蝨之捕食性天敵

偽黑尾葉蟬與褐飛蝨之捕食性天敵在東南亞國家有記錄者計有51種。其中捕食卵者5種，捕食若虫與成虫者51種（表6,7），此類天敵較之寄生性天敵更受重視。稻田中此類天敵之種類甚多，而且活躍，諸如蜘蛛類中之六點狼蛛 (*Lycosa pseudoannulata*, Lycosidae)、裂頭小盤蛛 (*Oedothorax insecticeps*, Micryphantidae)，與昆蟲類中之綠盲椿象 (*Cyrtorhinus lividipennis* Reut., Miridae) 等目前最受矚目。他如長腳蜘蛛科 (Tetragnathidae)、姬蜘蛛科 (Theridiidae)、及捕食性昆蟲半翅目 (Hemiptera) 之牧場食虫椿象科 (Nabidae)、廣肩水黽科 (Veliidae)，鞘翅目 (Coleoptera) 之瓢虫科 (Coccinellidae)，步行虫科 (Carabidae)，隱翅虫科 (Staphylinidae)，蜻蛉目 (Odonata) 之蜓科 (Aeschnidae)，蜻科 (Libellulidae) 等在稻田中亦隨處可見，此等天敵對於葉蟬、飛蝨之捕食在東南亞各種稻國家均有零星報導。茲將本省稻田中常見之數種重要稻蝨類捕食性天敵介紹如次：

(一) 蜘蛛 (Spiders)

稻田中之蜘蛛相 (Fauna) 至爲豐富，我國與韓國、日本及泰國之稻田蜘蛛已記錄種類頗爲相似。關於稻田蜘蛛相之調查研究，日本有小林尙⁽³⁾，八木沼⁽¹⁾等氏，泰國有 Okuma⁽⁸²⁾，韓國有 Paik 等氏⁽⁹³⁾而臺灣則有 Chu and Okuma⁽⁴⁸⁾之報告，筆者將韓國、日本、臺灣及泰國之稻田蜘蛛科、屬、種等統計如表8。

至於稻田常見之蜘蛛除六點狼蛛與裂頭小盤蛛之外，長脚蛛 *Tetragnatha* 屬之種數無論在泰國、馬來西亞及印尼之稻田中均占優勢⁽⁸⁸⁾，在臺灣臺北稻田中 *T. niten* 亦屬常見之種類。茲將目前本省對於稻蝨防治較具重要性之兩種蜘蛛分述如下：

(1) 六點狼蛛 (*Lycosa pseudoannulata* Boes. et Str., Lycosidae) 圖6

六點狼蛛簡稱狼蛛，在本省稻田中最爲常見，該蛛在臺灣、日本、菲律賓等地均被認爲稻蝨類之最有效天敵，小林⁽³⁾，Kawahara 等氏⁽⁶⁰⁾，笹波等氏⁽⁸⁷⁾，Chu and Okuma⁽⁴⁸⁾ 以及 Mochida and Dyck⁽⁷⁸⁾ 等均有撰文報導。又笹波等氏分析狼蛛之捕食物中，褐飛蝨與偽黑尾葉蟬占80%，而兩種昆蟲之比約爲

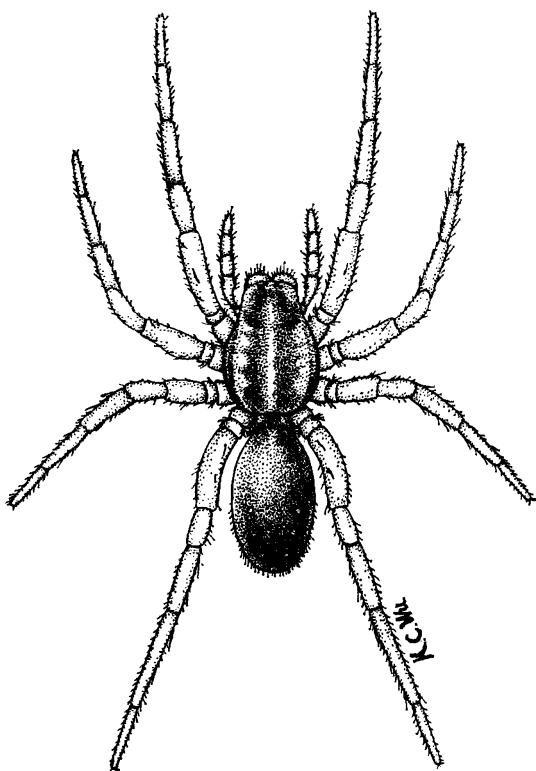


圖 6. 六點狼蛛 *Lycosa pseudoannulata*, Lycosidae.

0.49 : 0.60⁽⁸⁸⁾，桐谷等氏則報導為 2:5⁽⁸⁴⁾，顯然狼蛛對於葉蟬更為嗜食。

狼蛛常穿梭於稻株間，隱存於稻田地面縫隙、田埂，或附近之雜草叢內，遇及田間灌水時則在水面划行，常藉其快捷之動作，捕食較其體型更大或較小之食餌。雖能結網但其蛛網對於捕食並無多大幫助。卵粒產於卵囊內，卵囊牢牢附着於母體腹部之末端，卵囊若脫離母體則卵不能孵化。卵自產下至幼蛛破囊而出約需時14天。幼蛛出囊後仍聚集在母蛛腹背，經 2~3 日後始行離散。幼蛛在正常情況下脫皮 6 次即可成熟，但遇高溫或低溫時，則有脫皮 7 次之記錄。幼蛛在 25° 或 28° C 時約經 28 或 23 日即為成蛛⁽⁸⁰⁾。

狼蛛於日間常棲息於稻株之基部，但入晚即移向稻株之中部及上部，若就葉蟬多棲息於稻株之上、中部，而飛蝨棲息於稻株基部之現象觀之，似可推測狼蛛白天捕食以飛蝨為多，夜間則以葉蟬為多。在菲律賓之 IRRRI 稻田雖然狼蛛之棲羣密度不高，但因其捕食率甚高，故仍被認為褐飛蝨之首要天敵，Dyck 等氏用不同數量之褐飛蝨成虫、若虫供飼以測定狼蛛之捕食力，經連續 3 天之觀察結果，發現食餌數量之增加可使其捕食量增加。但氏等認為狼蛛對於若虫似無喜食之

表 6. 偽黑尾葉蟬之捕食性天敵
Table 6. Predators of *Nephotettix cincticeps* (Uhl.)

捕食性天敵 Predator	地 區 Locality	文 獻 Reference
半翅目 (Hemiptera)		
盲椿象科 (Miridae)		
<i>Cyrtorhinus lividipennis</i>	臺灣、菲律賓、日本	31, 55, 103
<i>Tytthus mundulus</i>	臺灣	31
廣肩水黽科 (Veliidae)		
<i>Microvelia douglasi</i>	臺灣、日本	27, 42
膜翅目 (Hymenoptera)		
蟻科 (Formicidae)		
<i>Iridomyrmex</i> sp.	臺灣	42
蜘蛛目 (Araneae)		
金蜘蛛科 (Argiopidae)		
<i>Neoscona doneitzi</i>	日本	39
袋蜘蛛科 (Clubionidae)		
<i>Clubiona</i> sp.	日本	32
狼蜘蛛科 (Lycosidae)		
<i>Lycosa clercki</i>	日本	32
<i>L. pseudoannulata</i>	臺灣、日本	4, 30, 38, 63, 67, 88, 105
<i>Meta dentizi</i>	日本	32
<i>Pardosa laura</i>	日本	6
小盤蜘蛛科 (Micyrphantidae)		
<i>Notioscopus pallidulus</i>	臺灣、日本	32, 42
<i>Oedothorax insecticeps</i>	臺灣、日本	4, 30, 67, 88
長腳蜘蛛科 (Tetragnathidae)		
<i>Tetragnatha praedonia</i>	日本	32
<i>Tetragnatha</i> spp.	日本	34, 67, 88
姬蜘蛛科 (Theridiidae)		
<i>Enoplognatha japonica</i>	日本	34, 67, 88
蜻蛉目 (Odonata)		
蜻蜒科 (Aeschnidae) 與		
蜻蛉科 (Libellulidae)		
蛙 (Frogs)	日本	32

表 7. 褐飛蠶之捕食性天敵

Table 7. Predators of *Nilaparvata lugens* Stål

捕食性天敵 Predator	地 區 Locality	文 獻 Reference
半翅目 (Hemiptera)		
花椿象科 (Anthoecoridae)		
<i>Amphiaraeus constrictus</i>	印度	74
牧場食蟲椿象科 (Nabidae)		
<i>Nabis</i> sp.	日本	67
盲椿象科 (Miridae)		
<i>Cyrtorhinus lividipennis</i>	日本、沙撈越、所羅門羣島、菲律賓、印度、印尼、錫蘭、泰國、馬來西亞、臺灣、澳洲	8, 31, 40, 45, 46, 69, 70, 74, 90, 95, 101, 102, 103, 107, Fernando, 李景星提供
<i>C. lividipennis vitiensis</i>	菲濟	52
<i>Tytthus chinensis</i>	菲濟、日本、所羅門羣島	3, 52, 70, 71, 102
<i>T. mundulus</i>	臺灣、菲濟	31, 52
<i>T. parviceps</i>	印度	74, 94
膜翅目 (Hymenoptera)		
蟻科 (Formicidae)		
<i>Camponotus</i> sp.	印度	74
<i>Tetramorium guineense</i>	臺灣	40
<i>Camponotus</i> spp.	印度	74
鞘翅目 (Coleoptera)		
步行蟲科 (Carabidae)		
<i>Acupalpus inornatus</i>	臺灣	邱等未發表資料
<i>Bembidion semilunium</i>	臺灣	同上
<i>Casnoidea cyanocephala</i>	馬來西亞	69
<i>C. intersititialis</i>	錫蘭、馬來西亞	49, 69, 90
<i>Ophionea indica</i>		88
隱翅蟲科 (Staphylinidae)		
<i>Paederus fuscipes</i>	日本、馬來西亞、臺灣、泰國	3, 9, 69, 88, 110, 邱等未發表資料
<i>Stenus cicindeloides</i>	臺灣	邱等未發表資料
瓢蟲科 (Coccinellidae)		
<i>Coccinella arcuata</i>	澳洲、印度、菲濟、新幾內亞、巴布亞	44, 52, 58, 88, 李景星提供

(接表 7)

捕食性天敵 Predator	地 區 Locality	文 獻 Reference
<i>C. repanda transversalis</i>	非濟	52
<i>Harmonia</i> sp.	菲律賓	Dyck 與 Orildo 提供
<i>Hippodamia tredacimpunctata</i>	中國大陸	68
<i>Micrapis discolor</i>	泰國、馬來西亞、印尼	88
<i>M. vincta</i>	泰國	88
<i>Verania</i> sp.	菲律賓	Dyck 與 Orildo 提供
蜘蛛目 (Araneae)		
金蜘蛛科 (Argiopidae)		
<i>Argiope pulchella</i>	印度	80
<i>Neoscona doenitzi</i>	日本	3, 39
<i>Araneus inustus</i>	臺灣	邱等未發表資料
狼蜘蛛科 (Lycosidae)		
<i>Lycosa pseudoannulata</i>	日本、臺灣、菲律賓	3, 20, 21, 33, 34, 37 38, 56, 88
<i>Pardosa annandalei</i>	印度	80
<i>Pardosa T-insignita</i>	韓國	Choi 與 Lee 未發表 資料
<i>Pirata subpiraticus</i>	韓國	同上
小縱蜘蛛科 (Micyrphantidae)		
<i>Oedothorax insecticeps</i>	日本、臺灣、韓國	3, 29, 33, 34, 37, 88, 93
蠅虎科 (Salticidae)		
<i>Plexippus paykulli</i>	日本	9, 32
<i>Icius magister</i>	日本	32
姬蜘蛛科 (Theridiidae)		
<i>Enoplognatha japonica</i>	日本	34, 67, 88
<i>Theridion</i> spp.	菲律賓	54
<i>T. octomaculatum</i>	臺灣	邱等未發表資料
長腳蜘蛛科 (Tetragnathidae)		
<i>Tetragnatha</i> spp.	日本	34, 67, 88
<i>T. japonica</i>	臺灣	邱等未發表資料
<i>T. mandibulata</i>	臺灣	同上
<i>T. nitens</i>	臺灣	同上
<i>T. sutherlandi</i>	印度	80
皿蜘蛛科 (Linyphiidae)		
<i>Notioscopus pallidulus</i>	日本	9, 32

趨向⁽⁵⁶⁾。在另一試驗中氏等又以 50 及 100 隻褐飛蝨供飼時，發現狼蛛之每日捕食量至少為 14 隻若虫，8 隻或更多成虫⁽⁵⁶⁾，氏等曾連續 14 天觀察狼蛛之每日捕食量約為褐飛蝨若虫 10~25 隻，平均為 17 隻。此項記錄與 Samal 及 Misra 在印度報導，每隻狼蛛可捕食褐飛蝨 15~20 隻成虫⁽⁹⁷⁾ 之記錄甚為相近。故 Dyck 等氏認定狼蛛喜食褐飛蝨勝過偽黑尾葉蟬 (Dyck 與 Orlido 未發表資料)，狼蛛若與飛蝨之另種捕食性天敵，綠盲椿象 (*Cyrtorhinus lividipennis*) 相比較，亦在後者之上⁽⁵⁶⁾。

臺灣稻田中普遍以狼蛛最占優勢，尤其第二期作時褐飛蝨之棲羣密度甚高，狼蛛之密度亦步亦趨地與之相呼應。但筆者等在臺北室內觀察其每日之捕食量則遠不如菲律賓，印度等地之高，計其第 2 齡與 4 齡幼蛛與雌雄成蛛之捕食量分別為 3.04, 4.28, 13.28 及 11.48 隻。又雌蛛之食量顯然大於雄蛛，雌蛛於護幼期中捕食量銳減，至幼蛛分散之後其捕食量隨即明顯增加⁽⁷⁶⁾。若將母蛛攜帶之卵囊摘除，發現其食量立即恢復，雌蛛於交尾後食量增加。雄蛛食量則極少變化⁽⁷⁷⁾。

狼蛛之耐飢力特強。川原等氏稱雌性狼蛛祇要有水，即可繼續生存 50~113 天⁽⁵⁾。朱耀沂與王清澄亦觀察雌、雄狼蛛在不給食餌情況下，無論冬、夏皆可生存兩星期以上⁽³¹⁾。此等現象皆可證明狼蛛之耐飢力。而且狼蛛每逢優良環境則增殖迅速，充分發揮其捕食能力，故在飛蝨、葉蟬之自然防治方面評價頗高。不過田間飛蝨、葉蟬之棲羣密度若超過某一限度時，則捕食性蜘蛛之捕食效果很難顯出。

(2) 裂頭小盤蛛 (*Oedothorax insecticeps* Boes. et Str., Micryphantidae)

圖 7

裂頭小盤蛛簡稱盤蛛，亦本省稻田中常見之蜘蛛，能捕食飛蝨與葉蟬。除本省外日本與韓國均有報導，其若虫與成虫乃飛蝨與葉蟬之重要天敵。民國 63 年筆者等進行其生活習性之觀察，在室內飼育該蛛，全年可得 4~5 代，而在 3~5 月間每代約 50 天，6~8 月約 38 天，11 月或 12 月迄次年 2 月約 110 天。其幼蛛之發育受氣溫之影響最大，自卵至成蛛之存活率約為 15%。成蛛喜在稻株根際活動，能在水面行走，受驚即逃逸或假死。耐飢力亦強，在室內可達 20 天左右。所結之網，形狀不定，網絲稀少甚難覺察，適於獵取食餌。幼蛛孵化後在卵囊內逗留 3~8 天，待脫皮 1 次後始破囊而出，即行捕食。其捕食對象多為飛蝨、葉蟬之若虫或體型較小之其他昆蟲，如蚊、蠅、蚜虫、椿象及小型鱗翅類，捕食時常抓住食餌之胸部或腹部而吮吸其體液，故被食之昆蟲腹部乾縮，或食後僅餘翅部或一些頭部碎屑。筆者等在室內觀察盤蛛經常 1~5 天捕食 1 次，每隻每次捕食飛蝨 1~3 隻，葉蟬 1~5 隻或果蠅 1~6 隻，飽食一頓之後，隔 3 或 5 天再行捕食。脫皮或產卵時均不取食，脫皮或產卵後食量常較前增大，在有限制之空間若食餌不足時常有互相殘殺現象發生。民國 62 年筆者等在臺北公館調查，第一期作平均每 10 叢可見盤蛛 2 或 3 隻，或多至 6 隻。第二期作平均每 10 叢可發現 1 隻，故

知其在稻田之出現以第一期作為多。又以第一期作之4月上旬至7月上旬為最多。其在第二期作之9月上旬至12月上旬之田間棲羣密度約為第一期作之44%。盤蛛在田間捕食之觀察十分困難，蓋脫皮、產卵等均可影響其捕食量，但在兩期稻作生長期中，稻蝨類在田間之出現期較長，發生量也較集中，故可推測其食餌中以稻蝨類占重要部分⁽⁸⁹⁾。

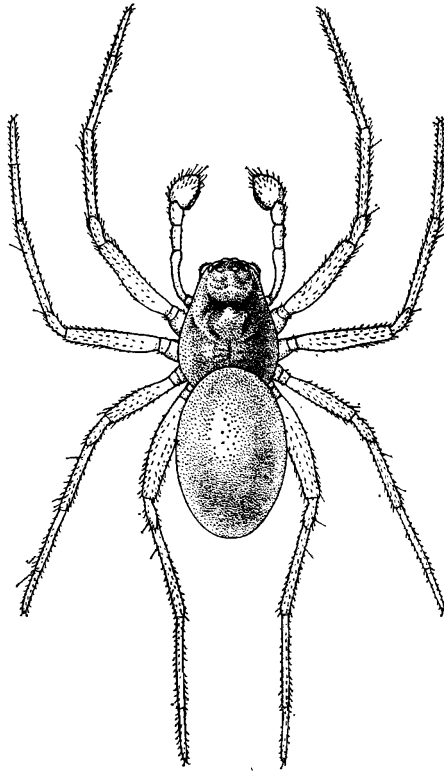


圖 7. 裂頭小盤蛛 *Oedothorax insecticeps*, Micryphantidae.

(二) 昆蟲 (Insects)

(1) 綠盲椿象 (*Cyrtorhinus lividipennis* Reut., Miridae, Hemiptera)

圖 8

近年來綠盲椿象乃稻蝨之昆蟲類捕食性天敵中最受重視者，該椿象分布於東南亞、澳洲及一些太平洋島嶼。能捕食飛蝨、葉蟬之卵，包括多種作物害虫，如玉米葉蟬 *Peregrinus maidis* (Ash.)⁽¹⁰⁶⁾，褐飛蝨及白背飛蝨 *Sogatella furcifera* Howu.^(8, 62)等。近年日、韓、菲及我國均已注意盲椿象對褐飛蝨之生物防治效果。本省稻田除綠盲椿象外，尚有一種黑盲椿象 (*Tytthus mundulus*

Reut.) 後者在夏威夷被認為甘蔗飛蝨 (*Perkinsiella sacharicidae* Kirdy) 之有效天敵⁽⁹⁶⁾。經陳金壁、裘凌志發現其對本省甘蔗飛蝨亦有抑制效果⁽³⁶⁾。筆者等於臺北稻田及飛蝨、葉蟬飼育箱中經常發現此兩種盲椿象，故對其生活習性及其對稻蝨繁殖之抑制效果等曾加觀察。臺北地區黑盲椿象出現甚為普遍。且以第一期作較第二期作為多，而綠盲椿象則以第二期作發生較多。此兩種盲椿象之生活習性頗為相似，筆者等曾在25°C時觀察，其完成一世代約需30~35天，全年

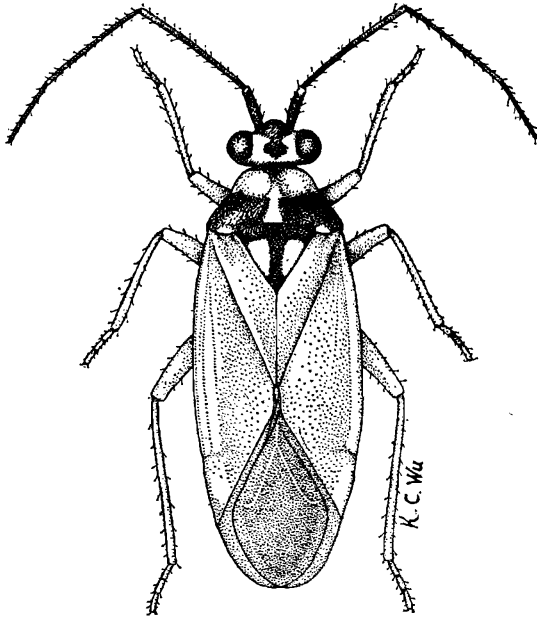


圖 8. 綠盲椿象 *Cyrtorhinus lividipennis*, Miridae.

有8~10代。卵期約6天，若虫有5齡，約需18天。成虫壽命亦在18天左右。若虫期之長短常因食餌而不同，且其成活率亦有差異。以褐飛蝨2齡若虫飼育盲椿象，其成活率約為65.6%，以卵飼育者其成活率為93.8%。若僅以稻苗飼育則盲椿象完全不能發育。盲椿象卵孵化後若在24小時內不供應食餌，其若虫將全部死亡。每隻盲椿象自孵化發育至成虫死亡時之捕食卵數平均為112.3粒，或捕食2齡若虫23.8隻。總之盲椿象成虫之捕食力較若虫為強。捕食對象則以卵最為所好，幼齡若虫次之。故盲椿象發生盛期若遇及飛蝨或葉蟬之卵期，則防治效果甚為顯著。其捕食方法係吸盡卵之內容物而遺留空殼，或在若虫脫皮時刺食之。但成虫被捕食則尚無所見(筆者未發表資料)。IRRI 於1972與1973亦報導綠盲椿象捕食褐飛蝨以若虫較成虫為多，幼齡若虫最多。且稱盲椿象與褐飛蝨若虫在1:1比例時，則後者之死亡率為79%，在1:20時則後者死亡率為23%，在

褐飛蝨密度較低時，盲椿象之捕食量亦較低。遇及飛蝨若虫盛期則其捕食率較高^(58,54)。Bae 與 Pathak 觀察以褐飛蝨之卵與綠盲椿象同籠飼育 5 天後，飛蝨僅有 30.9% 存活，而對照組中沒有盲椿象，98.4% 之飛蝨均活著，氏等又以褐飛蝨 2 齡若虫與盲椿象混飼，4 天後飛蝨之死亡率達 93.3%，而對照組之飛蝨死亡率僅有 19.8%^(45,46)。

Stapley 稱在所羅門羣島若盲椿象能有效地控制褐飛蝨則其比例應為 1:20。氏又認為利用耐虫性稻種，配合捕食性天敵可以有效地抑制褐飛蝨之為害。但天敵在田間棲羣密度之維持，或使之增高亦極重要。氏在所羅門羣島不施藥之稻田發現綠盲椿象之所以能夠有效地控制褐飛蝨棲羣密度，係與稻田附近生長之馬唐草 (*Digitaria* spp.) 有關。其他雜草如牛筋草 (蟋蟀草 *Eleusine indica*) 與 *E. coracana* 對於飛蝨及盲椿象之繁殖也有影響。氏又稱在年初使稻田休閒 6 週，也可使其次作不致有「蝨燒 (Hopper burn)」現象發生⁽¹⁰²⁾。

Swezey 認為葉蟬之卵，無論是否被寄生都有遭受盲椿象捕食之危，因此盲椿象發生多時，間接將影響及葉蟬卵之被寄生率降低⁽¹⁰⁴⁾。

此外捕食飛蝨、葉蟬之盲椿象，在印度有 *Tytthus parviceps* (Lin.)⁽⁹⁴⁾，在非濟、日本及所羅門羣島有 *T. chinensis*^(8,58,70,71,102)，均有捕食褐飛蝨之記錄。

(2) 瓢虫 (Coccinellidae, Coleoptera)

瓢虫乃稻田中較為活躍之捕食性昆蟲。Sasaji 記載亞洲地區稻田瓢虫 33 種，其中捕食褐飛蝨者 7 種⁽⁹⁸⁾。Yasumatsu 等氏報導泰國稻田常見之 6 種瓢虫，以 *Micrapis discolor* 與 *M. vincta* 為特多，均為褐飛蝨之天敵⁽¹¹⁰⁾。馬來西亞與印尼稻田之 10 種瓢虫中，亦以 *M. discolor* 為最多⁽⁸⁹⁾。*Coccinella arcuata* 瓢虫常在稻葉上產卵，成虫與若虫都能捕食飛蝨。菲律賓、非濟、新幾內亞等地認為該種瓢虫乃飛蝨類之重要天敵。印度稻田中之 *C. arcuata* 常在白背飛蝨 (*Sogatella furcifera* Hor.) 與褐飛蝨密度增高時，增殖迅速，而在飛蝨密度低降時漸次減少，顯然對於稻蝨之棲羣密度控制甚具效果⁽⁵⁸⁾。菲律賓稻田經常有 *Harmonia* sp. 與 *Verania* sp. 瓢虫捕食褐飛蝨之成虫與若虫。Dyck 與 Orildo 在溫室以 *Harmonia* sp. 與 *Verania* sp. 瓢虫之成虫以 1:4 比例，分別與褐飛蝨在溫室盆栽水稻上共同飼育，經 6 天後計算飛蝨之死亡率，發現與 *Harmonia* sp. 瓢虫共同飼育組之褐飛蝨若虫與成虫之死亡率分別為 77% 與 95%，而與 *Verania* sp. 共同飼育組之飛蝨若虫與成虫死亡率分別為 52% 與 93%。顯見瓢虫對於飛蝨之捕食以成虫居多 (Dyck 與 Orildo, 未發表資料)。

本省之一種螞蟻 *Tetranorium guineense* 能捕食飛蝨之卵、與正在脫皮中之若虫及羽化中之成虫⁽⁴⁰⁾。在菲律賓也有一些螞蟻捕食褐飛蝨 (Dyck 與 Orildo, 未發表資料)。

生活於稻田中之其他捕食性昆蟲如鞘翅目之步行虫科 (Carabidae) 與隱翅

虫科 (Staphylinidae) 等頗為常見。尤以隱翅虫, *Paederus fuscipes* Curt. 常在稻作插秧後隨即遷入稻田, 在幼齡稻株上活動, 他如蜻蜓目及一些半翅目昆虫如牧場食虫椿象 (Nabidae)、花椿象 (Anthoricidae)、食虫椿象 (Reduviidae) 以及兩棲類、鳥類等均為稻蟲之捕食天敵。

四、稻田施藥對偽黑尾葉蟬與褐飛蟲天敵之影響

稻作生長期間施用農藥, 可以抑制稻蟲之發生而確保其產量。但施藥除虫往往同時毒及害虫之生物天敵, 因此被防治之害虫經過一段時日後往往再度成災 (Resurgence) 或者原來居於次要地位之害虫竟然轉趨猖獗。其原因與害虫天敵因受農藥毒害而削減其對害虫繁殖之控制力有關。因此農藥如何影響天敵對害虫之自然控制力乃日受重視。有關稻田害虫天敵之調查與研究。諸如水田昆虫相尤其蜘蛛相之調查, 捕食性昆虫與蜘蛛對於稻蟲之捕食力, 重要捕食性蜘蛛之生態及其棲羣消長等研究均先後見諸報告。一般學者認為稻田中節足動物門之害虫天敵受農藥之影響通常以「質的 (Qualitative)」變動比「量的 (Quantitative)」變動更為重要。例如褐飛蟲與偽黑尾葉蟬之猖獗, 應歸咎於廣效性殺虫劑之普遍施用, 使害虫天敵受到嚴重毒害, 而其棲羣密度大幅降低。此種現象小林⁽⁹⁾, Miyashita⁽⁷⁵⁾, Kiritani^(62, 68) 及桐谷等氏⁽³³⁾ 均曾先後提出報告。此外更由於害虫綜合防治與害物管理新觀念之被接受。田間施藥除虫時對於害虫天敵之毒害程度, 以及天敵對殺虫劑之選擇作用研究與利用等, 無不為治虫學者所關注。

就本省稻田情況言之, 狼蛛與盤蛛均為稻作害虫捕食性天敵中之重要者, 亦屬飛蟲與葉蟬之有效天敵。可惜此等蜘蛛對於稻田中常用之農藥, 普遍敏感, 常因稻田施藥除虫而被毒及。此等事實使稻蟲類之藥劑防治問題日趨複雜而不得不予以注意。茲將一般稻田用殺虫劑對於稻飛蟲、葉蟬之捕食性天敵如蜘蛛、盲椿象等之直接與間接毒害情形簡述如後。

(一) 農藥對稻蟲天敵之直接毒害

稻田施用農藥往往直接毒及害虫天敵, 但其被毒害之程度常以施藥後田間天敵數量之減少, 捕食或寄生率之降低為準。至於室內測定農藥對於捕食性蜘蛛之毒性, 朱耀沂等曾測定偽黑尾葉蟬與褐飛蟲及狼蛛對於不同藥劑之感受性。氏等發現狼蛛對於不同化學物之反應亦不同。例如 Phosvel, Bidrin 及 Azodrin 對於狼蛛之毒性較低, 而 Hokbal, Hopcide, Ortho-Bux, Lebaycid 及 PM 則較高。Lebaycid 對於狼蛛之毒害程度較之 Sumithion, Methyl Parathion 為高^(23, 24), Lebaycid 乃本省防治二化螟最常用之藥劑。可見其施於稻田後, 狼蛛之棲羣密度必會降低, 於是稻蟲與其天敵間之自然平衡被破壞, 天敵之控制力減弱, 稻蟲之發生自然增多。故知稻田用藥防治其他害虫, 間接亦可能促成稻蟲類之猖獗。

表 8. 韓國、日本、臺灣及泰國稻田之蜘蛛

Table 8. Spider-families found in paddy fields in Korea, Japan, Taiwan and Thailand

科名 Family	韓 國 Korea	日 本 Japan	臺 灣 Taiwan	泰 國 Thailand
Agelenidae	1(1)	1(1)		
Argiopidae*	5(8)	8(12)	6(12)	9(16)
Clubionidae	3(5)	2(5)	2(3)	2(3)
Ctenidae	2(2)	1(1)		
Dictynidae			1(1)	
Hahniidae	1(1)		1(2)	
Heteropodidae		2(2)	1(1)	
Linyphiidae*	1(1)	2(2)	3(3)	1(1)
Lycosidae*	5(8)	6(11)	3(5)	5(5)
Mieryphantidae*	4(8)	5(5)	4(4)	3(3)
Oonopidae			1(1)	
Oxyopidae*	1(1)	1(1)	1(4)	1(2)
Pisauridae	1(3)	1(3)		2(3)
Salticidae*	5(6)	9(10)	(ca.5)	(ca. 10)
Tetragnathidae*	3(8)	4(11)	4(11)	4(13)
Theridiidae*	3(3)	5(8)	3(5)	5(8)
Thomisidae*	5(9)	8(11)	7(8)	4(4)
Uloboridae		2(2)		1(1)
合 計 科 (families)	14	15	15	13
Total: 屬 (genera)	40	57	37	37
種 (species)	64	85	60	59

1. 表內資料採自 Okuma (1968)⁽⁸²⁾, Okuma 與 Wongsiri (1973)⁽⁸⁸⁾, Chu 與 Okuma(1970)⁽⁴⁸⁾ 及 Paik, Namkung, Choi (1976, J. S. Park 提供)。
2. 括號內之數字為種 (species) 數, 括號外為屬 (genus) 數。
3. 加 * 號者表示其有捕食稻飛蟲之記錄。

不同種類之蜘蛛對於藥劑之感受性亦有不同。朱耀沂等在室內測定 9 種防治二化螟之農藥如 Cidial, Lebaycid, Malathion, Methyl Parathion, Ofunack, Padan, Phosvel, PM 及 Sumithion 等對於狼蛛、盤蛛之相對毒性, 結果知 Lebaycid 對狼蛛毒性最高, Cidial, Malathion, Methyl Parathion, PM 毒性也相當高, 而 Sumithion 與 Padan 為中度毒性, 祇有 Ofunack 最低毒。盤蛛對於殺虫劑之忍受性比狼蛛強。九種藥劑中除 PM 與 Lebaycid 之毒性較高外, 其餘毒性均低⁽⁸³⁾。筆者與鄭清煥亦在室內測定稻田常用防治螟虫, 飛

蝨及葉蟬類等農藥對於捕食性蜘蛛，狼蛛與盤蛛以及盲椿象等之毒性。供試農藥共28種，包括可濕性粉劑，乳劑、水溶劑及粒劑等。除測定其對此類天敵之接觸毒性外，粒劑更測定其經由食物鏈 (Food-chain) 對捕食性蜘蛛之間接毒性。初步之室內試驗結果，發現對於上述兩種蜘蛛接觸毒性較小之藥劑有75% Orthene S.P., 60% Azodrin S., 30% MTMC E.C., 85% Sevin W.P., 5% Lebaycid G. 及 5% Disyston G. 等，其餘藥劑則對其中一種或兩種蜘蛛具有高度之觸殺作用。供試藥劑中如 3% Furadan G. 與 40% Hokbal E.C. 可使狼蛛之觸殺率分別高達90%與95%，其對盤蛛之觸殺率亦分別在21% 與 35%左右。又供試藥劑不論乳劑，可濕性粉劑或粒劑對於稻蝨之捕食性天敵，綠盲椿象之觸殺率均在 80~100%。藥劑中僅有氨基甲酸鹽劑之 90% Lannate W.P., 50% CPMC W.P. 及 50% Carbamult W.P., 與有機磷劑之 75% Orthene S.P.、40% Kilval S 對盲椿象之觸殺率較低，但仍在80~85% (表9)。由此可見防治稻虫用農藥對稻蝨捕食性天敵之接觸毒性差異極大。粒狀殺虫劑對於綠盲椿象之觸殺率與葉面噴布劑同具強烈毒性。筆者與鄭清煥將 7 種粒劑分別施於盆栽生長20天之稻苗土中，經 5 天後，盆內雖不灌水，但土壤仍然潮濕，每盆用玻璃罩入綠盲椿象20隻，不供給食餌昆虫，二重複，接虫後 6 與24小時各記錄 1 次，結果經過24小時各處理盲椿象之死亡率均達100% (表10)。

又據鄭清煥報告 1973~1975 在本省 12 處稻田調查之結果，顯示不施藥區 (稻作生長全期中從不施用農藥) 之卵寄生率與捕食性蜘蛛之密度均較經濟防治區 (每期作被害虫發生情況施藥，每期作施藥 2~3 次) 與完全防治區 (每期作施藥 5~6 次，每隔 15~20 天施藥 1 次) 為高⁽⁴⁷⁾。筆者等在臺北、新竹等地稻田調查，施藥對於稻蝨捕食性天敵狼蛛、盤蛛棲羣密度之影響，亦有相似之結果 (表11)。可信稻田施藥對於稻蝨天敵確為不利。

(二) 農藥對偽黑尾葉蟬與褐飛蝨天敵之間接毒害

早期之害虫防治學者以為滲透性殺虫劑 (Systemic insecticides) 可以防治作物害虫而不至於毒及自由生活之害虫天敵。同時亦有試驗證明此類農藥對於天敵具有選擇作用，但近年之許多試驗顯示，害虫捕食性天敵之大量死亡，除直接遭受農藥之毒殺外，間接則可由捕食「帶毒之食餌昆虫」而中毒^(30, 65)，但天敵種類與食性之不同，其所遭受之毒害程度亦有差別。雖然農藥在害虫體內之變化情況，及其如何帶毒給捕食性天敵，吾人尚未完全瞭解。Kiritani 與 Kawahara 曾試驗 B H C 透過食物鏈而毒害天敵之情形。氏等證明 B H C 確能自土壤中進入稻株，再隨着稻株汁液之被稻蝨吸食而進入其體內，待捕食性蜘蛛捕食帶毒之稻蝨時即被毒死⁽⁶⁵⁾，可見滲透性殺虫劑對於稻蝨類天敵並非絕對安全。

朱耀沂等氏用 BPMC 與 Uden 處理褐飛蝨與偽黑尾葉蟬，將中毒而尚存活之飛蝨與葉蟬餵飼狼蛛，得知狼蛛在最初 6 天內之捕食總量，約為其捕食無

表 9. 防治稻虫用藥劑對三種捕食性天敵之接觸毒性比較
(邱瑞珍、鄭清煥, 1976)⁽³⁰⁾

Table 9. Contact effect of several insecticides used for controlling rice insect pests for the predators of leafhoppers and planthoppers

藥劑名稱 Insecticide	稀釋濃度 Conc. (%)	校正死亡率(%) Corrected mortality		
		<i>Lycosa pseudoannulata</i>	<i>Oedothorax insecticeps</i>	<i>Cyrtorhinus lividipennis</i>
A 有機磷劑 (Organophosphates)				
50% Lebaycid EC	0.05	30	37	100
47% Parathion EC	0.047	30	25	100
40% Kilval S	0.05	35	21	85
50% Imidan WP	0.05	30	20	100
50% Sumithion EC	0.05	15	26	100
75% Orthene SP	0.05	10	15	80
60% Azodrin S	0.03	5	21	95
5% Disyston G	36 kg/ha	25	8	—
5% Disyston G	18 kg/ha	15	3	—
B 氨基甲酸鹽系劑 (Carbamates)				
40% Hokbal EC	0.05	90	21	100
25% Ortho-Bux 2 EC	0.027	80	25	100
30% MTMC EC	0.038	10	0	100
40% BPMC WP	0.05	35	65	100
50% MPMC WP	0.025	45	15	90
50% MIPC WP	0.025	35	15	100
50% Carbamult WP	0.05	30	5	85
50% Uden WP	0.05	25	20	100
50% CPMC WP	0.025	20	20	85
85% Sevin WP	0.05	15	10	100
50% MTMC WP	0.025	20	0	90
90% Lannate WP	0.05	5	26	80
3% Furadan G	60 kg/ha	95	35	—

1. 每種藥劑處理之狼蛛或盤蛛均為20隻，綠盲椿象為40隻，二重複。

2. 死亡率用 Abbott 氏公式校正。

帶毒食餌量之 85% 以上，且狼蛛在捕食後並無昏迷或死亡現象發生。氏等認為 BPMC 與 Uden 經由食物鏈後對於狼蛛之毒性很低。而且狼蛛對於帶毒或不帶毒食餌之捕食並無選擇傾向。可見此 2 劑對於狼蛛並無忌避作用。氏等更述及因

表10. 防治稻虫用粒劑對捕食性盲椿象之接觸毒性測定⁽³⁰⁾
 Table 10. Contact effect of several granular formulations of insecticides on *Cyrtorhinus lividipennis*

藥劑名稱 Insecticide	施用藥量 kg/ha ai	校正死亡率 Corrected mortality (%)	
		6 hrs	24 hrs
5% Supanone G	2.0	70	100
5% Uden G	1.8	95	100
5% Disyston G	1.8	100	100
6% BHC G	2.1	100	100
5% Ortho-Bux G	1.8	100	100
5% Terracur-p G	1.5	100	100
3% Furadan G	1.8	100	100

1. 每種藥劑處理之綠盲椿象為20隻，二重複。
2. 盆栽稻株施用藥劑後5天將盲椿象放入。
3. 死亡率用 Abbott 氏公式校正。

表11. 稻田施藥對捕食性蜘蛛棲羣密度之影響 (邱等未發表資料)
 Table 11. The population densities of predacious spiders in paddy fields with varying intensity of insecticide application (Chiu et al., unpublished)

處理 Treatment	第一期作 1st crop						第二期作 2nd crop					
	1974			1975			1974			1975		
	A	B	C	A	B	C	A	B	C	A	B	C
臺北 Taipei	1.0	1.4	1.7	0.6	0.9	1.1	0.7	0.9	1.5	0.4	0.7	1.2
新竹 Hsinchu	1.1	1.1	1.3	0.6	0.8	1.1	1.1	1.7	2.4	0.3	0.8	1.0

表中數字乃每隔20天調查每叢稻株上之盤蛛、狼蛛數之5次平均隻數。

- A. 完全防治區 每隔15~20天施藥一次，每期作施藥5~6次。
- B. 經濟防治區 視害蟲發生情況施藥，每期作施藥2~3次。
- C. 不防治區 稻作生長期中不施用殺蟲劑。

BPMC 與 Unden 中毒之狼蛛，雖然顯得不活潑，不取食或有捕食困難之現象，但渡過中毒期後，其捕食能力即見恢復，且與從未中毒之狼蛛無異。甚至其捕食量反有增多之傾向⁽²²⁾。因此氏等認為被 BPMC 或 Unden 農藥中毒後之狼蛛，仍能發揮其捕食功效。

過去以為粒狀殺虫劑施於稻田土中，對於自由生活之害虫天敵之毒性必較一般噴布劑為低，亦即所謂較為安全，但經許多試驗證明某些粒狀藥劑對捕食性天敵之間接毒性亦頗強烈⁽³⁴⁾。筆者與鄭清煥曾測定 8 種粒劑施於水中經由食餌昆虫對捕食性蜘蛛所致之間接毒性。得知 Furadan G 與 Terracur-P G 較 γ -BHC 更毒，而 Orthene G, Disyston G 與 Lebaycid G 則毒性較低⁽³⁰⁾ (表12)。

表12. 施用粒狀殺虫劑於水中經由食物鏈作用對狼蛛及盤蛛之毒性⁽³⁰⁾

Table 12. The effect of several granular insecticides on the predacious spiders through the food-chain

藥劑名稱 Insecticide	施用藥量 kg/ha ai	校正死亡率 Corrected mortality (%)			
		<i>Lycosa pseudoannulata</i>		<i>Oedothorax insecticeps</i>	
		24 hrs	72 hrs	24 hrs	72 hrs
3% Orthene G	1.8	0	5	0	15
5% Disyston G	1.8	0	5	5	10
5% Lebaycid G	1.8	5	10	5	15
5% Unden G	1.8	10	20	5	10
5% Ortho-Bux G	1.8	25	30	5	10
6% γ -BHC G	2.1	20	70	10	35
5% Terracur-p G	1.5	40	90	20	25
3% Furadan G	1.8	100	100	25	50

1. 每處理供試之蜘蛛數為20隻，二重複。
2. 粒劑施用5天後放入2-3齡褐飛蠶若蟲，6小時後再放入供試蜘蛛。
3. 死亡率用 Abbott 氏公式校正。

五、結 語

(一)稻蠶天敵之防治效果：就褐飛蠶與僞黑尾葉蟬之生物防治言之，其天敵種類頗多，本省過去雖未作較為深入之調查與試驗，但近年來已獲初步瞭解。生物天敵對於稻蠶防治所能發生之抑制效果，一般學者認為其寄生性天敵較捕食性天敵為遜色，而以寄生性天敵之寄生率不高為理由，其實在稻作生長全期中，各世代稻蠶之卵、若虫、成虫受各種不同寄生物寄生之總寄生率並不低。例如稻蠶之

卵期有袖小蜂、魅小蜂、毛小蜂等寄生，若虫與成虫期有螯蜂、頭虻、撚翅虫、線虫及虫生菌等寄生，此類生物綜合寄生所獲之效果，對於稻蝨棲羣密度之成長具有相當之抑制作用，或在時間上對稻蝨密度達到成災之程度具有延緩作用。Ôtake認為稻蝨卵寄生之採集技術與計算方法欠妥，故其卵寄生率有低估之嫌⁽⁸⁸⁾。就事實而言，稻蝨之卵粒微小而又深埋組織中，其寄生率之被低估自屬難免。但 Nishida 等氏報導泰國數地區稻田之稻蝨卵寄生率多在 90% 以上甚至接近 100%⁽⁸¹⁾。林珪瑞於民國58年調查本省屏東第二期作之稻蝨卵寄生率亦高達80%，可見卵寄生天敵對於稻蝨棲羣之影響似應予以重評，且其重要性未可忽視。

捕食性天敵對於稻蝨之生物防治效果，近年來甚受注意。其主要原因由於稻田捕食性天敵之種類極為豐富。除最常見之捕食性蜘蛛外，盲椿象、瓢虫、步行虫、隱翅虫、蜻蛉、豆娘、螞蟻，以及其他水生昆虫等捕食性昆虫亦到處可見。但其重要者如盲椿象，狼蛛與盤蛛則為東南亞種稻國家所積極研究之目標。筆者認為目前最為迫切瞭解之問題當屬如何保護此類天敵，使其能在經常大量施用農藥之稻田下獲得生存，或更進一步研究如何能使此類天敵在田間加速繁衍，俾能對稻蝨類充分發揮生物防治功能。

(二) 慎用藥劑以免毒及天敵：Kiritani 強調農藥防治效果之評估，不應過分偏重於其殺虫率之高低，而應以施藥後作物產量增高或品質改善程度之高低作為評估依據⁽⁶⁴⁾。同氏與井上等氏認為稻虫之綜合防治首應盡量避免在稻田施用對蜘蛛類具有劇毒之農藥，同時亦可從減少農藥施用次數與降低施用濃度着手。氏等 1970 之試驗結果，證明少用 1、2 次藥劑之稻作收穫量反比多用 1、2 次農藥者為高⁽⁸⁴⁾。依此，可以推斷施用對天敵有劇毒之藥劑，若次數過多或濃度過高者，則其後果除將影響天敵密度之銳減外，更將影響及其次一代或二代害虫棲羣密度之遽增。天敵對害虫控制力之減弱，自然促使害虫棲羣密度之增高。所以施藥愈多害虫之棲羣增高愈速。因此吾人必須拋開以施藥為防治害虫獨一無二對策之舊觀念，不再是有虫就得用藥，或使用毛毯施藥方式 (Blanket spray)，甚至不管田間害虫發生多寡，預先排定日期，按時施藥等之不合理措施。就害虫生物防治之觀點而言，吾人若對自然界之昆虫社會稍作深入瞭解，則當前之施藥方式或可改觀。

欲使褐飛蝨與偽黑尾葉蟬之生物天敵獲得適當保護，則使用藥劑時必須加以選擇。若能選用對天敵毒性較低之藥劑，或施藥時期能儘可能配合田間天敵之發生情況，而使天敵免受藥劑毒害者，則更具意義。又田間害虫密度過高而天敵密度過低時，二者間之自然平衡勢必難以保持，害虫遂發生脫逃 (Escape) 現象，其棲羣密度急激增高。此時宜用低毒性藥劑將害虫密度壓低，轉變害虫與天敵棲羣數之比例。天敵始可發揮其對害虫之控制效果。

使用藥劑防治害虫而毒及天敵之事實，目前已為人們所共認，但一般人相信粒劑施於土中，對於在稻株上半部活躍之寄生性或捕食性天敵之毒害程度，較其

他噴布劑爲低，事實上某些粒劑對於捕食性天敵之間接毒性亦甚強烈。粒劑如 Furadan, Terracur-P 無論接觸或經由食物鏈對捕食性狼蛛之毒殺率平均達90%以上，遠較一般噴布劑爲高。

常用之稻虫藥劑中如 BHC³ 對稻蝨天敵如狼蛛、盤蛛等之毒性較之其他藥劑則屬強烈而且持久。Furadan, Hokbal, Hopcide Ortho-Bux, Lebaycid, PM 及 Terracur-P 等藥劑之毒性亦高。而且所有防治稻虫藥劑對稻蝨之天敵，盲椿象而言，均具高度毒性。鄭清煥認爲對稻蝨捕食性天敵較爲安全之藥劑如 Orthene, Azodrin, MTMC, Carbaryl, BPMC, Uden, Chloro-phenamidine, Padan, Phosvel 及 MEP 等，可在藥劑與天敵並用之稻蝨綜合防治體系中加以應用⁽⁴¹⁾。筆者基於保護稻蝨天敵立場，盼其建議能早日廣被採用。

④田間害虫天敵之保護：保護害虫天敵除慎用農藥外，可更進一步研究適合於天敵生存或加速其繁衍之田間環境，諸如稻作之栽培與管理，稻田鄰近地區之作物與雜草種類，以及稻作收穫期之稻田與稻株處理等均有瞭解之必要。Stapley 報告，錫蘭之一些禾本科雜草，如牛筋草 *Eleusine indica* 與馬唐草 *Digitaria* spp. 等均有利於盲椿象之繁殖，若在稻作生長季節以外繁殖此類雜草，則對次期作褐飛蝨之早期棲羣頗有抑制效果。若在年初將稻田休閒數週則對盲椿象之繁殖亦屬有利^(101,102)。顯見改變耕作方式，注意田間管理及保持有利於稻蝨天敵生存之自然環境，亦皆列爲稻蝨綜合防治體系中之重要作業。

六、參 考 文 獻

1. 八木沼健夫 1965。水田に見られるクモ 植物防疫 19(9)：361—368。
2. 大竹昭郎 1971。水田のウンカ類の卵に寄生する *Anagrus* nr. *flaveolus* の生態 植物防疫 25(2)：25—69。
3. 小林 尙 1961。ニカメイチュウ防除の殺蟲劑散布がウンカ、ヨコバイ類の生息密度におよぼす影響に関する研究 病害蟲發生予察特別報告 6：1—126。
4. 川原幸夫、桐谷圭治、笹波隆文 1971。各種殺蟲劑のツマグロヨコバイおよびクモ類に對する選擇性 防蟲科學 36(3)：121—128。
5. 川原幸夫、桐谷圭治、垣矢直俊 1974。キクズキコモリグモ (*Lycosa pseudoannulata* (Boes. et Str.)) の個體羣生態 高知農林研報 6:7—22。
6. 中村和雄 1972。ハリゲドクグモの捕食に及ぼす餌動物の活動性と密度の影響 日本應用動物昆蟲學會誌 16(2)：113—114。
7. 今村重元 1932。二化螟蟲及びウンカに寄生する絲片蟲(2) 應用動物學雜誌 4：176—180。
8. 末永 一 1963。セジロウンカ、トビイロウンカの異常發生機構に関する生態學的研究 九州農業試驗場彙報 8(1)：1—152。

3 BHC 農藥因污染問題已於1963年在本省禁用。

9. 末永 一、中塚憲次 1958。稻ウンカ、ヨコバイ類の發生予察に關する綜説 病害蟲發生予察特別報告 1:1—468。
10. 平嶋義宏 1965。浮塵子考 九州大學農學部學藝雜誌 21(4):401—416。
11. 江崎悌三 1932。浮塵子の敵蟲に就いて 應用動物學雜誌 4:128—130。
12. 江崎悌三、橋本土郎 1931。九州帝國大學農學部農林省委託浮塵子驅除豫防試驗報告 2:1—59。
13. 江崎悌三、橋本土郎 1932。九州帝國大學農學部農林省委託浮塵子驅除豫防試驗報告 3:1—42。
14. 江崎悌三、橋本土郎 1933。九州帝國大學農學部農林省委託浮塵子驅除豫防試驗報告 4:1—32。
15. 江崎悌三、橋本土郎 1934。九州帝國大學農學部農林省委託浮塵子驅除豫防試驗報告 5:1—40。
16. 江崎悌三、橋本土郎 1935。九州帝國大學農學部農林省委託浮塵子驅除豫防試驗報告 6:1—41。
17. 江崎悌三、橋本土郎 1936。九州帝國大學農學部農林省委託浮塵子驅除豫防試驗報告 7:1—31。
18. 江崎悌三、橋本土郎、鮫島德造 1937。九州帝國大學農學部農林省委託浮塵子驅除豫防試驗報告 8:1—43。
19. 江崎悌三、望月正巳 1941。九州帝國大學農學部農林省委託浮塵子驅除豫防試驗報告 12:1—33。
20. 朱耀沂、王清澄 1972。六點狼蛛之研究 (1)外部形態與生活習性 植物保護學會會刊 15(1):13—20。
21. 朱耀沂、王清澄 1973。六點狼蛛食性之研究 植物保護學會會刊 15(1):13—20。
22. 朱耀沂、何琦琛、陳碧珠 1976。BPMC與Unden對六點狼蛛(*Lycosa pseudoannulata*)捕食行爲之影響 植物保護學會會刊 18(1):42—57。
23. 朱耀沂、林鼎翔、穆萃 1976。九種防治二化螟之殺蟲劑對水稻害蟲及其捕食性天敵之相對毒性 植物保護學會會刊 18(4):369—376。
24. 朱耀沂、林鼎翔、穆萃 1976。Padan, Ofunack 及 Sumithion 對六點狼蛛 (*Lycosa pseudoannulata* (Boes. et Str.)) 和裂頭小盤蛛 (*Oedothorax insecticeps* Boes. et Str.) 捕食量之影響 植物保護學會會刊 18(4):377—390。
25. 青木 清 1957。昆蟲病理學 技報堂 東京 493pp。
26. 岡田忠虎 1971。ウンカから分離した疫病菌 *Conidiobolus* sp. について 九州病害蟲研究會報 17:107—110。
27. 於保信彥、宮原和夫 1957。ツマグロヨコバイの天敵ケンカタピアメンボについて 九州病害蟲研究會報 3:61—62。
28. 林珪瑞 1974。臺灣僞黑尾葉蟬及褐飛蝨之寄生天敵 農業研究 23(2):91—115。
29. 邱瑞珍、朱耀沂、龍艷華 1974。裂頭小盤蛛 (*Oedothorax insecticeps* Boes. et Str., Mierophantidae) 之外部形態與生活習性 植物保護學會會刊 16(3—4):153—161。

30. 邱瑞珍、鄭清煥 1976。防治稻蟲藥劑對稻飛蟲葉蟬類捕食性天敵之毒性 植物保護學會會刊 18: 254—260。
31. 邱瑞珍、龍懿華 1975。稻飛蟲與葉蟬之捕食性天敵——黑盲椿與綠盲椿(摘要) 植物保護學會會刊 17: 452。
32. 酒井久馬 1932。大分地方産浮塵子類之天敵及其全年消長關係 應用動物學雜誌 4(3): 124—127。
33. 桐谷圭治、川原幸夫、笹波隆文、中筋房夫 1971。殺蟲劑と天敵の組合せによる害蟲防除の試み げんせい 22: 19—23。
34. 桐谷圭治、井上 孝、中筋房夫、川原幸夫、笹波隆文 1972。水稻害蟲の綜合防除——非鹽素系殺蟲劑への移行と殺蟲劑散布量輕減のための具體的試み 日本應用動物昆蟲學會誌 16: 94—106。
35. 島津光明 1976。トビイロウンカから分離した *Entomophthora delphacis* について 日本應用動物昆蟲學會誌 20(3): 144—150。
36. 陳金璧、裘凌志 1951。臺灣盲椿象 (*Cyrtorhinus mundulus* Bredd.) 初歩研究 甘蔗研究 5: 51—58。
37. 笹波隆文、桐谷圭治、川原幸夫 1970。クモ類の捕食能力の室内實驗による評價法 日本應用動物昆蟲學會誌 14: 144—146。
38. 笹波隆文、桐谷圭治、川原幸夫 1973。水田に生息するドクグモ類の寄主選擇性 高知縣農林技術研究所研究報告 5: 61—64。
39. 萱嶋 泉 1960。農作物害蟲の天敵としての蜘蛛の研究 九州大學農學部學藝雜誌 18(1): 1—24。
40. 福田 計 1934。トビイロウンカに關する調査研究 臺灣總督府中央研究所農業部彙報 99: 1—19。
41. 鄭清煥 1978。水稻褐飛蟲之防治 中研院動物所昆蟲生態與防治研討會講稿集: 102—103。
42. 嚴奉琰 1973。臺灣害蟲天敵 106pp。臺大植物病蟲害系昆蟲研究室編。
43. 嚴奉琰、蔡友德 1970。寄生偽黑尾浮塵子的一種蟲生菌之研究 植物保護學會會刊 12(1): 15—19。
44. Abraham, C. C., K. P. Mathew and N. M. Das. 1973. New record of *Coccinella arcuata* Fabricius (Coleoptera: Coccinellidae) as a predator of *Nilaparvata lugens* Stal in Kerala. Agric. Res. J. Kerala 11(1): 75.
45. Bae, S. H. and M. D. Pathak. 1966. A mirid bug, *Cyrtorhinus lividipennis* Reuter, predator of the eggs and nymphs of the brown plant-hopper. Internat. Rice Comn. Newsl. 15(3): 33—36.
46. Bae, S. H. and M. D. Pathak. 1968. Effectiveness of egg-nymphal predation by a mirid bug, *Cyrtorhinus lividipennis* Reuter, for control of the brown planthopper, J. Plant Prot. (Korea) 5,6: 55—58.
47. Cheng, C. H. 1976. Effect of insecticides on natural enemies of rice hoppers. 14 pp. Mimeographed paper at IRRC, 1976 IRRI.

48. Chu, Y. I. and C. Okuma. 1970. Preliminary survey on the spider fauna of the paddy fields in Taiwan. *Mushi* 44:65-88.
49. Fernando, H. E. 1975. The brown planthopper problem in Sri Lanka. *Rice Ent. Newsl.* (2): 34-36.
50. Gabriel, B. P. 1968. Entomogenous microorganisms in the Philippines: New and past records. *Philipp. Ent.* 1:97-130.
51. Gabriel, B. P. 1970. Additional records on the microbiota of Philippine insects. *Philipp. Ent.* 1:465-472.
52. Hinckley, A. D. 1963. Ecology and control of rice planthoppers in Fiji. *Bull. Ent. Res.* 54(3):467-481.
53. International Rice Research Institute. 1972. Annual Report 1971, 246 pp., Los Banos, Philippines.
54. International Rice Research Institute. 1973. Annual Report 1972, 246 pp., Los Banos, Philippines.
55. International Rice Research Institute. 1974. Annual Report 1973, 266 pp. Los Banos, Philippines.
56. International Rice Research Institute. 1975. Annual Report 1974, 384 pp., Los Banos, Philippines.
57. International Rice Research Institute. 1976. Annual Report 1975, 479 pp., Los Banos, Philippines.
58. Israel, P. and P. S. Prakasa Rao. 1968. *Harmonia arcuata* Fabr. (Coccinellidae) predatory on the rice plant hoppers *Sogatella furcifera* Horvath and *Nilaparvata lugens*. *Curr. Sci.* 37(13):367-368.
59. Kaburaki, T. and S. Imamura. 1932. Merithis-worm parasitic in leaf-hoppers, with notes on its life history and habits. *Proc. Imp. Acad.* 8:139-141.
60. Kawahara, S., K. Kiritani, T. Sasaba, F. Nakasuji and O. Oluma. 1969. Seasonal changes in abundance and the faunal composition of spiders in the paddy field, with special reference to their relation to the seasonal prevalence of the green rice leafhopper, *Nephotettix cincticeps* Uhler. *Proc. Assoc. Plant Prot. Sikoku.* 4:33-44.
61. Kifune, T. and Y. Hirashima. 1975. A new species of the genus *Elenchus* from Thailand (Strepsiptera: Elenchidae) (Notulae Strepsipterologicae-II). *Mushi* 48(12):145-148.
62. Kiritani K. 1972. Strategy in integrated control of rice pests. *Rev. Plant Prot. Res.* 5:76-104.
63. Kiritani, K. 1975. Pesticides and ecosystems (In Japanese). *J. Pesticide Sci. Innagural Issue.* 69-75.
64. Kiritani, K. 1976. The effect of insecticides on natural enemies with particular emphasis on the use of selective and low rates of insecticides. Mimeographed paper at IRRC, 1976, IBRI.
65. Kiritani, K. and S. Kawahara. 1973. Food-chain toxicity of granular formulations of insecticides to a predator *Lycosa pseudoannulata* of *Nephotettix cincticeps*. *Botyu-Kagaku* 38:69-75.

66. Koizumi, K. 1959. On four Dorilaid parasites of the green rice leafhopper, *Nephotettix cincticeps* Uhler (Diptera). Sci. Rept. Fac. Agric. Okayama Univ. 13:37-46.
67. Kuno, E. 1973. Population ecology of rice leafhoppers in Japan. Rev. Plant Prot. Res. 6:1-16.
68. Lei, H. C. and C. H. Wang. 1958. Studies on *Nilaparvata lugens* Stål in Hunan. Acta Oecon. Ent. Sinica. 1:283-313. (In Chinese with English Summary).
69. Lim, G. S. 1974. Potential for the biological control of rice insect pests. Mimeographed paper presented at the 14th Session of the Working Party on Rice Production and Protection, International Rice Commission, FAO 6-10 Nov., 1972, Bangkok. Thailand.
70. MacQuillan, M. J. 1968. An insecticidal application for integrated control of the brown planthopper in paddy rice. J. Econ. Ent. 61(2):568-569.
71. MacQuillan, M. J. 1974. Influence of crop husbandry on rice planthoppers (Hemiptera: Delphacidae) in the Solomon Island. Agro-Ecosystem. 1:339-358.
72. Mani, M. S. 1939. Descriptions of new and records of some known chalcidoid and other Hymenopterous parasites from India. Indian J. Ent. 1:69-99.
73. Manjunath, T. M. 1978. Two nematode parasites of rice brown planthopper in India. Intern. Rice Res. Newsl. 3(2):11.
74. Manjunath, T. M., P. S. Rai and G. Gowda. 1978. Natural enemies of brown planthopper and green leafhopper in India. Intern. Rice Res. Newsl. 3(2):11.
75. Miyashita, K. 1963. Outbreaks and population fluctuation of insects, with special reference to agricultural insect pests in Japan. Bull. Nat. Inst. Agr. Sci., Ser. C. 15:99-170.
76. Miyashita, K. 1968. Quantitative feeding biology of *Lycosa T-insignata* Boes. et Str. (Araneae: Lycosidae). Bull. Nat. Inst. Agr. Sci. Ser. C. 22:329-344.
77. Miyashita, K. 1968. Changes of the daily food composition during adult stage of *Lycosa pseudoannulata* Boes. et Str. (Araneae: Lycosidae). Appl. Ent. Zool. 3:203-204.
78. Mochida, O. and V. A. Dyck. 1976. General bionomics of the brown planthoppers, *Nilaparvata lugens* (Stål). Mimeographed paper at IRRC, 1961 IRRJ, 15pp. 1 tab., 15 figs.
79. Mochida, O. and T. Okada. 1973. Supplementary notes to a list of the Delphacidae (Homoptera) in Japan with special reference to host plants, transmission of plant diseases, and natural enemies. Kontyu 41(2):166-169.
80. Narasimha Rao, B., K. L. Narayana and B. H. Krishnamurthy Rao. 1978. *Paradosa amandalei*, a predatory spider of the brown planthopper. Intern. Rice Res. Newsl. 3(1):13.
81. Nishida, T., T. Wongsiri and N. Wongsiri. 1976. Species composition, population trends and egg parasitism of planthopper and leafhopper rice pests of Thailand. FAO Plant Prot. Bull. 24:22-26.

82. Okuma C. 1968. Preliminary survey on the spider-fauna of the paddy fields in Thailand. *Mushi* 42(8):89-117.
83. Okuma C. and T. Wongsiri. 1973. Second report on the spider-fauna of the paddy fields in Thailand. *Mushi* 47(1):1-17.
84. Ôtake, A. 1967. Studies on the egg parasites of the smaller brown planthopper, *Laodelphax striatellus* (Fallen) (Hemiptera: Delphacidae). I. A device for assessing the parasitic activity, and the results obtained in 1966. *Bull. Shikoku Agric. Expt. Stn.* 17:91-103.
85. Ôtake, A. 1970. Studies on the egg parasites of the smaller brown planthopper, *Laodelphax striatellus* (Fallen) (Hemiptera: Delphacidae). IV. Seasonal trends in parasitic and dispersal activities with special reference to *Anagrus* nr. *flaveolus* Waterhouse (Hym.: Mymaridae). *Appl. Ent. Zool.* 5:95-104.
86. Ôtake, A. 1970. Estimation of the parasitism by *Anagrus* nr. *flaveolus* Waterhouse (Hymenoptera: Mymaridae). *Entomophaga* 15:83-92.
87. Ôtake, A. 1976. Trapping of *Anagrus* nr. *flaveolus* Waterhouse (Hymenoptera: Mymaridae) by the eggs of *Laodelphax striatellus* (Fallen) (Hemiptera: Delphacidae). *Physiol. Ecol. Japan* 17:473-475.
88. Ôtake, A. 1976. Natural enemies of the brown planthopper, *Nilaparvata lugens* Stål (Hemiptera: Delphacidae). Mineographed paper, TARO, Japan.
89. Ôtake, A. and N. Hokyo. 1976. Rice plant-and leafhopper incidence in Malaysia and Indonesia.....Report of a research tour Jan. to Mar. 1976. *Shiryo, TARC* (33):1-64.
90. Ôtake, A., P. H. Somasundaram and M. B. Abeykoon. 1976. Studies on populations of *Sogatella furcifera* Horvath and *Nilaparvata lugens* Stål (Hemiptera: Delphacidae) and their parasites in Sri Lanka. *Appl. Ent. Zool.* 11(3):284-294.
91. Padua, L. E. and B. P. Gabriel. 1975. Coconut water as culture medium for *Entomophthora coronata*. *Philipp. J. Biol.* 4:17-22.
92. Padua, L. E., B. P. Gabriel and A. Varea. 1975. Field performance of *Entomophthora coronata* isolate as compared to MIPC against the brown planthopper, *Nilaparvata lugens* (Stål). *Plant Prot. News* 4(2):21 (abstract only).
93. Paik, W. H., J. Namkoong and H. K. Kim. 1974. A list of spiders collected in the rice paddy at Milyang. *Korean J. Plant Prot.* 13:24.
94. Pathak R. K. and S. P. Saha. 1976. Mirids as predators of *Sogatella furcifera* and *Nilaparvata lugens* in India. *Rice Ent. Newsl.* 4:20-21.
95. Pawar, A. D. 1975. *Cyrtorhinus lividipennis* Reuter (Miridae-Hemiptera) as a predator of the eggs and nymphs of the brown planthoppers and green leafhoppers in Himachal Pradesh, India. *Rice Ent. Newsl.* 3:30-31.
96. Penberton, C. G. 1937. *Entomology. Rept. Comm. Exp. Sta. Hawaii. Sug., Pl. Ass.* 1936. p. 20-27.
97. Samal, P. and B. C. Misra. 1975. Spiders: The most effective natural enemies of the brown planthopper in Rice. *Rice Ent. Newsl.* 3:31.
98. Sasaji, H. 1968. Coccinellidae collected in the paddy fields of the Orient, with descriptions of new species (Coleoptera). *Mushi* 42:119-132.

99. Shibuya, M. 1956. Effect of organic phosphorous insecticides applied for rice stem borer control on the leafhopper-association in paddy field. Mem. Fac. Agric. Kagoshima 2(2):145-152.
100. Shimada, K. 1972. On Dorilaid parasite of the green rice leafhopper (In Japanese) Proc. Ass. Plant Prot. Kyushu 18:41-43.
101. Stapley, J. H. 1975. The problem of the brown planthopper (*Nilaparvata lugens*) on rice in the Solomon Islands. Rice Ent. Newsl. (2):37.
102. Stapley, J. H. 1976. The brown planthoppers and *Cyrtorhinus* spp. predators in the Solomon Islands. Rice Ent. Newsl. 4:15-16.
103. Suenaga, H. and S. Takeuchi. 1952. Ecology of *Cyrtorhinus lividioennis* and its seasonal prevalence). in "(the 1951 report on rice planthoppers and their natural enemies)" Hainuzuka, 2nd Lab. Ent. Kyushu Agric. Expt. Stn., pp. 21-26 (In Japanese: mimeographed).
104. Swezey, O. H. 1936. Biological control of the sugar cane leafhopper in Hawaii. Hawaii. Plant Res. 49:57-101.
105. Takahashi, Y. and K. Kiritani. 1973. The selective to toxicity of insecticides against insect pests of rice and their natural enemies. Appl. Ent. Zool. 8(4): 220-226.
106. Usinger, R. L. 1946. Hemiptera (Heteroptera of Guam). In Insects of Guam. Bernice Pauahi Bishop Mus. Bull. 189:11-104.
107. Wan, M. T. K. 1972. Observations on rice leaf and plant hoppers in Sarawak (Malaysian Borneo). Malaysian Agri. J. 48(4):308-335.
108. Yasumatsu, K. and T. Torii. 1968. Impact of parasites, predators, and disease on rice pests. Ann. Rev. Ent. 13:295-324.
109. Yasumatsu, K. and C. Watanabe, 1965. A tentative catalogue of insect natural enemies of injurious insects in Japan. pt. 2. Host parasite-prredator catalogue: 7-8. Ent. Lab., Fac. Agr., Kyushu Univ, Fukuoka, Japan.
110. Yasumatsu, K., T. Wongsiri, S. Navavichit and C. Tirawat. 1975. Approaches toward an integrated control of rice pest. pt. I. Survey of natural enemies of important rice pests in Thailand. Plant Prot. Serv. Tech. Bull. No. 24, 21 pp. Dept. Agric., Thai. Ministry of Agric. Co-operatives and UNDP 9/FAO THA 68/526.

The Natural Enemies of Green Leafhopper and Brown Planthopper

Shui-chen Chiu

Department of Applied Zoology, Taiwan Agricultural Research
Institute, Wufeng, Taichung, Taiwan 431

Summary

The natural enemies of rice green leafhopper and brown planthopper have long been considered to play an important role in suppressing the hopper populations. Many of them are normally present in the paddy fields and some species have shown great potential in controlling population density of the rice hoppers. Unfortunately, the natural enemies of rice hoppers have been much less studied than those of rice stem borer.

There are about 114 species of natural enemies of rice brown planthopper (*Nilaparvata lugens* Stål) and green leafhopper (*Nephotettix cincticeps* Mots.) reported from the southeast Asian countries, including 63 species of parasitoids and 51 species of predators. Among them, 39 species have been reported in Taiwan, with 22 species being parasitoids and 17 species predators.

Parasitism is generally recognized as less important than predatism in causing hopper mortality. However, the combined effect of several parasitoids in a sequential parasitization attack during the development of hopper outbreak, with various parasitoids predominating at different rice growing periods and attacking the hoppers at different developmental stages can be highly effective. Meanwhile, the egg parasitism of rice hoppers is possibly under-estimated because of inadequate sampling and calculating techniques. Therefore, it is suggested that parasitism may be more important than we thought in the past.

Predators are considered to be more important in controlling rice hoppers because of the abundance of predatory insects, spiders and others in the paddy fields. The present problem is how to conserve these predators and augment their effect in suppressing the population of rice hoppers during rice growing seasons.

Past experience indicates that when chemical control is over

emphasized it could disrupt the natural balance between natural enemies and crop pests which results in a greater proportional loss of the natural enemies and a quick resurgence of the pests. Consequently, the effects of insecticides on the natural enemies have caused great concern of entomologists working on pest control program. In Taiwan, the use of selective insecticides at low rates for hopper control without destroying their natural enemies has received serious consideration only recently.

Experimental results indicate that predacious spiders in the paddy fields are generally susceptible to insecticides. Carbamate insecticides have proved to be as toxic as, or even more than, the phosphates. The mortality rate of *Lycosa* spider found as high as 80% or higher 72 hrs after treatment with Hokbal or Ortho-Bux 2. It was 30% or more with BPMC, MPMC, MIPC or Carbamult treatment. *Oedothorax* spiders were more tolerant to insecticides tested. 75% Orthene SP, 60% Azodrin S, 30% MTMC EC, 85% Sevin WP, 5% Lebaycid G and 5% Disyston G seemed to be comparatively safe for the *Lycosa* and *Oedothorax* spiders. In addition, all insecticides tested showed a higher toxicity to another hopper predator, *Cyrtorhinus* mirid, than to the spiders. The mortality rate of the mirid bug was 100 per cent 24 hrs after treatment with the organophosphate and carbamate insecticides. Granular insecticides are often thought to be comparatively harmless to the free-living natural enemies. However, some granular insecticides such as Furadan G and Terracur-P G, either by contact or through food-chain, showed higher toxicity than γ -BHC to the predacious spiders. Consequently, the use of a low rate of selective insecticides for hopper control without at the same time destroying their natural enemies must be considered.

It has also been recommended that maintaining a favorable condition in the paddy fields for the rapid multiplication of predators is of benefit to the hopper control. The feasibility of including natural enemies in an integrated control program to make possible of regulating the population of rice hoppers in the paddy fields must be carefully tested and its value in an actual control program evaluated.

邱人璋主編

水稻病蟲害：生態學與流行學

農復會1978年12月刊行 p. 83—111。

積穀害虫之生態¹

謝豐國·高穗生²

目 錄

- 一、前言
- 二、主要積穀害虫種類
- 三、生態
 - (一)穀物害虫之發生與分佈
 - (二)溫度
 - (三)濕度
 - 1. 穀物含水量和相對濕度的關係
 - 2. 倉儲期間水分的移動
 - 3. 安全貯藏的水分含量
 - (四)食物
 - (五)氣體組成
 - (六)大氣壓力
 - (七)光照
 - (八)環境因子之聯合作用
- 四、結語
- 五、參考文獻
- 六、英文摘要

一、前 言

穀物係季節性與區域性之農產品，收成之後尚需經過適當之脫穀、乾燥、轉運及儲藏等處理，以便維持人類對其持續性之需求與消費。在這段處理的過程中損失情形相當可觀（見表一）⁽⁸⁴⁾。其中倉儲期間的損失比例甚高；據 FAO 1975⁽³⁹⁾年估計，每年穀物倉儲期之損失量約為 10%，而虫害損失約佔 5%，計五千五百萬噸⁽⁵⁰⁾。臺灣地區早年之估計稻穀儲藏四個月以上者，其虫害損失量約為 6%⁽⁸⁾，近年之調查證實倉儲 1~4 個月以上之雜糧虫害損失量為 0.3~3.9%⁽⁸⁾。

1 臺灣植物保護中心昆蟲組綜合論述第16號

2 臺灣植物保護中心昆蟲組技正及助理

表 1 東南亞地區稻米操作加工過程中量之損失估計 (Spurgeon, 1976)⁽⁸⁴⁾
 Table 1. Estimated percent losses during the handling and processing of rice in Southeast Asia

操 作	損失範圍 (%)
收 穫	1-3
搬 運	2-7
脫 殼	2-6
乾 燥	1-5
貯 藏	2-6
碾 製	2-10
總 計	10-37

表 2 不同穀物在倉儲期間之損失估計 (Hall, 1970)⁽⁴⁴⁾

Table 2. Estimated range of crop losses from a variety of causes in the postharvest system in different countries during storage

穀 物	國 家	重量損失 (%)	貯藏期 (月)
豆 類	上 伏 塔	50-100	12
	塔 尙 尼 亞	50	12
	迦 納	9.3	12
玉 米	桑 比 亞	90-100	12
	Benin	30-50	5
	美 國	0.5	12
稻 米	馬 來 西 亞	17	8-9
	日 本	5	12
	阿 拉 伯 聯 合 共 和 國	0.5	12
高 梁 未 脫 殼 者	奈 及 利 亞	2-62	14
	美 國	3.4	12
小 麥	奈 及 利 亞	34	24
	印 度	8.3	12
	美 國	3.0	12

至於倉儲期受害損失量及品質變異情形，則因穀物種類、地區、儲藏期而有所差異^(44, 84)，且與倉儲條件之好壞和管理方式之優劣關係極為密切：可由表二得窺一斑，表列之損失有高達 100%者（桑比亞），亦有低至 0.5%者（美國），後者顯係先進國家倉庫設備良好與管理完善所使然。

倉儲穀物是一個鉅大的生物複合體（Bio-complex），棲息此生態系中之有害生物，其生長、發育均受環境條件之影響⁽⁸⁸⁾，尤以溫度、濕度與食物等最為重要。溫度可影響昆蟲代謝率、生長、發育、生殖力、壽命、行為及分佈^(5, 6)；濕度具有與溫度相當之影響力，其與溫度聯合作用可對昆蟲產生不同之生物效應，又可平衡穀物含水量（Moisture content），而直接影響倉儲害虫之生活史與穀物受害損失^(14, 43)；至於食物方面譬如穀物之形態，物理性及化學性，亦可影響倉儲害虫棲羣之增加率及為害損失^(14, 43)。此外，其他生態因子如氣體組成分、大氣壓和光照等亦可影響昆蟲之生育及其為害。因此為了減少病虫害之發生與危害，對於倉庫害虫之生態應作深入研究與瞭解，進而應用生態防治法，將環境或生態因子予以適當之操縱或調節，並改善倉儲管理，始能奏功。

二、主要積穀害虫種類

積穀害虫發源於盛產穀類之地區，在人類尚未集中種植穀物以前，象鼻虫類（Weevils）及麥蛾類（Angoumois grain moths）已在田間野生作物或其種子中發生。當人類開始儲存穀物時，此等昆蟲即自然而然地進入穀倉。全世界估計有近千種害虫與倉儲物品有關⁽⁴⁹⁾，至今經鑑定之積穀害虫已有數百種。臺灣則約有 65 種⁽¹⁾，大致可分為四種：即 1. 主要害虫（Major pests）2. 次要害虫（Minor pests），3. 偶發害虫（Incidental pests）及 4. 積穀害虫之寄生者或捕食者（Parasites and predators），其中在熱帶地區嚴重為害積穀者，計有十餘種（見表三）⁽⁴⁴⁾。臺灣地區之主要糧倉害虫亦有十種（見表四）⁽⁶⁾，皆可為害主要豆穀物。嚴重為害穀物種實（kernel）內部，並在其中發育者，包括穀象〔*Sitophilus granarius* (L.)〕、米象〔*S. oryzae* (L.)〕、玉米象（*S. zeamais* Motschulsky）、穀蠹〔*Rhyzopertha dominica* (F.)〕及麥蛾〔*Sitotroga cerealella* (Oliver)〕等。嚴重為害並發育於種實外部及粉屑者，包括擬穀盜〔*Tribolium castaneum* (Herbst)〕扁擬穀盜（*T. confusum* Duval）、鋸胸粉扁虫〔*Oryzaephilus surinamensis* (L.)〕、扁虫類〔*Cryptolestes* spp〕、大穀盜〔*Tenebriodes mauritanicus* (L.)〕、穀斑皮蠹、（*Trogoderma granarium* Everts）、印度穀蛾〔*Plodia interpunctella* (Hübner)〕、粉斑螟（*Ephestia cautella* Walker）及穀蟎（*Acarus siro* L.）等⁽³⁷⁾。上述重要種類之基本生物習性，已有許多記載^(37, 47, 62)。

三、生態

積穀害虫對溫度、濕度、食物及其他環境因子，有一定之適應與需求，此等

表 3 熱帶地區主要倉庫害虫 (Hall, 1970)⁽⁴⁴⁾
Table 3. Major storage insect pests in the tropics

害 蟲 種 類	中 名 學 名	受 害 倉 儲 物
象鼻蟲類	<i>Sitophilus</i> spp.	玉米、高粱、小麥、米穀
穀 蠹	<i>Rhyzopertha dominica</i> (F.)	米穀、小麥、玉米、樹薯
穀斑皮蠹	<i>Trogoderma granarium</i> Everts	玉米、小麥、高粱、米、豆類、油料種子 (oil seed) 和油料種子餅 (oilseed cake)
粉扁蟲類	<i>Oryzaephilus</i> spp.	玉米、小麥、米、油料種子、乾果
擬穀盜類	<i>Tribolium</i> spp.	玉米、小麥、麵粉、花生、粉料類、乾果、可可、動物飼料
豆 象 類	<i>Callosobruchus</i> spp.	豇豆、格蘭姆豆 (gram)
	<i>Acanthoscelides oblectus</i> Say	} 豆類
	<i>Zabrotes subfasciatus</i> Boh.	
	<i>Caryedon serratus</i> Ol.		花生
鏗節蟲類	<i>Dermestes</i> spp.	乾魚
烟草甲蟲	<i>Lasioderma serricorne</i> (F.)	可可、樹薯
扁 蟲 類	<i>Cryptolestes</i> spp.	玉米、米、花生、可可、麵粉
	<i>Laemophloeus pusillus</i> Sch.	
麥 蛾	<i>Sitotroga cerealella</i> Ol.	玉米、小麥、穀、高粱
粉 斑 螟	<i>Ephestia cautella</i> Walk.	花生、米、玉米、小麥、可可、高粱
印度穀蛾	<i>Plodia interpunctella</i> Hubn.	玉米、花生、乾果
外米綴蛾	<i>Corcyra cephalonica</i> Staint	玉米、小麥、米、高粱、花生

因子直接影響害虫之發生、分佈、豐度及其為害程度等⁽⁴⁵⁾，茲分述如下：

(一) 積穀害虫之發生與分佈

新收成之穀物，進倉不久，隨即發現害虫，考其原因可將之歸為下列數種：新穀未入倉前，倉庫中之牆壁及地板之裂縫罅隙中，或穀蠹與大穀盜作成之隧道或洞孔內，已有害虫潛伏；害虫潛伏於碾米機、升運機、輸送機、包裝袋等器具內；由田間隨着收穫物進入穀倉；由受害地區輸入飼料或種子，害虫藉運送而廣為傳佈；或於運輸過程中之火車、輪船、卡車之縫隙藏有害虫；新穀與舊穀雜陳，隱匿於舊穀之害虫即行入侵，或由田間受害稻穀、倉庫之雜物、粉屑、落穀之果積物或其他倉庫飛行遷入。

一般而言，在寒帶地區穀物之生長期較短，穀物收成後即儲入糧倉使其自然乾燥，由於冬季氣溫低，害虫多半不致嚴重發生，此等穀物往往於受害前即被消費。而在溫帶及熱帶地區，由於氣候較溫暖，穀物之生長季亦較長，收成後可能

表 4 臺灣地區主要糧倉害虫及蟎類 (謝及高, 1976)⁽⁷⁾

Table 4. Major storage insects and mites in Taiwan

害 蟲 種 類	受 害 倉 儲 物
中 名 學 名	
玉 米 象 鼻 蟲 <i>Sitophilus zeamais</i> M.	米穀、大小麥、玉米、高粱、豆類
穀 蠹 <i>Rhyzopertha dominica</i> F.	米穀、小麥、玉米、豆類、甘藷筴
擬 穀 盜 <i>Tribolium castaneum</i> H.	米穀、小麥、麵粉、高粱、大豆、 玉米、花生、甘藷筴、餅乾
大 穀 盜 <i>Tenebrioidea mauritanicus</i> L.	米穀、麥、玉米、高粱、甘藷
角胸粉扁蟲 <i>Cryptolestes ferrugineus</i> (Steph.)	米穀、麥、玉米
穀 斑 皮 蠹 <i>Trogoderma granarium</i> E.	雜糧、稻穀
麥 蛾 <i>Sitotroga cerealella</i> (Ol.)	積穀，大小麥
穀 蛾 <i>Tinea granella</i> L.	米穀、麥、玉米、高粱、花生、粉 料
粉 斑 螟 蛾 <i>Ephestia cautella</i> W.	米穀、大豆、麥、甘藷、麵粉
粉 蟎 <i>Tyroglyphus farinae</i> (De Geer)	粉料、魚粉、酵母、餅乾、種子、 小麥、中藥藥材

在田間乾燥，故較易遭致虫害。

大宗積穀中昆虫的分佈受到許多因素之影響，積穀害虫中之蛾類昆虫相當脆弱，故其為害多局限於表層穀物；而象鼻蟲及穀盜之類，則在穀物中自由移動，故其分佈深受溫度、濕度及累積穀糠之影響⁽³⁷⁾。早年觀察由於溫度之影響，倉儲小麥之害虫，僅限於表層 4~5 英吋及在底層深數英吋之處⁽²³⁾。大宗散裝積穀中的高溫，部分係由昆虫之代謝作用所引起，其產生之二氧化碳、水和蒸氣，致使糧倉內發生熱點 (Hot point) 及溫度階梯 (Temperature gradient)，此種高溫往往導致昆虫死亡或迫使其移動至表層穀物較涼之處^(47,81)。

糧倉穀物害虫，尤以金屬筒倉穀物害虫之分佈，受溫度之影響甚鉅。在春、夏、秋三季，散裝穀物之害虫，多半集中於穀倉上半部，而在冬季中期害虫則大致集中於下半部。又在夏季中期昆虫多分佈於穀物各角落，而在冬季中期，其分佈則近於南邊角落之積穀中。有時高溫處或熱點附近可發現較多之昆虫聚集；有時濕熱却可吸引某些偏濕性之昆虫種類。當大宗穀物各處形成不同溫度時，濕氣往往由暖區移至涼區，亦即水分由穀物內層轉移而使表層穀物變潮，甚而霉腐，此時經常誘引腐食性及菌食性之昆虫如毛菌甲虫 (Hairy fungus beetle) 及背圓粉扁虫 (Foreign grain beetle)。在溫帶地區，較耐寒性之粉扁虫類及鋸胸穀盜，因冬季存活數較多，而於翌春首先遷入新倉小麥中⁽³⁷⁾。

(二)溫度

溫度是所有生物發育的決定因子，其影響和水蒸氣含量有相關性：當溫度上升時，大氣中水蒸氣之相對含量即減少。溫度可使積穀害虫不活躍或阻止其取食而間接促其死亡。昆虫的發育因溫度的上升而增加其速率，但只到 42°C 為止，在此水平，大多數的昆虫若暴露一段長時間，則會致死。而溫度低於 15°C 則可有效地延遲害虫的發育和生殖，如在 10°C 延長一段時間，能使大多數昆虫致死。當溫度升高達 50°C 時，儲穀呼吸停止，生機喪失，但由於真菌和細菌的發育（和呼吸），更進一步的變化和破壞仍在繼續，直到到達 80°C 時為止（見圖一）⁽⁴⁴⁾。

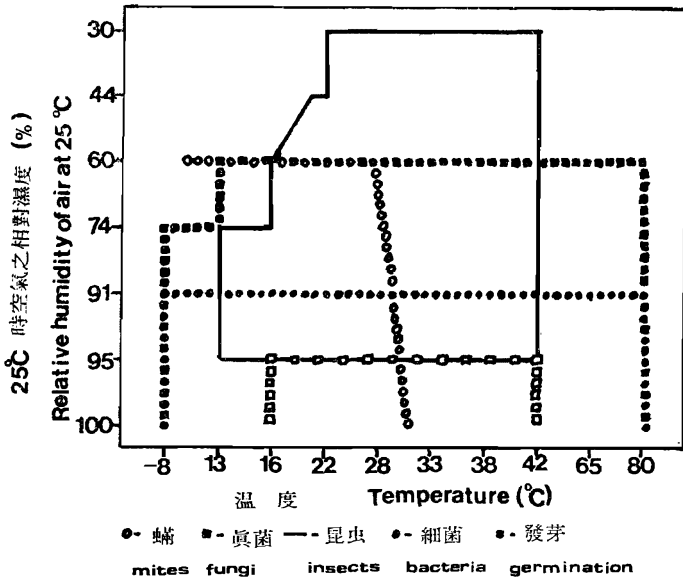


圖 1. 蟲、蠕、菌增殖及穀物發芽之一般溫濕度限界 (Hall, 1970)⁽⁴⁴⁾

Fig. 1. General limits of temperature and relative humidity for the multiplication of biological agencies

一般而言，害虫致死高溫 (Lethal high temperature) 僅較最高溫度高數度而已^(5, 42)，且次致死高溫 (Sublethal high temperature) 對害虫有不孕的影響，因在此條件下，會發生不孕性雌虫⁽⁴⁴⁾。溫度高於 37.8°C 通常使大部分積穀害虫致死，惟 55°C 時穀粉蟎 [*Acarus siro* (L.)] 仍可生存於發酵之菸草中⁽⁶⁰⁾。儲穀中溫度高達 66°C 維持 4 分鐘 (或 60°C, 10 分鐘或 49°C, 20 分鐘) 所有各種齡期的虫隻皆被殺斃⁽⁴⁴⁾。故此等溫度似可應用於穀物之熱處理，以殺却積穀害虫。

至於降低溫度以確保倉儲穀物的安全，是一個全世界都在使用的方法^(64, 91)，低溫壓抑儲穀中微生物相的發育，因大多數倉儲真菌主要由喜好中溫之種類

(Mesophilic species) 組成，而抗寒性 (Psychrophilic) 的種類則十分稀少，故低溫在阻止微生物相之發育上，效果頗為顯著⁽²⁰⁾。Christesen and Kaufman (1965)⁽³⁴⁾指出穀堆中的溫度，若能維持 5~10°C，即可確保穀物免受霉菌的侵害。文獻中的資料顯示，穀物含水量雖高達15%，若能調節倉儲條件使溫度在 10°C 或 10°C 以下，即可安全的保藏穀物。

為害儲穀的害虫和為害生長中植物的其他害虫生態環境不同，倉儲穀物的絕緣性，對害虫惟一有利的因素係提供抵抗特殊之環境障礙 (Environmental barrier)，因此倉庫害虫對低溫之抵抗力甚弱：害虫對低溫的抵抗力，早期即有報告 Cotton (1950)⁽³⁵⁾曾詳列主要積穀害虫於低溫範圍內致死所需時間，在 -17.8~-15°C 時，大部分於 1 日之內全數死亡，因為低溫成爲必須進行冬眠 (Winter hibernation) 的本地或引入昆虫分佈的惟一限制因子。

論及低溫抑制害虫效果之資料，在在皆是。因大多數的害虫皆源自熱帶或亞熱帶地區，其對中度的冷卻亦敏感⁽²⁶⁾ (見表五)。一般穀溫高於 21.1°C 時，可

表 5 積穀害虫生長最適溫及於最佳食物中需 100 天方能完成其發育 (從產卵再次成爲成虫) 之安全溫度 (Burgess and Burrell, 1964)⁽²⁶⁾

Table 5. Optimum temperature for rapid insect growth, and the temperature at which the development cycle takes 100 days on one of the best foods for each species

中 名	英 名 及 學 名	最 適 溫 (°C)	安全溫度 (°C)
鋸胸粉扁蟲	Saw-toothed grain beetle, <i>Oryzaephilus surinamensis</i>	34	19
穀 象	Grain weevil, <i>Sitophilus (Calandra) granarius</i>	28-30	17
角胸粉扁蟲	Rust-red grain beetle, <i>Cryptolestes (Laemophloeus) ferrugineus</i>	36	20
擬 穀 盜	Rust-red flour beetle, <i>Tribolium castaneum</i>	36	22
扁 擬 穀 盜	Confused flour beetle, <i>Tribolium confusum</i>	33	21
穀 斑 皮 蟲	Khapra beetle, <i>Trogoderma granarium</i>	38	22
米 象	Rice weevil, <i>Sitophilus (Calandra) oryzae</i>	29-31	18
穀 蠹	Lesser grain borer, <i>Rhyzopertha dominica</i>	34	21
扁 蟲	Flat grain beetle, <i>Cryptolestes pusillus (= minutus)</i>	32	19

預測昆虫對積穀之嚴重為害，低於 21.1°C 時，則其嚴重危害似可免於發生⁽³⁷⁾。

Burgess and Burrell (1964)⁽²⁶⁾提出之安全溫度範圍為 17~22°C，在溫帶地區，欲使穀堆以通氣方法達成此溫度，並非難事，且已成爲產穀地區的國家普遍採用之管理方法⁽⁴⁶⁾，在以色列⁽⁷⁰⁾經廣泛的實驗之後，此種系統已納入實際應用。在英國^(26, 27)、澳洲昆士蘭⁽³⁸⁾和以色列^(28, 71, 72, 73)曾以冷凍機械 (Chilling units)

產生之冷空氣，來作穀物的通氣。

故降低穀堆中之溫度，以保存穀物，毫無疑問的是一個頗有前途的方法，但需更進一步的研究，以澄清某些問題，諸如在冷的穀堆中，昆虫相組成之可能改變⁽⁷⁰⁾，和由於害虫對低溫馴化作用 (Acclimation) 而產生的抗寒性^(82,83) 等問題。

②濕度

濕度是穀物能否安全儲藏的關鍵，生物的活動僅在有濕氣的情形下發生，生物活動之最低濕氣需求量，則因生物不同各異：種子發芽需要相當的水分，例如豆類浸水 24~48 小時後開始發芽。而適合細菌的發育條件，所需水分較種子發芽為少，真菌和蟎類發育所需水分更少，而昆虫的發育最少。

在一定範圍內，穀物含水量增加，有利於昆虫數目之快速增長；超過該範圍，微生物則取而代之，使昆虫數目驟然降低或不復存在。此外，若穀物含水量低，則昆虫所需水分，只得取自食物攝入體內後之分解，或取自體內脂肪組織。

1. 穀物含水量和相對濕度的關係

穀物是感濕性 (Hygroscopic) 物體，大氣濕度的變化，直接影響穀物吸濕之程度。外界濕度愈高，穀物內部所能吸收或保存之水分也愈多，於是倉儲穀物乃開始回潮，此種回潮現象，最後將在不同溫度與相對濕度之條件下，維持平衡狀態⁽⁴⁴⁾。每一種儲穀都有其特殊的平衡曲線，圖二即為臺南 5 號稻穀之含水量，在不同相對濕度及不同儲存期中之平衡曲線⁽⁹⁾。其他稻穀品種之濕度平衡曲線如圖三⁽⁴⁰⁾。且相對濕度因溫度和空中水分含量而定，若溫度增加而水分含量保持一定，則相對濕度下降，至於相對濕度的減少，與溫度變化的關係見表六⁽⁴⁴⁾。

2. 倉儲期間水分的移動

穀物雖經乾燥後儲藏，但仍會發生腐敗現象，此種腐敗是由於袋裝穀物之堆棧中，或散裝穀物發熱，產生溫度階梯 (Temperature gradients) 而導致水分之移動所致。穀物和外空氣之溫度差異，可經由倉房或筒倉 (特別是由金屬所構成) 之牆壁得以交換，因而形成了倉內水分的移動現象。

穀物發熱有兩種型態：(1) 乾穀發熱或昆虫引起之發熱，即大約在含水量低於 16% 之穀物發生，其結果可使溫度升高至 24° C⁽⁷⁹⁾；(2) 濕穀發熱，即大約在含水量高於 15% 之穀物發生，可達 62° C 之高溫⁽⁸⁰⁾。此兩種發熱有時可同時發生於倉儲穀物，乾穀發熱亦可能逐漸被濕穀發熱所取代。然而一般認為熱度的來源多半由昆虫之代謝作用引起，而由穀物或微生物之代謝作用引起的熱度，並不足以明顯地使溫度升高⁽⁸⁷⁾。

當昆虫產生之代謝熱量超過熱量本身的散發作用時，遂形成熱點 (Hot point)；局部溫度升高，可增加昆虫之代謝作用，並加速其棲羣增殖，因而代謝作用之熱量繼續增加。由於穀物的熱傳導度 (Thermal conductivity) 低，溫度影響了穀堆外部，但傳導至中心部分的速度緩慢，在穀堆中央的穀物溫度，因害虫的出

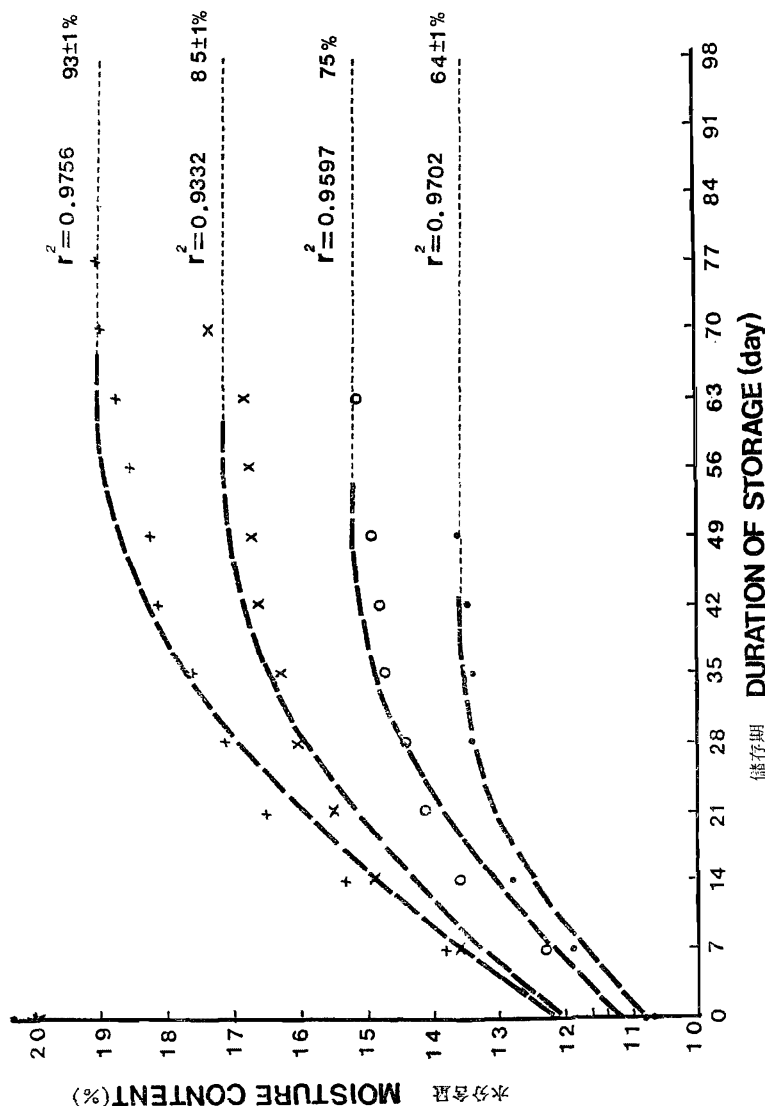


圖 2. 稻穀含水量於不同相對濕度與不同儲存期中之變化 (謝等, 1978)⁽⁹⁾
 Fig. 2. Changes of the moisture content of rice under various relative humidity conditions during storage

現而增高，此種溫度很緩慢地才能和外邊的穀物交換，如此形成了溫度梯階，此時昆蟲之成蟲，即移動至熱點周圍外，因此又增加了它的範圍，常使幼蟲在穀實中死亡⁽⁴⁷⁾。此種溫度階梯在穀物中生產了對流空氣 (Convection currents)，同時使得水分由高溫處移動到低溫處。當空氣冷卻，其相對濕度增加，而到達飽和點，過多的水分即附在較涼穀物之表面⁽⁵⁵⁾，水分含量局部增加，使得真菌得到有利發育的條件，導致更進一步的腐敗。

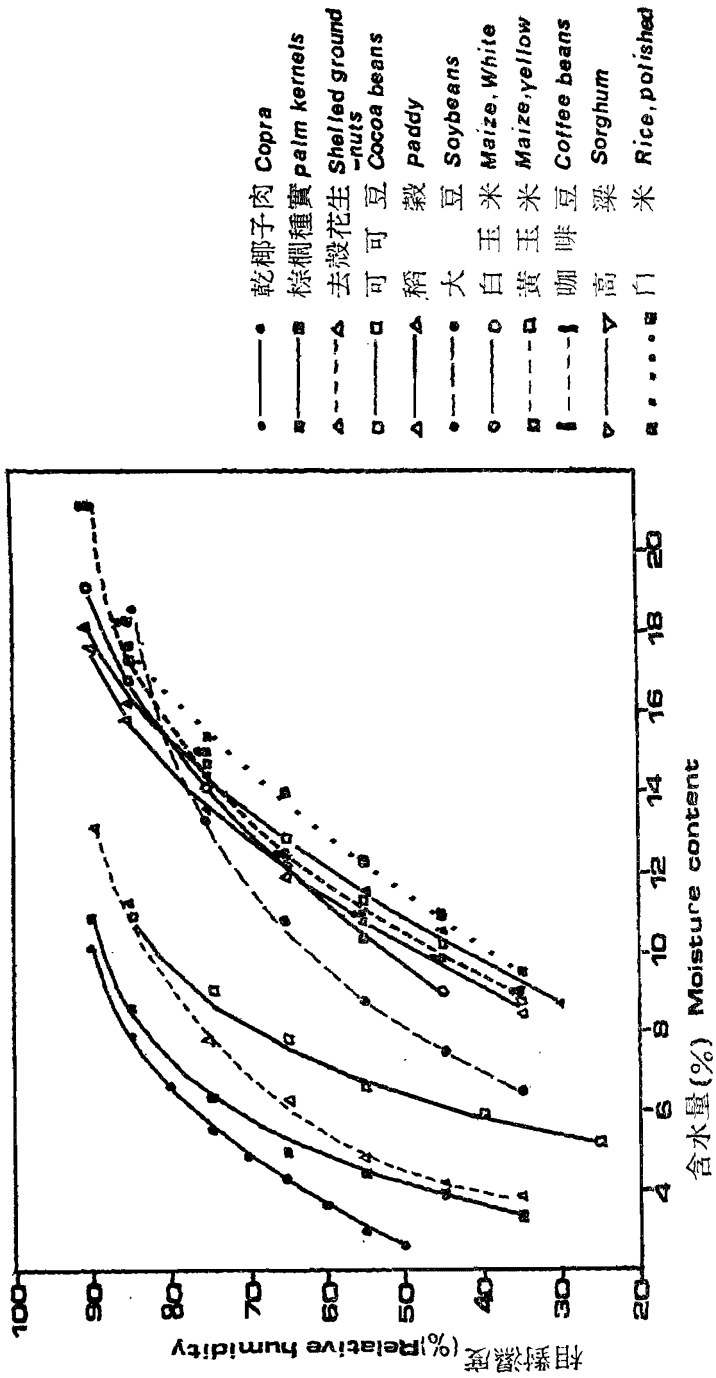


圖 3. 穀物水分含量與相對濕度之平衡曲線 (Hall, 1970) (4)

Fig. 3. Moisture content/relative humidity equilibrium curves

表6 溫度上升導致相對濕度下降之情形 (Hall, 1970)⁽⁴⁴⁾

Table 6. Reduction in relative humidity resulting from an increase in temperature

空氣溫度 Air temperature (°C)	溫度增加 Temperature increase (°C)											
	0	6	11	17	22	28	33	39	45	50	55	61
43	95*	72	55	42	33	26	21					
38	95	71	53	40	31	24	19	15				
32	95	70	52	40	30	23	18	14	12			
27	95	70	50	38	29	22	17	13	10	8		
21	95	69	49	36	27	21	16	12	9	7	6	
15	95	67	49	36	26	19	14	11	9	7	5	4
10	95	66	47	32	24	18	13	10	8	6	4	4
4	95	64	45	31	22	16	12	9	7	5	4	4

* Percentage

3. 安全儲藏的水分含量

當穀物貯藏之前，必須得知其水分含量，因儲藏物之損害和穀物水分含量有頗為重要的關係。倉庫紀錄絕對不能沒有此項資料。至於溫度、相對濕度、水分含量影響穀物發芽及真菌與昆蟲的發熱情形即如圖四所示⁽⁴⁴⁾。

穀物含水量若高過相對濕度70%時之平衡水分含量，則不適儲藏。在 27°C 及相對濕度70%之情況下，某些穀物水分含量平衡情形見表七⁽⁴⁴⁾。雖然表七是儲穀可接受的水分含量之參考指標，但穀物品種不同，談及水分含量時，其儲藏特性亦有所差異。例如黃玉米和白玉米之平衡值有 1.5%之差異，低溫地區水稻品種，其安全儲藏最高含水量，由於品種不同（矽含量，稈的形式和厚度）而有 1%之差異等。某些豆類（如咖啡豆）在加工時期，其種子仍保有生機者，保存於相對濕度70~80%時，真菌不能發生，但如種子已死亡，則在70%時，霉菌即能發育⁽⁴⁴⁾。

濕度對倉儲生物發育所扮演的角色，已為人熟知，將穀物乾燥，使其水分含量低於臨界限度之下，是阻止微生物危害的傳統方法。但是降低濕度對防治倉庫害虫而言，並非一種有效方法，害虫可於相當乾燥的條件下存活。昆虫對水分需求及其調節所需水分的能力，因種類而異。Cotton (1954)⁽⁸⁶⁾發現米象在穀物含水量低於 9%時不能繁殖，但穀蠹可在高溫下，水分含量 8%的麥中繁殖。其他種類諸如擬穀盜、穀斑皮蠹，如表八所示，所需濕度更低，因而使得防治發生困難，然而降低濕度，同時改變其他環境條件，則可能有較佳的結果。

(四) 食物

食物之種類能改變害虫之生殖力、壽命或發育速率，而影響其生存與繁殖。穀物之質與量，對積穀害虫均極為重要，在自然棲羣中，穀物之品質，能影響害

表 7 70%相對濕度時穀物含水量之平衡值 (Hall, 1970)⁽⁴⁴⁾
(溫度約為 27°C 時)

Table 7. Moisture content equilibrium values at about 27°C for a range of produce at 70% relative humidity, the maximum acceptable level for storage for any sample

相對濕度70%之平衡含水量		
玉	米	13.5
小	麥	13.5
高	粱	13.5
小	米穀	16.0
稻	穀	15.0
米		13.0
豆		15.0
豆	類	15.0
花	生	7.0
棉	籽	10.0
可	豆	7.0
乾	子	7.0
椰	肉	7.0
棕	種	5.0

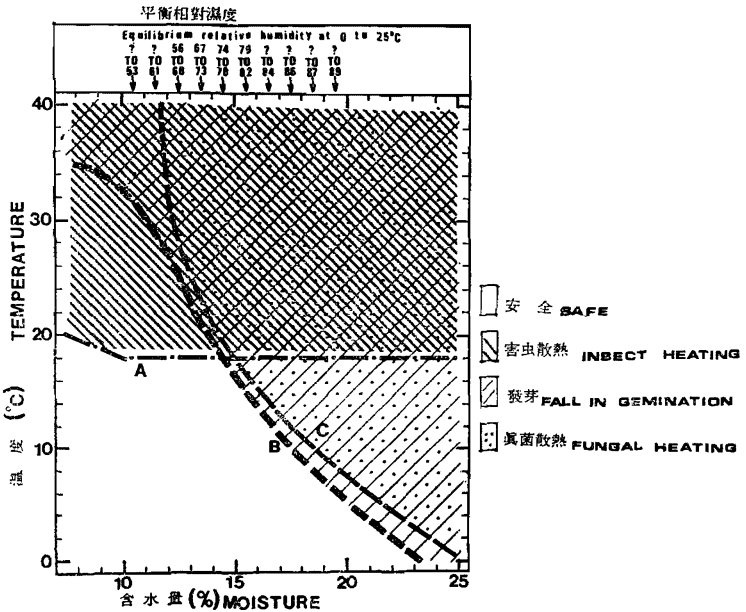


圖 4. 安全儲藏之溫度、相對濕度及穀物含水量 (Hall, 1970)⁽⁴⁴⁾
Fig. 4. Relationship of storage temperature, relative humidity and grain moisture content to insect heating, reduction in germination and damp grain heating

虫之真正增殖率。營養要素及食物之有無，有時可改變溫濕度之影響力，穀實磨成粉後，水分含量即使低於適當含量，亦可被一些原來在穀物中不能發育之幼虫取食利用，有些昆虫甚且可在水分大半除去之麵粉中發育。Frankel and Blewett⁽⁴¹⁾發現扁擬穀盜及地中海粉螟 (*Ephestia kuehniella* Zell.) 僅利用代謝水分，可在水分極低的食物中發育，因為在含水量較低穀物情形下，該兩種昆虫可取食更多的食物，以產生水分及單位體重，同時幼虫期有延長，及蛹重有減輕之現象發生。

穀物中之碎穀、穀屑或夾雜物 (Dockage) 不僅可吸引昆虫，且是某些昆虫生存的必需物、例如擬穀盜即較喜歡含有夾雜物之小麥，且在其中生殖力迅速增加，故髒小麥 (Dirty wheat) 比淨小麥 (Clean wheat) 較易受害及變質⁽⁶¹⁾。有些昆虫則經常伴隨他種昆虫生活，例如麥蛾及象鼻虫取食穀物後即提供了穀盜及腐食性昆虫所需之穀屑及粉屑，而後者因生活史較短，可能加速繁殖，而取代了前者之數量。由臺中地區數個穀倉定期取樣調查中，發現角胸粉扁虫經常跟隨穀蠹大量發生於稻穀中，可能因稻穀受穀蠹食為害後，害虫之排泄物和稻穀之

表 8 數種糧倉害虫之最低濕度需求 (Howe, 1965)⁽⁴⁸⁾

Table 8. Minimal humidity requirements of some stored products insects

中	名	學	名	最低相對濕度 (%)
米	象	<i>Sitophilus oryzae</i>		60
穀	象	<i>Sitophilus granarius</i>		50
印 度	穀 蛾	<i>Plodia interpunctella</i>		40
穀	蠹	<i>Rhyzopertha dominica</i>		30
烟 草	甲 蟲	<i>Lasioderma serricorne</i>		30
粉	斑 螟	<i>Ephestia cautella</i>		25
鋸 胸 粉 扁 虫		<i>Oryzaephilus surinamensis</i>		10
豆	象	<i>Callosobruchus maculatus</i>		10
擬 穀 盜		<i>Tribolium castaneum</i>		1
穀 斑 皮 蠹		<i>Trogoderma granarium</i>		1

胚乳 (Endosperm) 形成粉狀物，而大量吸引粉扁虫之故⁽¹⁰⁾。

試驗顯示玉米象於數種混合豆穀中，最偏好於糙米內產卵繁殖，其次為高粱、玉米、大麥及燕麥，而其在稻穀、豆類及小米中，却未能產卵繁殖，此種偏好性之差異，可能與豆類外殼之有無與緊密程度，種皮之厚薄與軟硬程度或豆穀化學營養成分不同有關。又其發育中期，在糙米者為最短，其他依次為高粱、燕麥、大麥及玉米，此可能由於穀物中之營養成分不同、而影響昆虫之生長所致^(8,11)。Bell⁽²⁸⁾發現麥蛾取食不同成分之小麥穀實後，其存活率有相當的差異。將小麥

分成內胚乳，胚 (Germ) 及麥糠 (Bran)，並作成小球狀餵食麥蛾，其總存活率較高者，依次為下列組合：全穀實組 (Whole-kernel diets)；內胚乳與胚混合組 (Endosperm-germ，其中胚之含量 1~50%) 及內胚乳與麥糠混合組 (Endosperm-bran，其中糠含量 10~20%)。在內胚乳—麥糠組中若麥糠含量超過 30%，或麥糠—胚組中，麥糠含量高過 5%，則幼虫均不能成活。取食全穀實之幼虫，其發育期最短；幼虫發育期最長的為取食全內胚乳之一組，但若加入少量胚於其中，則可減短幼虫期；又取食含有高量胚或純胚之幼虫，其發育期顯著地延長。故食物之形態或成份，明顯地影響昆虫生育及成熟之能力。

食物基質同樣地影響昆虫之生殖與發育。維他命 B 類為許多昆虫食物中之需求物，其中維持穀盜類適當之生長與發育者至少有 7 種，即噻胺 (Thiamin, Vit. B₁)，核黃素 (Riboflavin, Vit. B₂)，菸草酸 (Nicotinic acid)，吡哆醇 (Pyridoxine)，泛酸 (Pantothenic acid)，膽鹼 (Choline) 及生物素 (Biotin)⁽⁴⁰⁾。Cotton *et al.* (1945)⁽³⁸⁾指出在麵粉中加入核黃素，可使扁擬穀盜之繁殖率增加 72.5%，該虫在粗製麵粉 (含核黃素量高) 中之繁殖與發育亦比其於精製麵粉者為快。同樣地，玉米象在糙米中之繁殖力及為害損失，較在白米中為大，見表九⁽¹⁰⁾，因糙米中含有之核黃素與噻胺均較精製白米為高⁽²⁴⁾。

表 9 玉米象於蓬來稻米中之繁殖力及為害損失估計^{a)}(謝等, 1978)⁽¹⁰⁾

Table 9. Reproduction and damage by the maize weevil in rice

食 物	接入蟲數	繁殖蟲數	米重損失 (%)
白米 300克	4♀	242.4	9.15
	2對	208.0	4.26
糙米 300克	4♀	1,119.2	16.29
	2對	1,028.4	11.41

a) 接蟲試驗 9 週後調查，4 重複之平均值。

(四) 氣體組成

穀物儲藏容器內之空氣組成，可將之改變，故密封或密閉儲藏法 (Air-tight or hermetic storage) 之主要基礎，在於使生物之氧氣獲得受到限制，密封儲藏曾被廣泛地研究過，Hyde⁽⁴⁹⁾曾對此問題作過一番深入的論述。

昆虫對氧氣含量之最低需求大約為 2%，低於此水平則不能存活⁽⁷⁵⁾。Bailey^(16,17,18,19)發現氧氣的壓力 (Oxygen tension)，低至 2.5%~4.6% 範圍，可使 8 種主要的糧倉害虫出現百分之百的死亡率。

Harein and Press⁽⁴⁶⁾研究混合空氣時，發現若無二氧化碳情況下，擬穀盜成虫和幼虫，以及印度穀蛾幼虫，其致死大氣壓 (Lethal atmosphere) 可在氧氣濃度 1% 時到達。

Bailey (1955)⁽¹⁶⁾曾研究在高氧氣含量下，二氧化碳濃度的致死效應，發現

在高的氧氣濃度（15~21%）時，大氣中二氧化碳含量在36%時，方能使穀象成虫致死。受害的穀堆中，其顆粒間空氣（Intergranular air），不可能產生如此高的二氧化碳含量，故推論在密閉儲藏穀物時，其所以能使害虫致死，乃源自氧氣的缺乏之故。

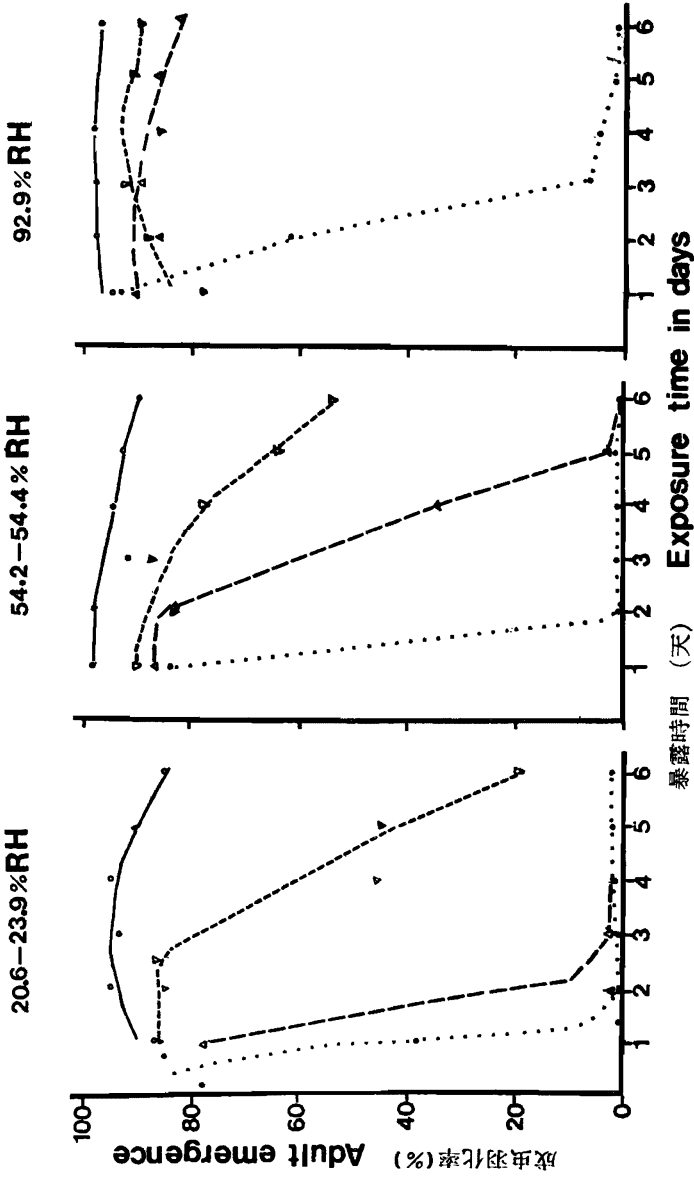
Harein and Press⁽⁴⁵⁾在作倉儲花生研究時，將氧氣、二氧化碳和氮氣，作二重和三重（Binary and ternary）混合，發現當大氣中有36%之二氧化碳時，若同時含有15%之氧氣，可使供試昆虫致死。毋庸置疑的，上述的研究結果，刺激了對此問題更進一步的研究，例如繼續不停地供應二氧化碳，或以二氧化碳或氮氣來置換氧氣，以降低氧氣濃度，並維持二氧化碳的濃度到一定水平，對倉儲中害虫影響之研究，在所多是^(51, 52, 53, 54, 76, 77, 87)。

報告指出⁽⁵⁴⁾經調整過的大氣中，其水蒸氣含量（即相對濕度），在害虫防治上，是一個顯著的相關因子。當供試昆虫暴露在以不同氣體混合的大氣中時，其死亡率因相對濕度的減少而增加，證實濕度因子影響供試昆虫甚鉅。Navarro and Calderon⁽⁶⁸⁾指出粉斑螟之蛹在相對濕度22%下，若氧氣之含量為3.3%時，經過4天完全死亡，而在95%之相對濕度時，雖然低到此程度之氧氣，尚不能造成供試昆虫顯著的死亡率（見圖五）。Navarro and Calderon⁽⁶⁸⁾，以二氧化碳處理供試昆虫，亦獲類似的結果，即濕度因子再次成為顯著角色，若相對濕度為20%，暴露於5%之二氧化碳，5天後能造成全部死亡，在95%之相對濕度時則否（圖六）。

上述的實驗亦指出低的氧氣含量，或增加二氧化碳之濃度，能導致供試昆虫水分的喪失，而使害虫致死，因害虫的水分平衡非常重要^(68, 69)。

昆虫不同生長期對於大氣中氧氣濃度需求之臨界水平（Critical level）亦有差異，例如穀斑皮蠹之卵，在氧氣含量16.8%時即失去活力，而老熟幼虫則在低於1%氧氣含量下，尚可生存⁽¹⁴⁾。故在適當情形下，操縱糧倉內之氧氣和二氧化碳，使氧氣維持至低於害虫需求水平，即可用以防治多種害虫。因此若穀物含水量乾燥至10%左右，保持相當地不透氣狀態及低氧氣濃度水平，大多數昆虫首先即因缺少水分而不能增殖，繼則因氧氣缺少而死亡⁽⁵⁾，然則降低氧氣至致死水平，所需時間，則因害虫發生與為害程度，穀物含水量，儲藏期限及倉庫大小而定，實用上亦受到限制。

日本京都大學自1967到1972年曾作過穀物之地下和水中儲藏實驗，穀物置入充有二氧化碳之密閉塑膠袋內，儲藏於低溫下，此法儲藏穀物，遠較傳統方法為佳，可使穀物免受鼠類，害虫及真菌感染之荼毒。此法能使穀物維持較佳的化學和生物性質，加入二氧化碳，可降低自由脂肪酸（Free fatty acids）的釋放，抑制自由脂肪酸進一步的氧化，從而減少食米的陳腐之味。水稻在儲藏三年之後，仍能保有原來之發芽能力，可以此法長期儲藏稻種，而不必年年生產⁽⁶³⁾。本省中央研究院及食品工業研究所，亦在進行該項試驗中，若能試驗成功，可說是



%O₂: 1.25-1.35, --- 3.20-3.27, — 14.98-5.21, — 21

圖 5. 不同相對濕度中氧氣濃度對於粉蝶蛹成羽化之影響 (Navarro and Calderon, 1973)⁽⁴⁸⁾
 Fig. 5. Effect of O₂ concentrations at different relative humidities on adult emergence of *Ephesia castalis* from pupae

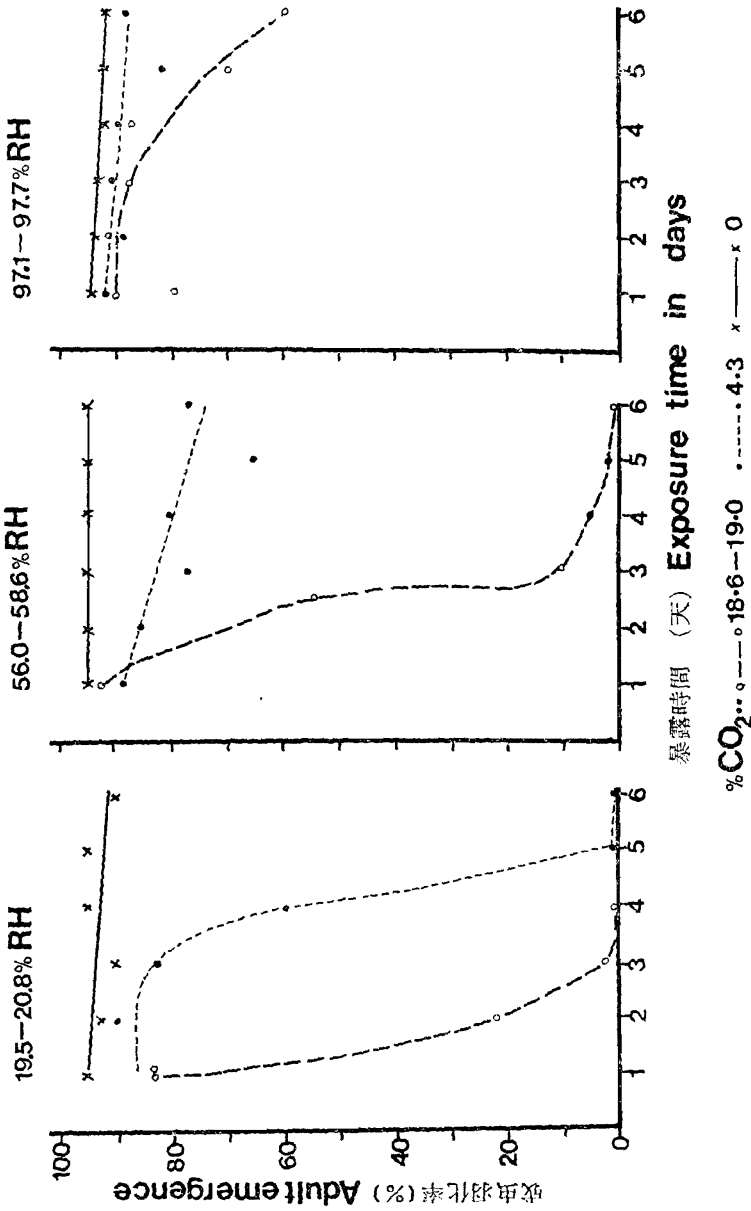


圖 6. 不同相對濕度中二氧化碳對粉蝶成蟲羽化之影響 (Navarro and Calderon, 1974)⁽⁶³⁾

Fig. 6. Effect of CO₂ at different relative humidities on adult emergence of *Ephestia cautella* from pupae

倉儲方法之一大突破。

(六) 大氣壓力

由於高度的差異，世界上人羣聚集之處之大氣壓範圍為 420~760mm Hg，此種壓力在一密封的儲藏器內，可使之改變，以創造足以影響倉庫害虫之壓力⁽²⁹⁾。對穀物之微生物相言，高壓或低壓對其有顯著影響，尚無證據。而對害虫言，早在1925 Back and Cotton⁽¹⁵⁾已證實絕對壓力在22~25mm Hg 時，可收害虫防治之效果。Bare⁽²⁰⁾在研究煙草倉儲害虫時，亦有類似結果。Calderon 等⁽⁸³⁾研究壓力低到10~12mm Hg 和 16~200mm Hg 時，對放置於試驗儲藏中，6種害虫之影響，獲得頗有希望的結果。Calderon and Navarro⁽⁸⁰⁾之實驗顯示，不同種類的害虫，對低壓反應有顯著的差異，但將害虫暴露於低度真空下所起的作用，則所知有限。爲了瞭解此種情形，Navarro and Calderon⁽⁶⁶⁾發現壓力 100~400mm Hg 時，縮短了粉斑螟成虫的壽命(見圖七)，在300mm Hg 之壓力範圍內，產卵顯著地受到影響，且在 100mm Hg 時，產卵數甚少；粉斑螟剛產下之卵(0~2小時)，減壓暴露(300mm Hg) 96小時，則卵之孵化受阻，在低壓時暴露較短時間能使卵全部致死⁽³²⁾。

有些學者^(57,65,89)指出，低壓對於害虫的致死作用，主要由於失水和乾燥，

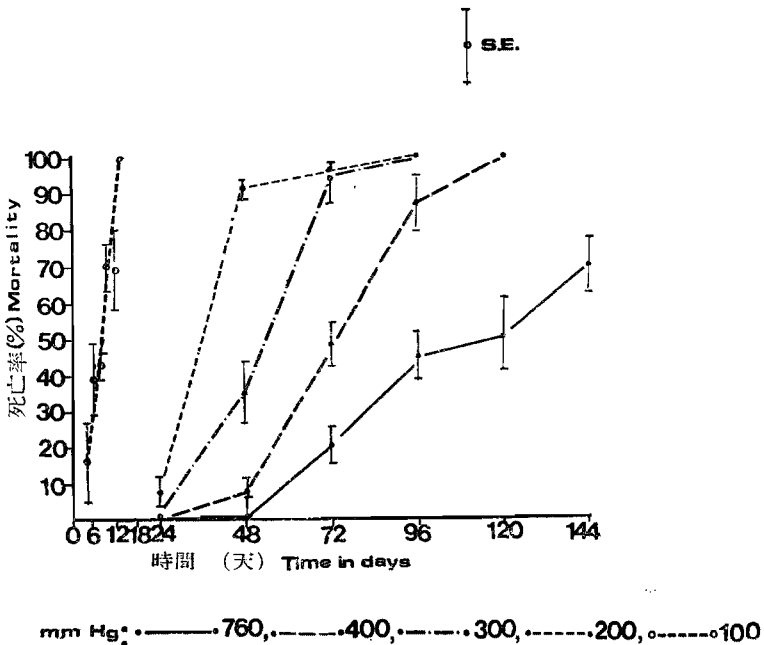


圖 7. 低氣壓下粉斑螟成虫之壽命 (Navarro and Calderon 1972a)⁽⁶⁶⁾

Fig. 7. Longevity of *Ephestia cautella* adults exposed to different low pressures

此種假定因 Navarro and Calderon⁽⁶⁷⁾在研究低壓對於粉斑螟蛹之作用時，得到證實。供試昆蟲之死亡率與水分的損失有相關性，可推論出氣壓的減低配合低濕度，能有效地控制害虫的危害。故綜合數種環境因子如溫度、濕度、二氧化碳濃度，低氣壓一起作用時，將是未來頗值深入研究的一個範疇⁽²⁹⁾。

(c) 光照

有關昆蟲對於可見光和紫外線輻射的反應，已發表的著作不少^(60,74,86)，大多數的研究，討論到昆蟲受到波長（主要在紫外線範圍內）的誘引。Beard⁽²¹⁾發現紫外線輻射，對昆蟲有致死作用，此種輻射對粉斑螟之卵亦十分有效⁽³¹⁾。

Jung⁽⁵⁶⁾把大豆象 (*Acanthoscelides obtectus*) 的卵以 270~330nm 之波長的紫外線，作輻射處理，並做了一詳細的胚胎學研究 (Embryological study)。據 Navarro and Calderon⁽³⁹⁾的研究，紫外線輻射，亦影響粉斑螟的幼虫期和蛹期，但須更進一步之研究，方可評估這些處理的實用性。

有一組美國農部的研究人員，曾調查過扁擬穀盜和印度穀蛾暴露於光暗週期 (Light and dark cycle) 下，行為受到之影響^(18,58,59)，對印度穀蛾的研究，發現連續的照光，對其生殖能力有幾種影響：包括交尾的延遲與產卵的降低，這些研究人員，注意到的結果，頗值進一步的研究。

Rawnsley⁽⁷⁸⁾ and Steele⁽⁸⁵⁾曾觀察記錄和研究過粉斑螟成虫羽化的晝間律動 (Diurnal rhythm)，交配和產卵活動，與光照強度的變化相符合。暴露在連續的照光下，粉斑螟交配和產卵，受到部份的阻礙，此點應更進一步作調查。

(c) 環境因子之聯合作用

上述各種環境或生態因子，不僅單獨影響昆蟲之生存與活動，二者或二者以上聯合作用之結果，更顯著地改變昆蟲之生殖力、壽命及發育速率。

以溫度、濕度及糙米對玉米象之生物效應試驗為例⁽⁴⁾，當相對濕度一定 (45%) 時，成虫死亡率以 35°C 時為最高 (23%)，隨着溫度下降至 32°C，死亡率驟減，自 32~16°C 時保持 2% 左右，然而溫度降至 13°C 時，死亡率又行升高 (如圖八)。又自 16°C 起，溫度愈高，玉米象之增殖數愈增，至 26~27°C 時達最高峯，高於 26~27°C，增殖數逐漸降低，同時自 16°C 起，溫度愈高，其發育期愈短，至 28°C 時為最短，高於 28°C 後則逐漸延長 (如圖九及圖十)。該兩圖亦顯示當溫度一定時，則以高濕度玉米象之增殖數，較低濕度者為多，然而濕度高至 93% 時，則增殖數有降低趨勢；同時發育期則以高濕度時較短。該試驗並證實最適於玉米象棲羣增殖的溫濕度組合為 28°C 與濕度 80%，此時環境指數 (Environmental index) 為 16.47⁽⁴⁾。

溫度上升時，飽和蒸氣壓差 (Saturation deficiency) 明顯地增加，而昆蟲發育則朝向一個特定的熱致死點 (Thermal death point) 迅速下降。故在一個濕度恒定的空氣中 (當溫度上升時，相對濕度下降)，發育最適溫是在發育時間和飽和蒸氣壓差的乘積最低點⁽¹²⁾。

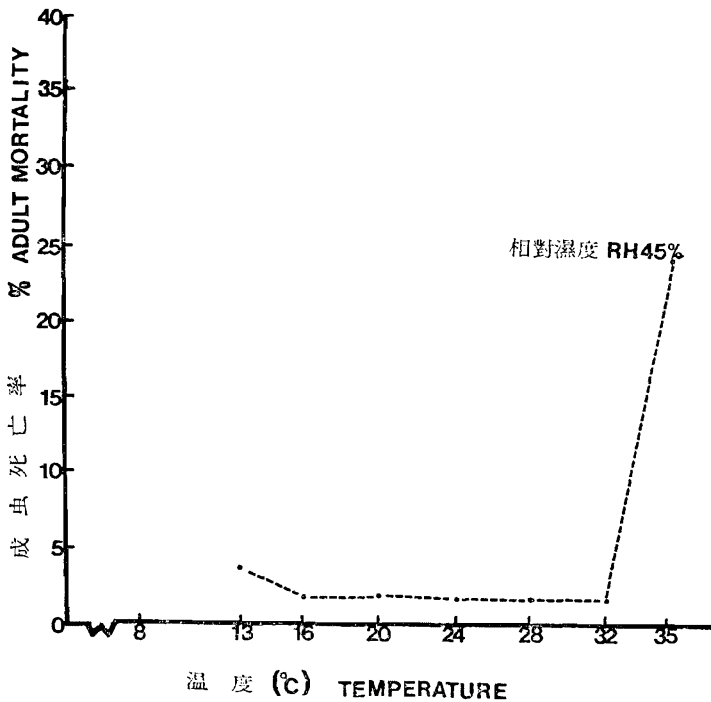


圖 8. 溫濕度組合與玉米象死亡率之關係 (食物為糙米) (黃及謝, 1978)⁽⁴⁾
 Fig. 8. Effects of temperature and relative humidity on the mortality of the maize weevil

在自然條件下，棲羣的增加率，在環境狀況最適條件偏移時有所減少，故溫、濕度的少許改變，能造成一種昆蟲或他種昆蟲之優勢 (Predominance)⁽⁵⁾。

除此之外，尚有許多有害的併發現象，導源於對溫濕度操縱無效所致。這些併發現象，主要和前述發生於倉儲穀物中的熱點及溫度階梯有關。

四、結 語

積穀害虫之發生及其棲羣之消長與害虫生殖潛能、倉庫生態環境及倉儲管理有密切的關係。倉庫環境適於害虫生存與繁殖，而倉儲管理又不善時，害虫棲羣即迅速增長，其為害程度亦加速猖獗，反之，害虫之發生即減少，其為害程度亦相形減輕。

害虫之生殖潛能因種類而異，在自然界中，一種或數種環境因子或能決定昆蟲之真正增殖力，但是在倉儲環境中害虫之繁殖及其棲羣變遷即受到溫度、濕度、穀物種類、氣體組成、大氣壓力及光照等單獨或聯合作用的影響。多數積穀害虫之生育適溫介於 25~30°C，穀溫低於 21°C 時，則對積穀之嚴重為害可免於

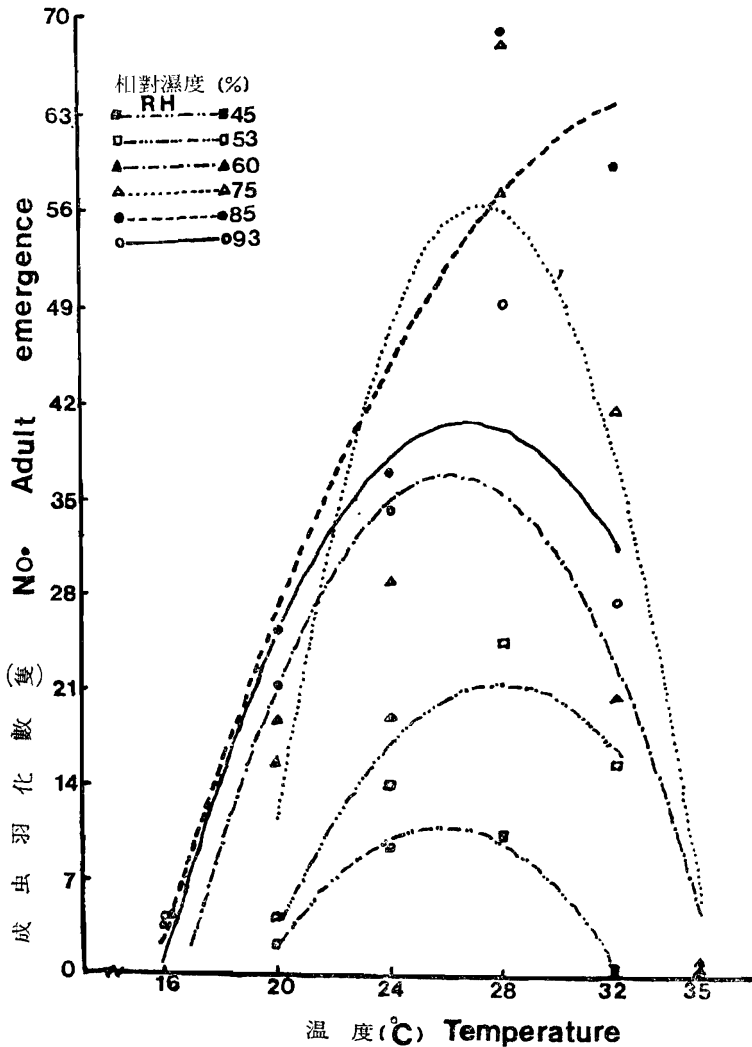


圖 9. 溫濕度組合與玉米象產卵繁殖之關係 (黃及謝1978)⁽⁴⁾

Fig. 9. Effects of temperature and relative humidity on the reproduction of the maize weevil

發生，若能使溫度低於 12~15°C，則穀物之儲藏更為安全。大氣濕度除了直接影響倉儲害虫之生育外，尚可使穀物之含水量改變，而間接影響害虫之繁殖力。一般濕氣對昆虫之影響程度變異較大，然而在低濕氣環境中，害虫之發生與為害均較輕微。不同穀物因營養成分的差異而往往促使害虫之產卵、取食產生不同之偏好程度或進而影響其發育與繁殖。穀物中之碎穀、穀屑不僅可吸引昆虫，且與

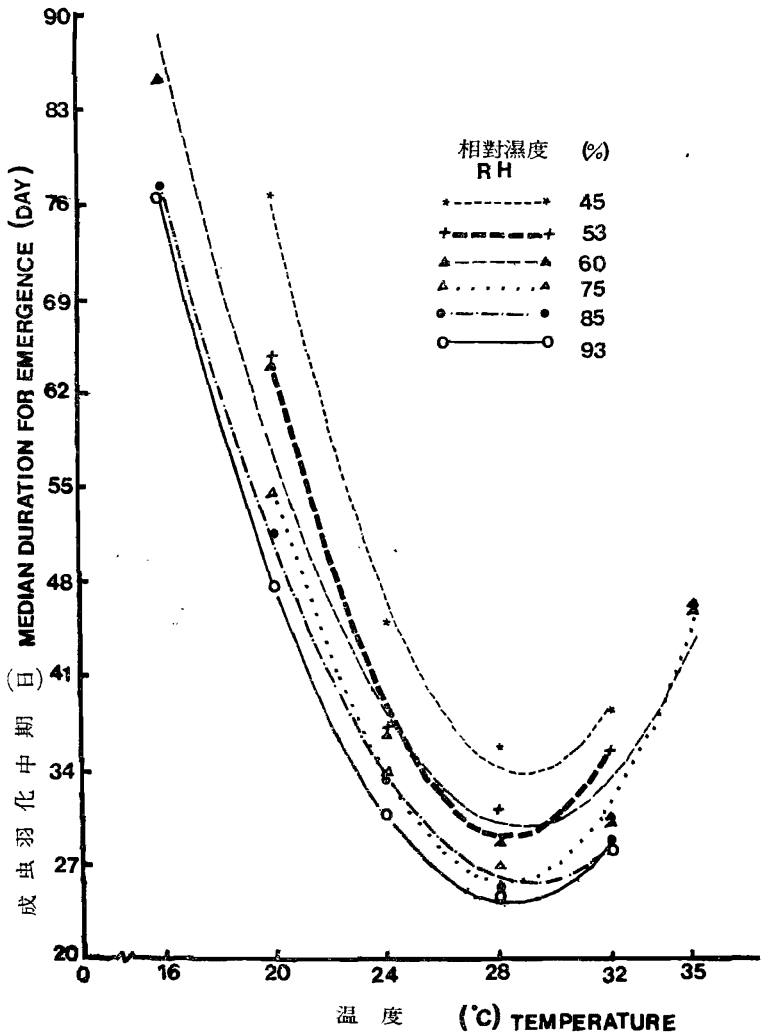


圖 10. 溫濕度組合與玉米象發育期 (自卵至成蟲) 之關係 (黃及謝, 1978)⁽⁴⁾

Fig. 10. Effects of temperature and relative humidity on the development of the maize weevil.

某些昆蟲的生存有關；昆蟲取食缺乏核黃素 (Riboflavin, Vit. B₂) 之穀物時，其繁殖力即降低；穀物穀殼保持完整，證實有助於減少害蟲之取食為害。因此穀物之種類，形態或基質均可影響昆蟲之發育速率，壽命及生殖力。積穀害蟲對於倉庫中之氧氣及大氣壓亦有其最低需求量，一般氧氣濃度若低於 2% 以下，大氣壓低於 400mm Hg，則對害蟲之生存與繁殖有不利之影響。

研究積穀害蟲生態之目的，除了增進對害蟲生活習性的瞭解外，尚可應用生態之基本知識，作生態防治工作，於興建現代化之倉庫系統時，對防蟲設備可提

供重要的參考，對於現有倉儲之管理，則可配合化學的、物理的、生物的方法以及抗虫穀物品種等，作適當的環境操縱或調節，使倉儲穀物之虫害損失降至最低水平。

五、參 考 文 獻

1. 林機 1968。積穀害蟲與益蟲之調查(-)。農業研究 17(3):39-45。
2. 林機、蔡文珊、彭添興、林文雄、黃財發、顏福成、陳榮銘 1975。臺灣雜糧儲藏期間受害之損失及其熏蒸處理。植保學會會刊 17:142-149。
3. 梁崇仁、陳德能、林機 1954。臺灣稻穀貯藏之現狀及積穀害蟲爲害損失量之調查。科學農業 2(8):34-40。
4. 黃振聲、謝豐國 1978。溫、濕度對玉米象 (*Sitophilus zeamais* Motschulsky) 之生物效應 (尙未發表)。
5. 高穗生、謝豐國 1977。倉庫害蟲生態分析。稻作與糧倉蟲害研討會專輯 臺灣植物保護中心印行 pp.60-73。
6. 謝豐國 1975。棲羣動態：生物防治基礎研究之一。植保學會會刊 17:42-53。
7. 謝豐國、高穗生 1976。談倉庫害蟲問題。科學月刊 7(3):26-34。
8. 謝豐國、黃振聲 1978。稻穀類穀抗玉米象 (*Sitophilus zeamais* Motschulsky) 產卵繁殖之探討 (植保學會會刊已接受刊登)。
9. 謝豐國、黃振聲、洪麗梅、高穗生 1978。相對濕度對積穀含水量及蟲害損失之影響 (植保學會會刊已接受刊登)。
10. 謝豐國、高穗生、洪麗梅 1978。臺中區積穀害蟲調查與蟲害損失估計 (尙未發表)。
11. 謝豐國、高穗生、黃振聲 1976。玉米象 (*Sitophilus zeamais* Motschulsky) 對積穀偏好性之初步檢定。臺灣農業 12(3):164-170。
12. Araullo, E. V., D. B. de Padua and M. Graham 1976. Rice. Postharvest Technology IDRC-053e. International Development Research Centre, Ottawa, Canada pp. 133-142.
13. Arbogast, R. T., and B. R. Flaherty 1973. Light responses of *Tribolium castaneum* and *Tribolium confusum* (Coleoptera, Tenebrionidae): Variation with age and sex. J. stored Prod. Res. 9:31-35.
14. Atwal, A. S. 1974. Ecology of pest complex in stored grains. In Training Manual: Post-harvest Prevention of Waste and Loss of Food Grain. Asian Productivity Organization. pp. 131-142.
15. Back, E. A., and R. T. Cotton 1925. The use of vacuum for insect control. J. agr. Res. 31:1035-1041.
16. Bailey, S. W. 1955. Airtight storage of grain; its effect on insect pests. I. *Calandra granaria* L. (Coleoptera, Curculionidae). Aust. J. agr. Res. 6:33-51.
17. Bailey, S. W. 1956. Airtight storage of grain; its effect on insect pests. II. *Calandra oryzae* (small strain). Aust. J. agr. Res. 7:7-19.
18. Bailey, S. W. 1957. Airtight storage of grain; its effect on insect pests. III. *Calandra oryzae* (large strain). Aust. J. agr. Res. 8:595-603.

19. Bailey, S. W. 1965. Airtight storage of grain; its effect on insect pests. IV. *Rhyzopertha dominica* (F.), and some other Coleoptera that infest stored grain. J. stored Prod. Res. 1:25-33.
20. Bare, C. O. 1948. The effect of prolonged exposure to high vacuum on stored-tobacco insects. J. Econ. Entomol. 41:109-110.
21. Beard, R. L. 1972. Lethal action of U. V. irradiation on insects. J. Econ. Entomol. 65:650-654.
22. Bell, K. O., Jr. 1971. Angoumois grain moth, *Sitotroga cerealella* (Oliver), reared on pellets and meals composed of various combinations of endosperm, germ, and bran of wheat. Ph.D. dissertation, Kansas State University.
23. Birch, L. C. 1946. The heating of wheat stored in bulk in Australia. J. Aust. Inst. Agr. Sci. 12(1-2):27-31.
24. Bureau of Science and Technology, Japan. 1973. Standard Table of Food Composition for Japan.
25. Burges, H. D. and N. J. Burrell 1964. Cooling of bulk grain in the British climate to control storage insects and to improve keeping quality. J. Sci. Food Agr. 15:32-50.
26. Burrell, N. J. 1967. Grain cooling studies. II. Effect of aeration of infested grain bulks. J. stored Prod. Res. 3:145-154.
27. Burrell, N. J. and J. H. J. Laundon 1967. Grain cooling studies. I. Observations during a large scale refrigeration test on damp grain. J. stored Prod. Res. 3:125-144.
28. Calderon, M. 1972. Aeration of grain-benefits and limitations. EPPO Bull. 2(6):83-94.
29. Calderon, M. 1975. The feasibility of environmental control for the protection of stored grain. EPPO Bull. 5(2):125-136.
30. Calderon, M. and S. Navarro 1968. Sensitivity of three stored product insect species exposed to different low pressures. Nature 218(5137):190.
31. Calderon, M. and S. Navarro 1971. Effects of ultra-violet irradiation on the eggs of *Ephestia cautella* (Wlk.) (Lepidoptera: Phycitidae). J. stored Prod. Res. 7:309-311.
32. Calderon, M. and S. Navarro 1973. Effect of low pressures on *Ephestia cautella* (Wlk.) eggs. Prog. Rep. Israel Min. Agr., Stored Prod. Res. Lab. 1972-73:47-50.
33. Calderon, M., S. Navarro and E. Donahaye 1966. The effect of low pressures on the mortality of six stored-product species. J. stored Prod. Res. 2:135-140.
34. Christensen, C. M. and H. H. Kaufmann 1965. Deterioration of stored grain by fungi. Annu. Rev. Phytopath. 3:69-84.
35. Cotton, R. T. 1950. Pests of stored grain and grain products. Burgess Publishing Co., Minneapolis Minn.
36. Cotton, R. T. 1954. Insects. In J. A. Anderson and A. W. Alcock (ed.) Storage of Cereal Grains and Their Products, Amer. Assoc. of Cereal Chemists. Monograph series II:221-274.

37. Cotton, R. T. and D. A. Wilbur 1974. Insects. *In* C. M. Christensen (ed.) *Storage of Cereal Grains and Their Products*. pp. 193-231.
38. Cotton, R. T., J. O. Frankenfeld and E. G. Bayfield 1945. Relative susceptibility of enriched and non-enriched flours to insect attack. *Northwest. Miller* 221(7):3a, 23a.
39. FAO. 1975. *Stored product pests causing losses of stored food*. FAO Plant Prot. Bull. 23:115-117.
40. Frankel, G. and M. Blewett 1943. The natural foods and the food requirements of several species of stored product insects. *Trans. Roy. Entomol. Soc. (London)* 93:457-490.
41. Frankel, G. and M. Blewett. 1944. The utilization of metabolic water in insects. *Bull. Entomol. Res.* 35(2):137-139.
42. Girish, G. K. 1965. Effect of temperature on the development of stored grain insect pests. *Bull. Grain Tech.* 3:142-154.
43. Girish, G. K. 1974. *Storage Entomology: A Review*. *In* Training Manual on Post Harvest Prevention of Waste and Loss of Food Grain. Asian Productivity Organization. pp. 143-160.
44. Hall, D. W. 1970. Handling and storage of food grains in tropical and subtropical areas. Food and Agriculture Organization of The United Nations, Rome, FAO Agricultural Development Paper No. 90. pp. 14-112.
45. Harein, P. K., and A. F. Press 1968. Mortality of stored-peanut insects exposed to mixtures of atmospheric gases at various temperatures. *J. stored Prod. Res.* 4:77-82.
46. Holman, L. E. 1960. Aeration of grain in commercial storages. *Mktg. Res. Rep. USDA* 178, 46 p.
47. Howe, R. W. 1962. A study of the heating of stored grain caused by insects. *Ann. Appl. Biol.* 50:137-158.
48. Howe, R. H. 1965. A summary of estimates of optimal and minimal conditions for population increase of some stored products insects. *J. stored Prod. Res.* 2:177-184.
49. Hyde, M. B. 1974. *Airtight Storage*. *In* C. M. Christensen (ed.), *Storage of Cereal Grains and Their Products*. pp. 361-419.
50. Iman, I. M., and I. D. Kilin 1973. *Insecticide Screening*. Ministry of Agriculture, Central Research Institute for Agriculture. Bogor, Indonesia
51. Jay, E. G. 1971. Suggested conditions and procedures for using carbon dioxide to control insects in grain storage facilities. *ARS USDA no.* 46-51, 6p.
52. Jay, E. G., and G. C. Pearman, Jr., 1973. Carbon dioxide for control of an insect infestation in stored corn (maize). *J. stored Prod. Res.* 9:25-29.
53. Jay, E. G., L. M. Redlinger and H. Laudani 1970. The application and distribution of carbon dioxide in a peanut (groundnut) silo for insect control. *J. stored Prod. Res.* 6:247-252.
54. Jay, E. G., R. T. Arbogast, and G. C. Pearman 1971. Relative humidity: its importance in the control of stored-product insects with modified atmospheric gas concentrations. *J. stored Prod. Res.* 6:325-329.

55. Joffe, A. 1958. Moisture migration in horizontally stored bulk maize: the influence of grain infesting insects under south African conditions. S. Afr. J. Agr. Sci., 1:175-193.
56. Jung, E. 1971. Die Entwicklungsfähigkeit des Eies von *Bruchidius obtectus* Jay nach partieller UV-Licht-Bestrahlung (Coleoptera). Wilhelm Roux' Archiv 167:299-324.
57. Livingstone E. M. and W. D. Reed 1940. Water vapor as a factor affecting the survival of *Ephestia ekutella* and *Lasioderma serricorne* at reduced pressures. Ann. Entomol. Soc. Amer. 33:583-587.
58. Lum, P. T. M. and B. R. Flaherty 1969. Effect of mating with males reared in continuous light or in light-dark cycles on fecundity in *Plodia interpunctella* Hubner (Lepidoptera: Phycitidae). J. stored Prod. Res. 5:89-94.
59. Lum, P. T. M. and B. R. Flaherty 1970. Regulating oviposition by *Plodia interpunctella* in the laboratory by light and dark conditions. J. Econ. Entomol. 63:236:239.
60. Marzke, F. O., M. W. Street, M. A. Mullen, and T. L. McCray. 1973. Spectral responses of six species of stored-product insects to visible light. J. Georgia Entomol. Soc. 8(3):195-200.
61. McGregor, H. E. 1964. Preference of *Tribolium castaneum* for wheat containing various percentage of dockage. J. Econ. Entomol. 57:511-513.
62. Metcalf, C. L., W. P. Flint, and R. L. Metcalf. 1962. Destructive and Useful Insects. pp. 920-938.
63. Mituda, H. 1973. Underwater storage of cereal grains by CEM skin-packing technique. Ann. Technol. Agr. 22:751-755.
64. Munro, J. W. 1966. Pests of Stored Products. Hutchinsbn & Co. Ltd., London 234 p.
65. Narayanan, E. S. and H. J. Bhambhani 1956. Effect of reduced pressure on *Tribolium castaneum* Herbst (Tenebrionidae: Coleoptera) and *Trogoderma granaria* Everts. Indian J. Entomol. 18:196-198.
66. Navarro, S. and M. Calderon 1972a. Exposure of *Ephestia cautella* (Wlk.) (Lepidoptera, Phycitidae) to low pressures: effect on adults. J. stored Prod. Res. 8:209-212.
67. Navarro, S. and M. Calderon 1972b. Effects of low pressures exposed on water loss and mortality of *Ephestia cautella* (Wlk.) (Lepidoptera, Phycitidae). Prog. Rep. Israel Min. of Agr., Stored Prod. Res. Lab. 1971-72:47-53.
68. Navarro, S. and M. Calderon. 1973. Effect of oxygen concentrations of *Ephestia cautella* (Wlk.) Pupae exposed to different relative humidities. Prog. Rep. Israel Min. Agric., Stored Prod. Res. Lab. 1972-73: 33-46.
69. Navarro, S. and M. Calderon 1974. Exposure of *Ephestia cautella* (Wlk.) pupae to carbon dioxide concentrations at different relative humidities. The effect on adult emergence and loss in weight. Isr. J. Entomol. 8:143-152.
70. Navarro, S., E. Donahaye and M. Calderon 1969. Observations on prolonged grain storage with forced aeration in Israel. J. stored Prod. Res. 5:73-81.
71. Navarro, S., E. Donahaye and M. Calderon 1973a. Studies on aeration with

- refrigerated air. I. Chilling of wheat in concrete elevator. J. stored Prod. Res. 9:253-259.
72. Navarro, S., E. Donahaye and M. Calderaon 1973b. Studies on aeration with refrigerated air. II. Chilling of soybeans undergoing spontaneous heating. J. stored Prod. Res. 9:261-268.
 73. Navarro, S., E. Donahaye and M. Calderaon 1974. Studies on aeration with refrigerated air. III. Chilling of wheat with modified chilling unit. J. stored Prod. Res. 10:1-8.
 74. Nelson, S. O. 1972. Insect-control possibilities of electromagnetic energy. Cereal Sci. Today 17(12):377-387.
 75. Oxley, T. A. and G. Wickenden 1963. The effect of restricted air supply on some insects which infest grain. Ann. Appl. Biol. 51:313-324.
 76. Person, N. K. and J. W. Sorenson 1970. Use of gaseous nitrogen for controlling stored product insects in cereal grains. Cereal Chem. 47:679-686.
 77. Press, H. F. Jr. and P. K. Haren 1967. Mortality of *Tribolium castaneum* (Herbst) (Coleoptera, Tenebrionidae) in simulated peanut storage purged with carbon dioxide and nitrogen. J. stored Prod. Res. 3:91-96.
 78. Rawnsley, J. 1957. *Cadra cautella* (Walker), the tropical warehouse moth; biological studies in relation to control. Symp. on Control of Pests, Ghana Acad. of Sci., 7 p.
 79. Sinha, R. N. 1961. Insects and mites associated with hot spots in farm stored grain. Can. Entomol. 93:609-621.
 80. Sinha, R. N., and H. A. H. Wallace. 1965. Ecology of a fungus-induced hot spot in stored grain. Can. J. Pl. Sci., 45:48-59.
 81. Sinha, R. N. 1973. Climate in relation to deterioration of stored grain: A multivariate study. Oecologia (Berl.) 12:69-88.
 82. Smith, L. 1970. Effects of cold-acclimation on supercooling and survival of the rusty grain beetle, *Cryptolestes ferrugineus* (Stephens) (Coleoptera, Cucujidae), at subzero temperatures. Can. J. Zool. 48:853-858.
 83. Somme, L. 1968. Acclimation to low temperatures in *Tribolium confusum* Duval (Col., Tenebrionidae). Norsk ent. Tidssks. 15:134-136.
 84. Spurgeon, D. 1976. Hidden Harvest. A systems approach to postharvest technology. International Development Research Centre. Ottawa, Canada, 36 p.
 85. Steele, R. W. 1970. Copulation and oviposition behaviour of *Ephestia cautella* J. stored Prod. Res. 6:229-245.
 86. Stermer, A. R. 1959. Spectral response of certain stored-product insect to electromagnetic radiation. J. Econ. Entomol. 52:888-892.
 87. Storey, C. L. 1973. Exothermic inert atmosphere generators for control of insects in stored wheat. J. Econ. Entomol. 66:511-514.
 88. Sutherland, J. W. 1970. Refrigeration of bulk stored wheat. Australian Refrigeration Air Conditioning and Heating, August, 1970:30-45.
 89. Thornton, B. C., and W. W. Sullivan 1964. Effects of a high vacuum on insect mortality. J. Econ. Entomol. 57:852-854.
 90. Von Wahl, C. 1923. Milbeum fermentierendem Tabak. Z. Angew. Entomol. 9:416.

91. Watters, F. L. 1972. Control of storage insects by physical means. Trop. stored Prod. Inf. 23:13-28.

Ecology of Storage Insects

F. K. Hsieh and S. S. Kao

Plant Protection Center

Wufeng, Taichung, Taiwan 431

Summary

The major storage insects and mite pests in Taiwan were identified. Ecological aspects of some storage insects are discussed, with special references to the effects of temperature, moisture, food grain, gas composition, air pressure, light, and combinations of these factors in relation to the occurrence and distribution of insects.

Stored grains may become infested from many sources, e.g., infested grain holdover; cracks and crevices in bins; waste or spilled grains in or under the granary; imported feeds or seeds from infested sources; migration from nearby infested sources, etc.

Temperature is a determining factor in the development of all insects. Unfavorable temperatures may cause the death of many insect pests of stored grain, render them inactive or prevent them from feeding. Insect development often accelerates with the increase in temperature up to about 42°C. At that level, most species of insects will die, if exposed for a long enough period. Temperatures below 15°C considerably retard insect reproduction and development and, if for a prolonged period below 10°C, will cause the death of most insects. In general grains stored at temperatures below 17-12°C may aid in preventing a heavy insect infestation.

Moisture is another key factor to the safe storage of agricultural produce. Grains absorb greater amounts of moisture in an environment of higher relative humidity. Increasing the grain moisture within a threshold favors a rapid increase in the numbers of insects and their infestation levels. Rice and maize weevils are unable to reproduce in grain with a moisture content below 9%, whereas flour beetles produce progeny in flour in which all moisture has been removed.

The kind of grain or grain products may affect the fecundity, longevity

or speed of development of storage insects, and may even influence their survival and reproduction. The presence of grain dockage or dust is of vital importance; without it, dry grain is unfavorable for reproduction. Nutrition and the availability of food sometimes modify the effects of relative humidity and temperature. The type of food may also affect the ability of an insect to develop and mature to the adult stage. Insects often show a feeding preference among various mixed grains.

Combinations of temperatures and relative humidities show a pronounced physical effect upon insect reproduction and development. The insect generally increases the rate of its reproduction and development proportionally with higher temperatures and higher humidities before the latter reaching a maximum limit. Effects of gas make-up, air pressures, and light alone or in combination with temperature or humidity are also discussed.

邱人璋主編

水稻病蟲害：生態學與流行學

農復會1978年12月刊行 p. 113—137。

水稻東格羅病流行學之研究

林 克 治¹

目 錄

- 一、前言
- 二、研究理論
- 三、研究方法
- 四、研究結果與討論
 - 甲、統計流行學
 - 乙、試驗流行學
- 五、結語
- 六、參考文獻
- 七、英文摘要

一、前 言

水稻東格羅 (Tungro) 病與其相似病害發生於南亞及東南亞，為稻作主要毒素病害之一，由幾種媒介昆蟲傳播，其中以原黑尾葉蟬 (*Nephotettix virescens*) 為最主要。該毒素在虫體內屬暫時性 (Transitory)⁽¹²⁾，該病害之其他概況，請參閱邱人璋先生主編之稻作病害⁽¹⁾。

承邱人璋先生邀約參加中國農村復興委員會舉辦之水稻病虫害之生態學與流行學專題研討會，並約報告四年多來對水稻東格羅病流行學研究之心得，其實東格羅病流行學之研究至今尚未達到完成之階段，茲將研究該病流行學之目的、理論、方法、及已得之結果，草就如下。

二、研究理論

流行學 (Epidemiology) 之定義，因研究者之概念與目的而異，通常係研究病害在羣體中之增減，尤其着重於致其增減之因素，而用於預測該病害發生之可能性，猖獗之程度，換算出作物受該病害之損失，及防除後之得益。換言之，研究水稻東格羅病流行學之目的在於明瞭該病害在羣體中發生之來龍去脈，以合乎

1 國際稻米研究所

經濟原則之方法防除之。是故流行學所包括之範圍極廣，亦非短期之研究而能達到其目的。

流行學既係研究病害在羣體中之增減，故應着重於病害量之變異。病害之量宜用數字表示，能有方法計算出各致病因素對病害量之影響更爲上策。

植物病害之發生決定於該植物（即寄主）、病原、及環境三要素，此外尚有一個易被忽略的要素是時間。若無時間，植物無從生長，更談不上病害之發生。不過時間無法被停止，而總是繼續不斷的增加，而與其他三要素略有不同。

水稻東格羅病的病原爲由媒介昆蟲傳播之毒素，在理論上，當媒介昆蟲將毒素傳到寄主水稻的體內時，與其他病原的人爲接種方法並無不同。媒介昆蟲本身並未直接參與該株植物的發病，所以媒介昆蟲應被包括在環境要素中。

在大羣植物，其病害之猖獗程度決定於罹病株數之多寡及各株病害之嚴重程度。此時罹病株數決定於媒介昆蟲之傳播。所以在研究流行學時，不如將媒介昆蟲由環境要素中分出來，而成爲一單獨要素，何況寄主、毒素、及環境對媒介昆蟲皆有直接的影響或關係。是故田間水稻東格羅病的猖獗程度決定於媒介昆蟲、毒素、水稻、環境、及時間等要素。

上述的要素、除時間外，都太籠統，無從着手進行研究，因爲這些要素中又各包括若干因素。例如媒介昆蟲要素中，媒介昆蟲之數目、媒介昆蟲之蟲齡、及媒介昆蟲之活動能力等等，各有其對病害在羣體中猖獗程度之影響。東格羅毒素在自然環境下僅可能存在於媒介昆蟲及植物體內，但因該毒素在蟲體內係暫時性，毒素源是罹病植株。毒素要素中，罹病植株在單位面積內之數目（即毒素源之量），罹病植株之品質（即毒素源之質），及罹病植株之所在地等等，對病害猖獗程度各有其影響。寄主要素中，水稻品種及稻株生長期對病害猖獗程度均有影響。環境要素中，氣溫、農藥、及寄生蟲等等對病害猖獗程度有直接或間接之影響。換言之，各要素可細分出若干因素，這些分出之因素，若能給以定義或說明，並尋得研究該因素之方法，則可研究該因素對病害猖獗程度之影響。

上述之因素，簡言之，可分爲兩大類，一爲量的因素，一爲質的因素。前者可直接用數字表示，如單位面積媒介昆蟲的數目。後者不能直接用數字表示，如水稻品種，媒介昆蟲種類，但或可用指數表示，若能全部用數字表示，則便於計算。

病害猖獗程度的表示法，亦係見仁見智之問題。理論上，以作物產量的損失來表示爲上策，因爲研究流行學之最終目的在減少作物受病害之損失。但在研究進行時，用產量損失決定猖獗程度，甚是費時而不便。水稻東格羅病係系統性病害，可用病株數百分率或發病率表示其猖獗程度。若能求得各條件下各發病率之水稻產量損失數字，則由發病率可換算出產量之損失。

三、研究方法

研究流行學之方法，因病害及目的之不同而異。研究水稻東格羅病流行學之基本方法，不外統計法及試驗法，可分稱謂統計流行學(Statistical epidemiology)及試驗流行學(Experimental epidemiology)，此兩名詞原用於醫學上。

統計流行學係收集在自然環境下各致病因素及病害猖獗程度之資料，由統計分析兩者間之關係。因在自然環境下，各致病因素日遷月異，收集資料之時間愈長，所能包括各致病因素變異的可能性亦愈大，探究各致病因素重要性的機會亦愈多。

資料之收集在於田間調查。田間調查的範圍愈廣，調查之項目愈多，及在同一時期內調查之次數愈多，其資料亦愈完整，但所需之人力亦愈多。

水稻東格羅病統計流行學之研究，目前在菲律賓呂宋島選得三十七塊農民稻田，每兩週調查一次，調查項目包括水稻品種，生長期，三種媒介昆蟲(原黑尾葉蟬、黑尾葉蟬 *Nephotettix nigropictus* 及電光葉蟬 *Recilia dorsalis*)之數目，各媒介昆蟲之虫齡，各媒介昆蟲之傳病虫數，及田內之罹病株數等等。整理資料時，先將稻田分為秧田、本田、殘株田、及休閒田。再以地區、稻田、水稻品種、生長期等等為項目，整理各月份東格羅病之猖獗程度及各致病因素之資料。

試驗流行學係研究在控制情況下，一種或數種致病因素之變異，對病害猖獗程度之影響。一試驗包括數種致病因素係複因子試驗，常較複雜。

試驗宜在田間進行，但在田間，致病因素常難於控制，例如探究單位面積媒介昆蟲數對病害猖獗程度之影響，若田間不加蓋紗網或其他隔離物，媒介昆蟲進出自如，田內虫數既難確定，必影響試驗結果之可靠性。所以改用籠子(圖一)代替田間，稱之謂研究水稻東格羅病試驗流行學之籠子法⁽⁷⁾。

所謂籠子法，係以若干個籠子代替若干塊田，每籠內放有供試稻株(即健全稻苗)、病株(即毒素源)、及媒介昆蟲，經一段時間後，將稻株移出，殺除媒介昆蟲後，讓其發病，而得罹病株數百分率(即發病率)。稻苗、病株、媒介昆蟲，及時間均可隨意更改，以達到試驗某因素對發病率影響之目的。例如探究媒介昆蟲密度對發病率之影響，每籠內放相同之稻苗及病株，而放不同數目之媒介昆蟲，由稻苗之發病率統計分析而得媒介昆蟲密度對發病率之影響。

籠子亦可放在不同氣溫環境下，而探究氣溫對發病率之影響。

籠子法之主要缺點為面積受限制，雖然籠子之大小可隨意更改，但籠子愈大，所佔之面與所需之試驗材料皆愈多。凡流行學上之問題與面積大小有直接關係者，無法用籠子法求得解答，例如一隻帶毒之媒介昆蟲最多可以傳病到多遠，用籠子法未能得到答案，除非籠子之面積大過於該媒介昆蟲可能移動的範圍。

有些流行學上的問題，也不能用籠子法求得答案，却與籠子之大小無關，例如一隻傳病的媒介昆蟲到底在一天內最多可以致多少稻苗罹病，用籠子法或可得到一些概念，但若用每一媒介昆蟲逐株接種稻苗，所得之結果必更可靠。此逐株

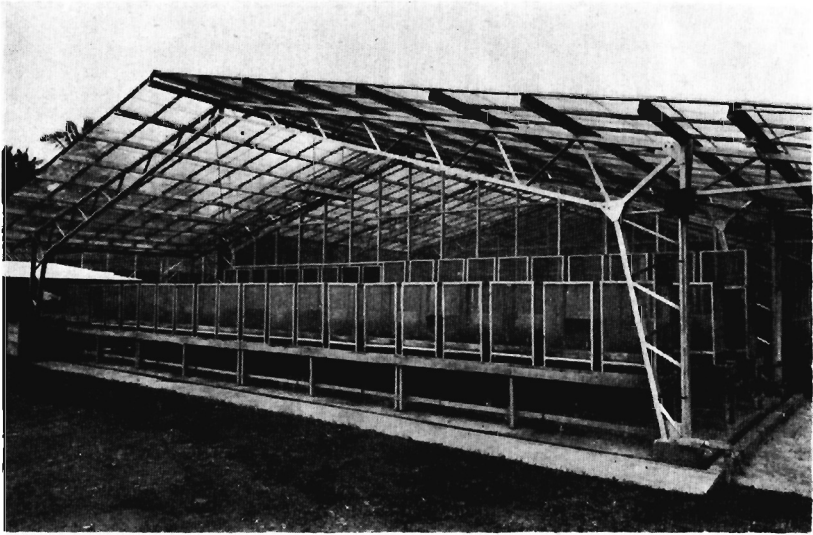


圖 1. 研究水稻東格羅病試驗流行學之籠子。

Fig 1. Cages for studying experimental epidemiology of rice tungro disease

接種法係將稻苗放在試管內，管內加水少許以供稻苗所需，管口加蓋以防媒介昆蟲逃走。媒介昆蟲用吸引管在所指定的時間由一試管內之稻苗上移至另一試管內之稻苗上接種後之稻苗由試管內取出，栽植於花鉢內，讓其發病。上述問題之答案，將報導於下節研究結果與討論中。

四、研究結果與討論

甲、統計流行學

菲律賓呂宋島之氣溫雖宜周年栽培水稻，但水稻之栽培受雨水之限制，除少數有灌溉水之稻田外，稻農多在每年五六月雨季開始後，準備秧田，播種育苗，直到十月十一日收穫後，常再種一作水稻。每年四五月旱季時，水稻田稀少，若逢較早年份，休閒田裏連雜草也不長。

四年多來在卅七塊農民稻田，研究水稻東格羅病統計流行學之結果，除略瞭解媒介昆蟲與東格羅病之消長外，最主要者為四至六月間所採集之媒介昆蟲數之多寡及傳病蟲率與六月至十月間本田裏東格羅病之猖獗程度有關（表一）。目前雖不能肯定媒介昆蟲數目及傳病蟲率需達到何種程度才能導致東格羅病之大發生，但若媒介昆蟲數目及傳病蟲率在表一所示之範圍內，則無東格羅病之大發生。若再繼續調查幾年，且獲得之結果與目前者相同，則似可用四至六月間所採集之媒介昆蟲數目及傳病蟲率作預測六至十月東格羅病之猖獗程度。

四至六月實為水稻秧苗期與插秧期之前後。在同一時間及環境下，少數媒介

表 1. 菲律賓呂宋島調查田內四至六月間平均水稻東格羅媒介
昆蟲與六至十月間平均東格羅病之猖獗程度

Table 1. Rice tungro vectors in study fields in April, May, and June and incidence of rice tungro disease in paddy fields between June and October in Luzon, Philippines

年 Year	份 Year	媒 介 昆 蟲 Insect vectors		東 格 羅 病 Tungro disease	
		採 集 蟲 數 No. per 10 sweeps	傳 病 蟲 率 Infective (%)	有 病 田 率 Fields (%)	發 病 率 Incidence (%)
1973		5.8	0	1 ^a	0.60
1974		11.0	1.77	45 ^b	2.38 ^b
1975		9.8	0.69	72	3.32
1976		3.9	0.18	25	0.33

^a 稻田內有少數病株者未加入。

Rice fields with only a few tungro diseased plants were excluded.

^b 七八兩月政府在該區實施葉蟬防治。

The Philippine government launched a green leafhopper control program in the area in July and August.

昆蟲繁殖出來之子代，自然比多數媒介昆蟲繁殖出來之子代少。換言之，若媒介昆蟲要達到某一數目才能導致東格羅病之大發生，親代之媒介昆蟲數目愈少，則所需之時日愈長，而稻株生長亦愈老，對東格羅病之感染率就愈低，造成東格羅病大發生的可能性就愈小。所以四至六月間之媒介昆蟲數目似可用來預測東格羅病之猖獗程度。

本田裏之媒介昆蟲的來源可概括成三種：(1)隨秧苗遷移而來；(2)由本田外飛來；及(3)隨殘株遺留在本田中。一般說來，秧田的整地比較精密，無再生稻或雜草供昆蟲棲息，水稻種籽不攜帶媒介昆蟲，所以秧田內之媒介昆蟲得來自秧田外，且到秧田之媒介昆蟲均為成蟲。成蟲可在秧苗上產卵並孵化，未孵化前可隨秧苗移至本田，本田內媒介昆蟲之來源雖異，但水稻生長早期的媒介昆蟲決定於當時田間媒介昆蟲之多寡，此即為四至六月媒介昆蟲之多寡。

若媒介昆蟲均未帶毒，媒介昆蟲數目再多亦未能造成東格羅病之大發生，最多為稻株受媒介昆蟲之直接為害。此示傳病蟲對東格羅病大發生之重要性。水稻生長早期之傳病蟲決定該稻作東格羅病之毒源，因水稻種植前耕地時將原在田裏之病株（即毒源）耕除，毒源大量減少，東格羅毒源又不經種籽傳播，是故水稻生長早期，傳病蟲數愈多，在同媒介昆蟲分佈情況下，所造成之罹病株數（即毒源量）亦愈多。毒源量多時，在同環境條件下，毒源量之增加亦快

，是故四至六月之傳病虫數（即媒介昆虫數乘傳病虫率）可作預測六至十月本田裏東格羅病猖獗程度之用。

秧田裏的稻苗可罹東格羅病，且表現病徵，但因稻苗密集，病苗不著目而被忽視。同一秧田之稻苗分種時，各本田早期發生東格羅病率並不一定相同，先拔先種者常示較低之發病率，因秧田內之傳病虫受拔苗操作之擾動而遷移至尚未拔出之稻苗上，而使該部份之秧苗罹病，是故後拔後種之本田，常示較高之發病率。

用四至六月之媒介昆虫數目及傳病虫率作六至十月東格羅病猖獗程度之預測，目前尚未敢斷言，其原因有二，其一為四年多來之調查係根據農民之水稻栽培法，有些稻田施用殺虫劑，當全部不用殺虫劑或殺虫劑效力減低時，早期少數之媒介昆虫及傳病虫能否造成東格羅病之大發生，目前尚無答案。其二為原黑尾葉蟬有無可能作長距離之遷移，雖目前尚無有此可能之報告，但若有此情形，則四至六月所採集之虫數雖少，而東格羅病仍可大發生，因長距離之遷移發生在七月時，本田裏的媒介昆虫則突然大增加而造成六月至十月東格羅病之猖獗。

水稻收穫後至耕地前之稻田，若有水稻殘株者，簡稱之謂殘株田。田內之殘株可再生而成再生稻，落在田裏之種籽可以萌芽長成稻株，兩者均為媒介昆虫之食物，並供其棲息與繁殖。殘株田內媒介昆虫數目之多寡，影響臨近稻田內媒介昆虫數目，尤其是在耕地時。再者，再生稻株及自生稻株亦均可供東格羅毒素之繁殖，而成為毒源。其故殘株田在東格羅病之病歷（Disease cycle）中佔重要之一環。

乙、試驗流行學

(一) 媒介昆虫要素

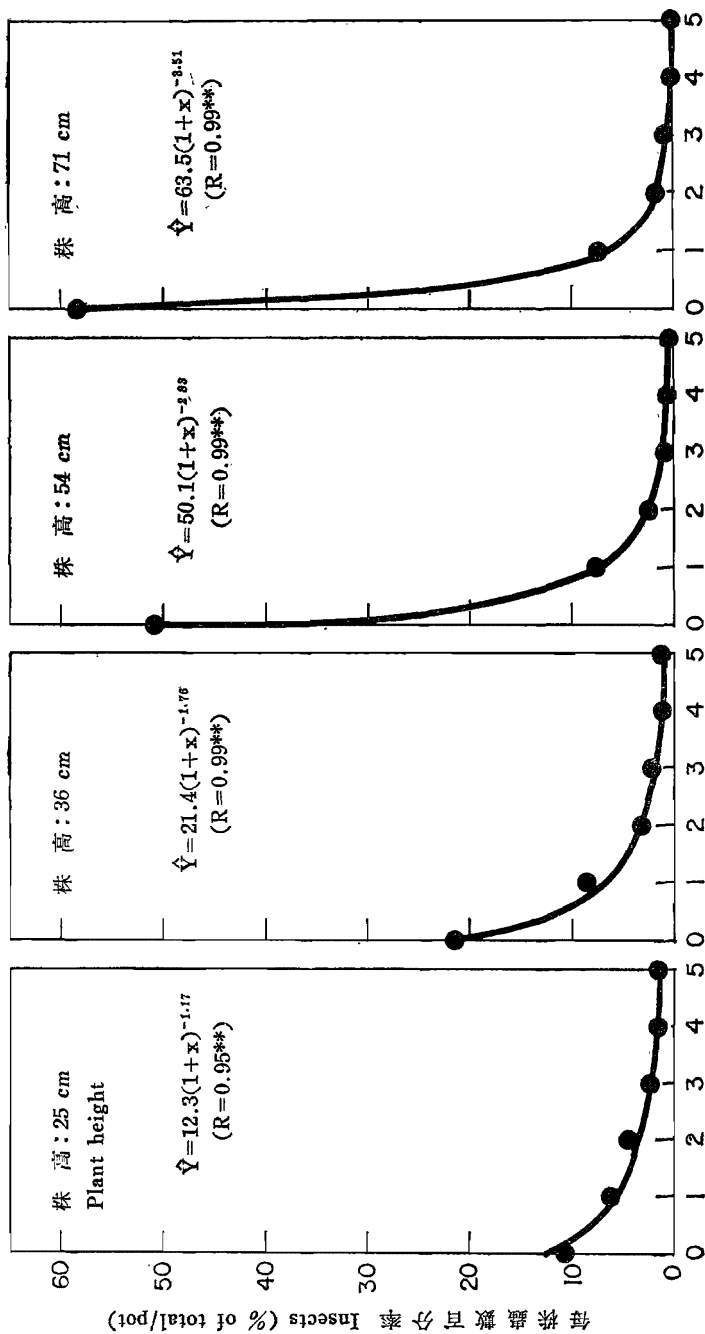
1. 原黑尾葉蟬之分散：原黑尾葉蟬之分散（Dispersal）應屬於昆虫學之研究項目，但水稻東格羅病係由原黑尾葉蟬所傳播，田間東格羅病株之分佈決定於該葉蟬之遷移、分散、及移動。用大籠子法研究原黑尾葉蟬由一處釋放後分散至該籠內各稻株上之數目。所得之結果⁽¹³⁾顯示其分散，若以 Y 表示每稻株上葉蟬之百分率（即每稻株上之虫數 / 全部稻株上之虫數），以 X 表示間隔之稻株數（即距離，由釋放處至葉蟬所在之稻株），則葉蟬之分散可以下列方程式表示之：

$$\hat{Y} = a(1+x)^{-b}$$

方程式中 a 與 b 值愈小時，葉蟬愈分散。

方程式中 a 與 b 值，當其他情況相同時，不受若干因子所影響。例如釋放時之虫數，釋放之時間，釋放後之時間在五小時以內，差異不太大之行株距，及東格羅病株或健株等等對葉蟬之分散均無顯著之影響。

方程式中 a 與 b 值受若干已知因子所影響。例如稻株之大小，水稻品種之不同，及釋放後之日數等等對葉蟬之分散均有顯著之影響。水稻株高由 25 增至 71 公分時，a 值由 12 增至 64，b 值由 1.2 增至 3.5（圖二）。是故稻株愈小，葉蟬愈



距離 (與釋放處間隔株數)
Distance (no. of pots from point of release)

圖 2. 稻株高度對黑尾葉蟬分散之影響。

Fig 2. Dispersal of *Nephotettix virescens* adults on 36 pots of TN1 rice plants of different heights in screened cages the following morning after 100 insects/cage were released

分散。水稻品種不同時，所得之 a 值由 28 至 64，b 值由 2.0 至 2.8，葉蟬在抗葉蟬品種之稻株上似較分散，但因已試之品種不多，尙未敢斷言。釋放後之日數愈多，葉蟬愈分散。若釋放後之時間為 t 日（1 至 11 日），X 為間隔株數（0 至 5 株），e 為 2.718，Y 為每株上葉蟬百分數，則葉蟬之分散與距離及釋放後之日數之關係如下列方程式：

$$\hat{Y} = 69.8e^{-0.23t}(1+x)^{-2.6e^{-0.17t}}$$

若傳東格羅病葉蟬與無毒葉蟬之分散相似時，則病株在田間之分佈，可由葉蟬之分散而得一概念。

2. 原黑尾葉蟬數目對發病率之影響：當東格羅毒素源，水稻品種，稻苗數，環境，及時間均相同時，籠內原黑尾葉蟬成虫之數目(X)影響稻苗發病率(Y)之情形如圖3⁽⁹⁾，可用下列方程式表示之：

$$\hat{Y} = 100 - 100 / (1 + ax + bx^2)$$

目前已得到者為當供試虫在試期內之死亡率平均為 37% 時，a 值為 0.008，b 值為 0.000022。其死亡率為 62% 時，a 值為 0.004，b 值為 0.000013。是故 a 與 b 值之變異決定於供試虫在試期內之死亡率。死亡率低時，a 與 b 值皆較大，則發病率增加較多。

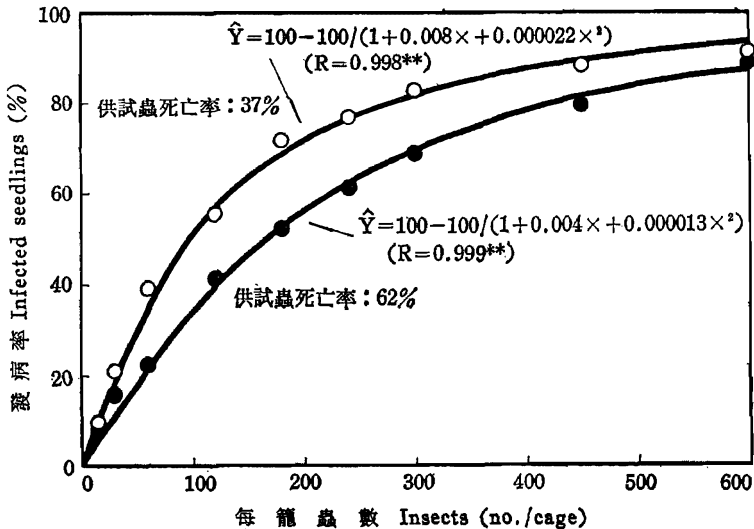


圖 3. 原黑尾葉蟬之數目對水稻東格羅病發病率之影響。

Fig 3. Effect of number of *Nephotettix virescens* adults on the percentage of tungro-infected seedlings

每虫所增加之發病率並不一致，其增加之發病率為 0.03 至 0.74%，通常原黑尾葉蟬之數目愈多時，再增加一隻虫，所增加之發病率愈低。

當每稻株之平均原黑尾葉蟬之數目相同時，同一面積內葉蟬之數目隨行株距

之不同而異。行株距愈大，該面積內之稻株數愈少，則總蟲數愈少。當每稻苗之原黑尾葉蟬均為 0.6 時，籠內之總蟲數 (X) 對供試稻苗發生東格羅病率 (Y) 之影響 (圖四) 如下列方程式：

$$\hat{Y} = 32 + 0.68x - 0.003x^2$$

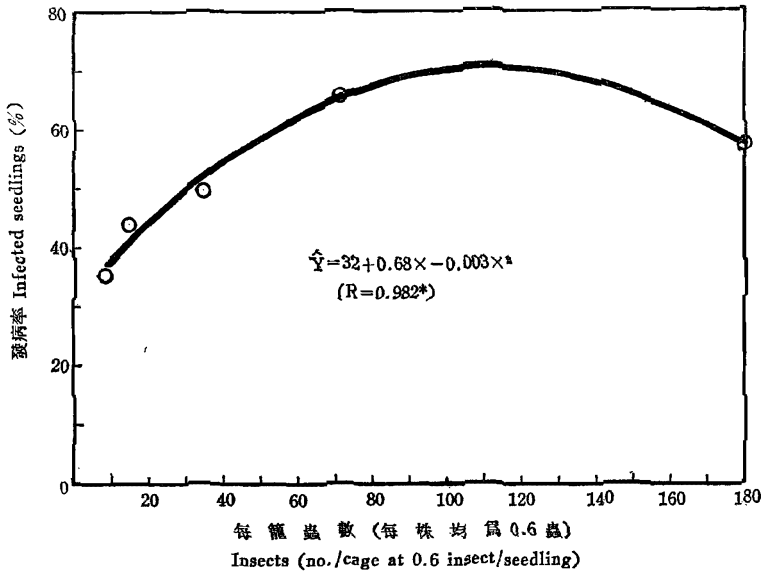


圖 4. 同為每苗 0.6 隻原黑尾葉蟬時，每籠蟲數對水稻東格羅病發病率之影響。

Fig 4. Effect of number of *Nephotettix virescens* adults per cage at 0.6 insect/seedling on the percentage of tungro-infected seedlings

總蟲數愈少，則行株距愈長，或因昆虫移動之關係，其發病率非為最高者。總蟲數愈多，則株數愈多，雖其總發病株數多，但其發病率亦非最高者⁽⁹⁾。

3. 原黑尾葉蟬逗留時間對發病率之影響：在同條件下，原黑尾葉蟬在籠子內之日數 (X) 對稻苗發生東格羅病率 (Y) 有顯著之影響。其影響 (圖五)⁽⁹⁾ 如下列方程式 ($e=2.718$)：

$$\hat{Y} = 100 (1 - e^{-0.1388x})$$

葉蟬逗留之時間愈長，其發病率愈高，但每延長一日所增加之發病率並不一致，其增加率由 1.0 至 12.8%，通常時間愈長時，再增加一日，所增加之發病率愈低。

在自然環境下，原黑尾葉蟬之總逗留時間則為其壽命，但對某一稻田而言，其逗留時間為由該虫遷入或出生之時間至該虫遷出或死亡之時間。一稻田裏媒介昆虫之壽命受殺虫劑之施用或其他因素之影響。

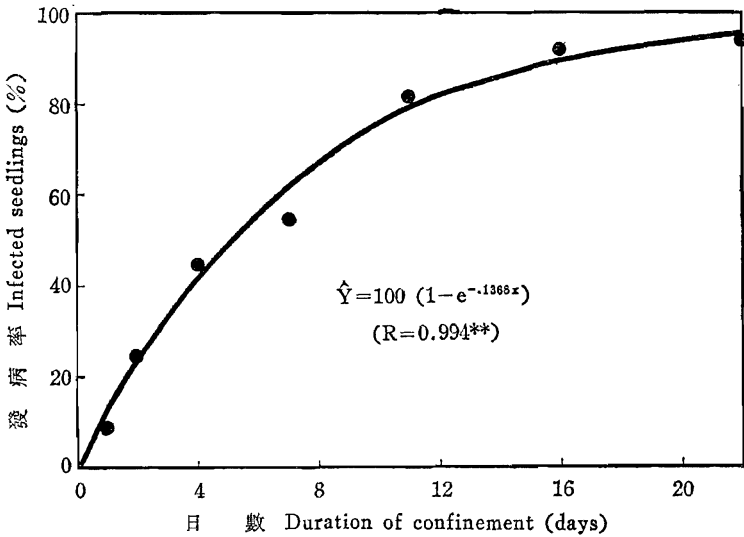


圖 5. 原黑尾葉蟬逗留日數對水稻東格羅病發病率之影響。

Fig 5. Effect of duration of confinement of *Nephotettix virescens* adults on percentage of tungro-infected seedlings

4. 原黑尾葉蟬之蟲齡對發病率之影響：原黑尾葉蟬之若蟲與成蟲，雖均可傳東格羅病⁽⁵⁾，但以流行學之概念而言，兩者並不完全相同，成蟲有翅能飛，其移動之範圍比若蟲大，若蟲得脫皮，原傳東格羅病之若蟲，脫皮後變為不傳病，得再吸取毒素才能再傳病⁽⁴⁾，不過成蟲在交尾時及雌蟲在產卵時因不吸取食物而不傳病。此皆說明若蟲與成蟲在田間傳播東格羅病基本上之差異。

用籠子法重複試驗若蟲（供試總苗數為 10,837）與成蟲（供試總苗數為 10,725）在其他條件相同時對發病率之影響，前者之平均發病率為 20.2%，後者為 62.4%，是故成蟲較若蟲在羣體中傳播東格羅病之能力高約三倍⁽⁹⁾。

(二) 毒素源要素

(甲) 帶毒或傳病之原黑尾葉蟬

因東格羅毒素在媒介昆蟲體內係暫時性⁽¹²⁾，該蟲非毒素之寄主。理論上，東格羅病的毒素源應為罹病植株。但葉蟬由病株吸得毒素後，成為帶毒蟲，該蟲將毒素接種到植株體內，故就植株言，毒素之來源為傳病蟲。是故帶毒蟲及傳病蟲該歸入媒介昆蟲要素抑或毒素源要素內，乃見仁見智之問題，目前暫將其歸列於後者。

1. 帶毒原黑尾葉蟬之移動與稻苗罹病：葉蟬之移動 (Movement) 由刺激所引起，但受內在因子之控制及外界因子之影響。移動之含義為一個體的所在地方、位置、及姿勢之改變。但一帶毒蟲由一葉片上之一部位移至另一部位，或由一

株的一葉片移至另一葉片，若永遠在這一株上移動，其結果最多為該株罹病，該虫的移動不能再增加病株數。所以本節內所謂之移動限於帶毒虫由一稻苗移至另一稻苗，或移出稻苗，或移回稻苗，因此三種移動對病株數之增減有關。

用籠子法觀察單隻帶東格羅毒素之原黑尾葉蟬在一鉢二十五株苗上由上午八時至下午五時，每小時之位置而決定其移動情形。所得之結果⁽¹¹⁾顯示在觀察期間內，每小時均有若干帶毒葉蟬移動，但每小時移動的虫數百分率並不相同。其移動多為由一稻苗移至另一稻苗。但水稻品種之不同，其移動情形亦異。

在 IR 8 稻苗上之帶毒葉蟬較在臺中在來一號稻苗上者，不但移動的虫數百分率高，而且平均每虫移動的次數也多（圖六），但葉蟬在稻苗上之總時間較短，因在 IR 8 稻苗上之葉蟬多做移出稻苗移動的關係。此三點基本上之差異，導致在同一時間內，被帶毒虫接觸（亦為接種）過的 IR 8 稻苗比臺中在來一號者多，但平均每 IR 8 苗被接觸的時間（亦為接種時間）短。

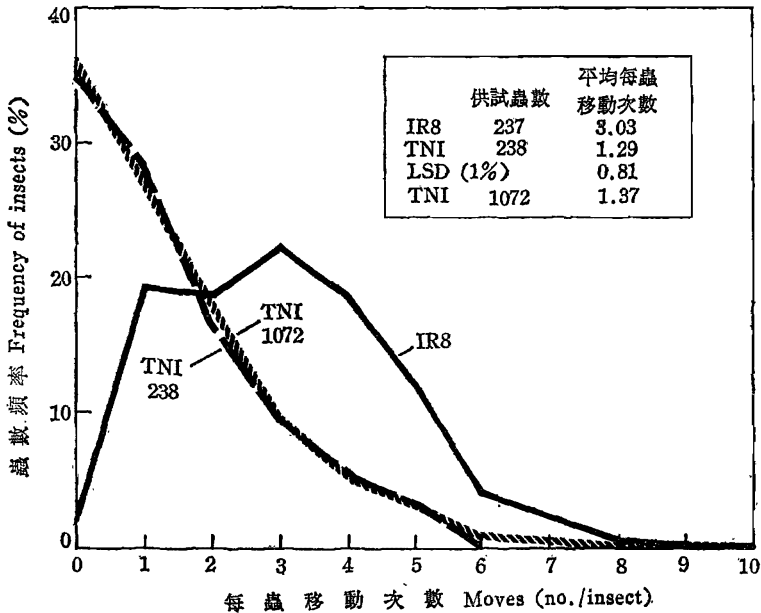


圖 6. 帶水稻東格羅毒素之原黑尾葉蟬以其在臺中在來一號(TN1)與 IR 8 稻苗上由上午八時至下午五時移動總次數之頻率。

Fig 6. Number of moves of tungro-viruliferous *Nephotettix virescens* observed hourly from 08:00 to 17:00 hours while the insects were confined with IR8 or TNI seedlings

雖然 IR 8 稻苗被帶毒虫接觸過者多，但其罹病苗數反不及臺中在來一號者。其原因或係 IR 8 比較抵抗東格羅病之關係，但更可能的是每 IR 8 苗被帶毒虫接觸的時間較短之故。

接種時間之長短影響稻苗之罹病率⁽⁶⁾。比較 IR 8 或臺中在來一號罹病苗與未罹病苗被帶毒虫或傳病虫接觸之平均時數(表二)，顯示不論何品種，罹病苗之帶毒虫或傳病虫之接觸時數均較未罹病者長，其差異達極顯著程度。

通常都認為媒介昆虫株間移動的次數愈多，被接種之植株數也愈多，則病毒之猖獗程度亦增高。其實不盡然，媒介昆虫若不作株間移動，罹病株數不可能增加，媒介昆虫之株間移動固可增加罹病株數，但並不是移動次數愈多，罹病株數也愈多。例如，一隻傳病虫在每短於最短接種成功的時間內由一株移到另一株，則該虫之移動次數非常多，但無一植株會罹病。是故表二之結果可用來說明田間水稻東格羅病之發病率不但決定於帶毒虫移動之次數，同時也決定於該虫在每株上逗留或接種之時間。

表 2. 罹東格羅病及未罹病稻苗之帶毒及傳病原黑尾葉蟬接觸時數
Table 2. Average duration of visits to tungro-infected and uninfected IR8 and Taichung Native 1 rice seedlings from viruliferous and infective *Nephotettix virescens*

葉 蟬 Vector	稻 苗 Seedling	IR8		臺中在來一號 TN 1	
		供試苗數 Seedlings	接觸時數 Insect time on seedling (hr/seedling)	供試苗數 Seedlings	接觸時數 Insect time on seedling (hr/seedling)
帶 毒 者 ^a Viruliferous	罹 病 者 Infected	63	3.30	541	6.62
	未 罹 病 者 Uninfected	655	1.93	1,119	3.62
	LSD(1%)		1.32		1.14
傳 病 者 ^b Infective	罹 病 者 Infected	63	3.67	541	6.90
	未 罹 病 者 Uninfected	100	1.86	275	1.78
	LSD(1%)		0.91		0.42

^a IR8與臺中均來一號分別為十二次與卅五次試驗之平均數。

Average of 12 trials for IR8, 35 trials for TN1.

^b IR8與臺中在來一號分別為52隻與459隻蟲之平均數。

Average of 52 insets for IR8, 459 insects for TN 1.

2. 帶毒原黑尾葉蟬對發病率之影響：

帶東格羅病毒原黑尾葉蟬之數目及其逗留時間均影響發病率(圖七)，帶毒虫數增多時或逗留時間加長時，供試稻株之發病率亦增高⁽⁷⁾。

用萌芽箱代替秧田，放在籠子內，播種後兩週，釋放不同數目之帶東格羅毒

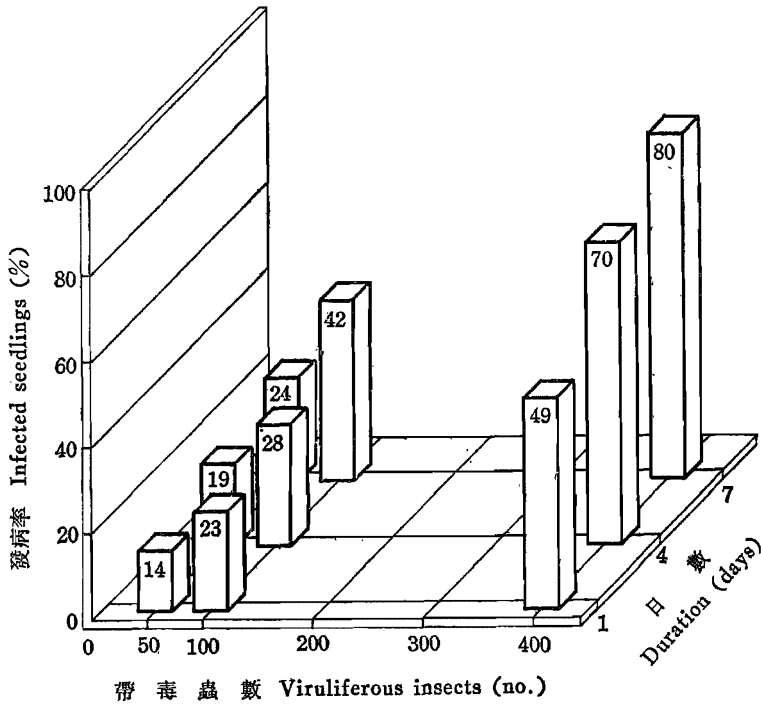


圖 7. 帶水稻東格羅毒素原黑尾葉蟬之數目及逗留時間對發病率之影響。

Fig 7. Effect of number and duration of caged viruliferous *Nephotettix virescens* on the percentage of tungro-infected rice seedlings

素原黑尾葉蟬，經兩週後，取出秧苗，殺除葉蟬，讓秧苗發病，得其發病率。試驗一百廿箱，八萬七千多苗（不包括調查前死亡者），所得之發病率（Y）受釋放於籠內帶毒蟲數目之影響（圖八）⁽⁸⁾若釋放之帶毒蟲以每籠之蟲數（ x_1 ）計算時，其影響如下列方程式：

$$\hat{Y} = 100 - 100e^{-0.0034x_1}$$

若釋放之帶毒蟲數以每成活苗之平均蟲數（ x_2 ）計算時，其影響如下列方程式：

$$\hat{Y} = 100 - 100e^{-0.028x_2}$$

由上列方程式得知每苗之帶毒蟲數由 0 增至 1 時，稻苗發病率由 0 增至約 94%，每苗之帶毒蟲數再由 1 增加時，所能增加之發病率僅不過 6%，因發病率最高者為 100%。

此結果提示秧田裏帶毒蟲之防除得澈底，否則收效不大。

3. 傳病原黑尾葉蟬之致病量

一隻傳病的媒介昆蟲在一定時間內能致多少植株罹病，簡稱之謂傳病蟲之致

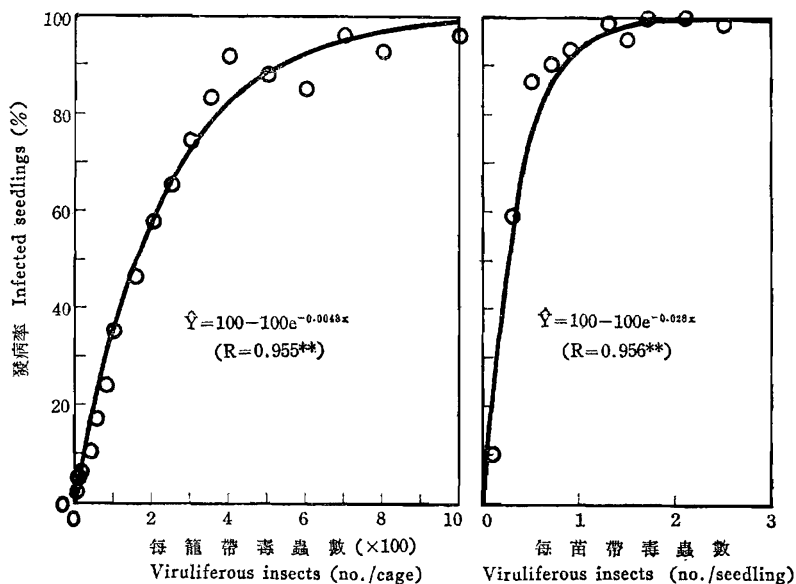


圖 8. 帶水稻東格羅毒素原黑尾葉蟬之數目對秧苗發病率之影響。

Fig 8. Effect of number of viruliferous *Nephotettix virescens* on seedling infection with tungro

病量 (Infective capacity)⁽⁸⁾。致病量應着重於最大者，且其時間宜以一日為單位，便於計算及比較。

一隻傳東格羅病之原黑尾葉蟬在一天內最多可致多少稻苗罹病，似可用最短接種成功之時間計算之。東格羅病之最短接種成功時間為五分鐘⁽⁸⁾，則一日內可致 288 (24小時×60分鐘÷5分鐘) 稻株罹病。再者東格羅毒素在虫體內係暫時性，且半數以上之傳病虫翌日失去其致病力⁽⁸⁾。若毒素在一隻虫體內之消失亦如此，則一隻傳病原黑尾葉蟬，若無機會再吸取毒素時，在有生之日內，其最大致病量為 576 (2×288 (1+0.5ⁿ))，n 為無窮大時) 株。實際上，原黑尾葉蟬恐無此能力。

用單株接種法，由上午八時起每隔一段時間讓帶毒虫接種稻苗一株，如此連續至下午六時，所得之結果如表三⁽⁸⁾。顯而易見，每次接種之時間愈短，在十小時內接種之稻苗愈多，但稻苗之發病率則愈短，此與前述之接種時間之長短影響發病率相同。是故傳病葉蟬之最大致病量既未能得自每次接種時間最短者（即接種之苗數最多），亦未能得自每次接種時間最長者（即發病率最高），而係接種苗數與發病率之乘積。

根據表三之結果，故假定傳病原黑尾葉蟬在十小時內之致病情形維持到二十四小時而不變，則其致病量如圖九⁽⁸⁾。其最大致病量為一日三十株，得自每次接種時間為十五或三十分鐘。每接種時間為六十分鐘時，即或每接種之稻苗均罹病

表 3. 傳東格羅病之原黑尾葉蟬在十小時內連續在不同分鐘下
接種稻苗之發病率

Table 3. Percentages of seedlings infected by tungro-infective *Nephotettix virescens* serially transferred at different time intervals from 08 : 00 to 18 : 00 hours

每 苗 接 種 分 鐘 數 Transfer interval (min.)	供 試 傳 病 蟲 數 Infective insects (no.)	每 種 接 種 苗 數 Seedlings exposed to each insect (no.)	成 活 總 苗 數 Total survival of seedlings (no.)	稻 苗 發 病 率 Infected seedlings (%)		
				最 低 Min.	平 均 Avg ^a	最 高 Max.
5	21	120	2,415	0.9	2.0 ^a	5.4
10	17	60	984	1.7	7.3 ^b	19.0
15	26	40	986	2.6	11.8 ^b	31.4
30	23	20	441	5.0	24.1 ^c	63.2
60	31	10	288	10.0	40.6 ^d	90.0

^a 英文字母同者，其差異未達5%之顯著程度。

Means followed by a common letter are not significantly different at the 5% level.

，其最大致病量為24株，此僅較試驗結果推算所得之 21.6 株略多。若每次接種時間再由六十分鐘加長時，其最大致病量則逐漸減小，因受廿四小時內能夠接種苗數之限制。

最大致病量為三十株的意義是一隻傳東格羅病的原黑尾葉蟬在秧田或本田裏，不論是人為或自然因子促進其由一株移到另一株，也不論該虫在一天內移動了多少次，該虫在一天內最多祇能致三十苗罹病。若該虫再無機會吸取毒素，在它一生中最多祇能於維持傳病力兩天之時間內，致六十株稻苗罹東格羅病。此與用最短接種成功時間計算所得者相差多矣。

最大之致病量，因虫之個別傳病能力及環境而略有出入。目前已得到傳病原黑尾葉蟬之最大致病量為一日四十株，係在 34°C 恆溫環境下試驗所得之結果換算的⁽¹²⁾。

上述之最大致病量係人為促進傳病原黑尾葉蟬由一株移至另一株。若讓該虫自己移動，目前得到之最大致病量為一日約十一株，係由在九小時內致四株罹病之結果換算的⁽¹¹⁾。

(乙) 病株為毒源

1. 病株數對發病率之影響：

毒源為病株時，其量之計算則甚複雜，如計算病株數加入病株之分蘗數、葉片數、及葉片之大小等等。為簡便起見，以病株數為毒源之量。病株數雖可直接用每單位面積之數目表示之，但用籠子法試驗時，以一籠內病株鉢數百分率

(X) 表示毒素源之量，當其量為6.25 至 50%時，對發病率 (Y) 之影響 (圖十)⁽¹⁰⁾如下列方程式：

$$\text{原黑尾葉蟬爲成虫時 } \hat{Y} = 37.39 + 0.9753X$$

$$\text{原黑尾葉蟬爲若虫時 } \hat{Y} = 16.88 + 0.7346X$$

則在供試毒素源之範圍內，發病率與毒素源之量成直線關係。但籠子內無毒素源時，稻苗未罹病，發病率為 0 %。全籠都是病株時，發病率為 100%，若此兩點加入試驗所得之結果時，則毒素源量對發病率之影響 (圖十) 如下列方程式：

$$\text{原黑尾葉蟬爲成虫時 } \hat{Y} = -0.673x + 16.73\sqrt{x}$$

$$\text{原黑尾葉蟬爲若虫時 } \hat{Y} = 0.5263x + 4.737\sqrt{x}$$

方程式表示毒素源量增加時，發病率亦隨之增加，但增加率並不一致。毒素源之量多時，增加率低。其增加率亦因原黑尾葉蟬爲成虫或若虫而異。

2. 病株之排列對發病率之影響

用籠子法試驗病株之數目相同時，其排列之不同對發病率有無影響。一籠內十六鉢中四鉢爲病株時，其排列方法計有 1,820種，試驗其中之十種，其排列與

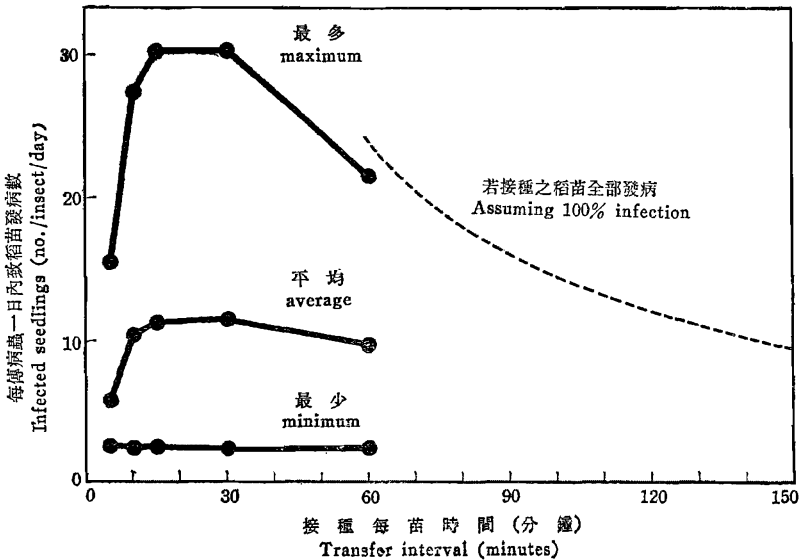


圖 9. 水稻東格羅病之媒介虫原黑尾葉蟬之致病量 (以試驗十小時之結果換算爲二十四小時)。

Fig 9. Calculated number of TN1 seedlings infected with tungro by an infective *Nephotettix virescens* during different transfer intervals in 24-hour day assuming that the infectivity of the insect during the first 10-hour period remains constant for the rest of the day

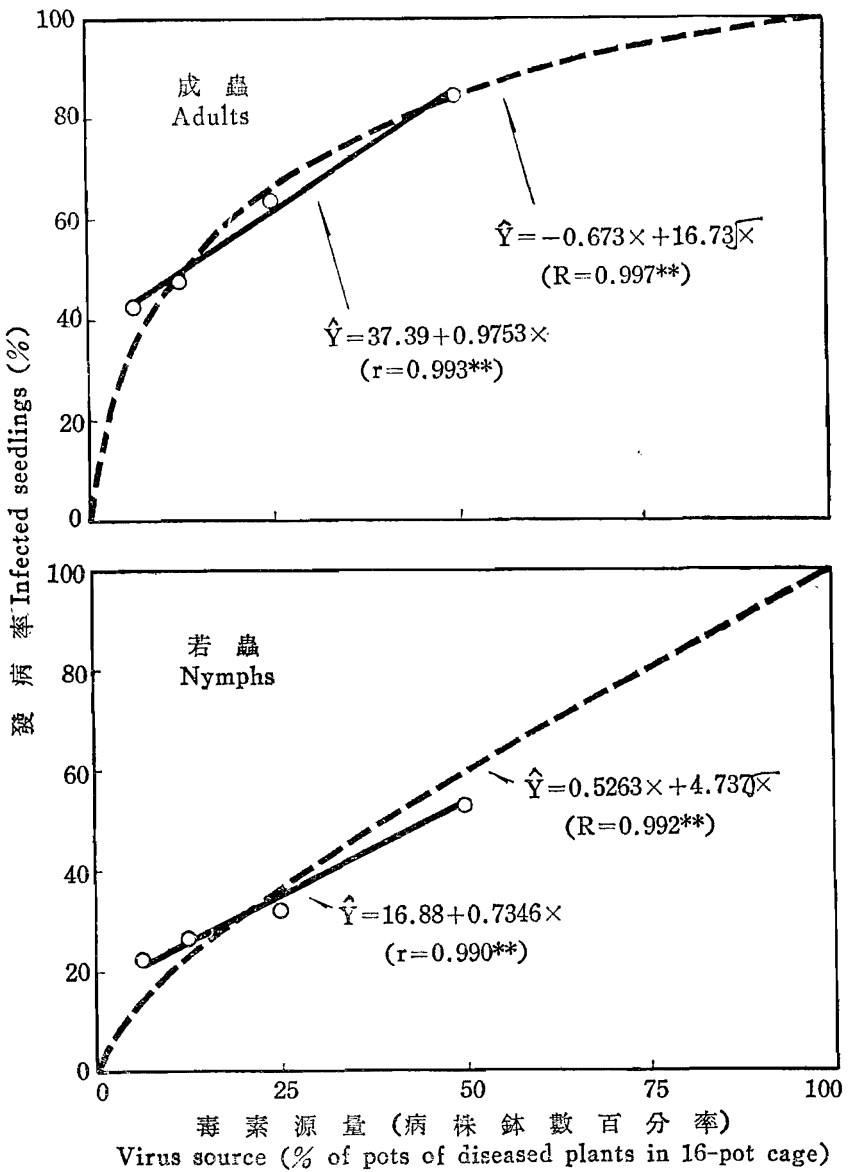


圖10. 水稻東格羅毒素源量對發病率之影響。

Fig 10. Effect of amount of virus source on the percentage of tungro infected seedlings of Taichung Native 1

所得之發病率如圖十一⁽¹⁰⁾。顯示不論毒素源病株如何排列，罹病稻苗並不集中而分散於籠內各處。其總發病率似有隨毒素源病株分散排列於籠內時而略增高之趨勢。

3. 病株之位置對發病率之影響

籠內各位置之稻苗東格羅病發病率並不一致如圖十一及圖十二⁽¹⁰⁾。其差異之原因尙未完全了解。其原因之一與供試稻苗鄰近周圍毒素源病株之多少有關。其趨勢為鄰近毒素源病株多者，其發病率高，如圖十二上半部，其中四角僅鄰接一毒素源病株，其發病率較其他鄰接二毒素源病株者少4至6%，其差異達顯著程度。

另一原因與毒素源病株之距離有關，其趨勢為接近毒素源病株者發病率高，如圖十二下半部，稻苗與毒素源病株之距離為A>B>C，但其發病率為C>B>A。

4. 直接毒素源之最長距離：直接毒素源之最長距離係指一病株之毒素被一隻媒介昆蟲吸取後，直接傳到一健株，該病株與健株間之最長距離。理論上，若毒素在虫體內為永續性(Persistent)，一隻媒介昆蟲由一病株吸取毒素後，其致病力保持時間常與該虫之壽命相似，是故直接毒素源之最長距離應為該虫之壽命(日數為單位)與該虫在一日內能夠遷移最長距離之乘積。

水稻東格羅病直接毒素源之最長距離，目前尙缺試驗結果，但現有兩項資料：(1)東格羅毒素在虫體內為暫時性，其在常溫下原黑尾葉蟬在吸毒後，其致病力保持之最長日數目前得到者為六日^(5,12)。(2)Miyashita氏等⁽¹⁴⁾報告偽黑尾葉蟬(*Nephotettix cincticeps*)在稻田裏一日內最長移動之距離為41公尺。假如原黑尾葉蟬之移動距離與偽黑尾葉蟬相同，則東格羅病直接毒素源之最長距離為250(41×6)公尺。超過250公尺，該葉蟬所需之移動日數超過六日，則該虫由病株到達健株時已失去致病力。但直接毒素源之最長距離必因移動能力較大之葉蟬或葉蟬移動時受大風之吹送而增加。

5. 不同稻種病株對發病率之影響：不同水稻品種罹東格羅病之病株供原黑尾葉蟬吹取毒素後，其傳病虫率不同⁽²⁾，故稱之謂毒素源質之不同。

用籠子法試四水稻品種病株為毒素源對發病率之影響。所得之結果如表四⁽¹⁰⁾顯示以C4-63G及IR 20之病株為毒素源時，供試稻苗之發病率顯較以IR 22及臺中在來一號之病株為毒素源時低。可見發病率受毒素源質之不同而異。

(三) 密主要素

1. 不同水稻品種之發病率：水稻品種之不同，其感染東格羅病之程度亦異。在同情況下，用籠子法試得之結果如表五⁽²⁾，顯示品種間發病率之差異可達顯著程度。

2. 不同水稻品系之發病率：同情況下，水稻品系間發病率之差異亦可達顯著程度(表六)⁽²⁾。

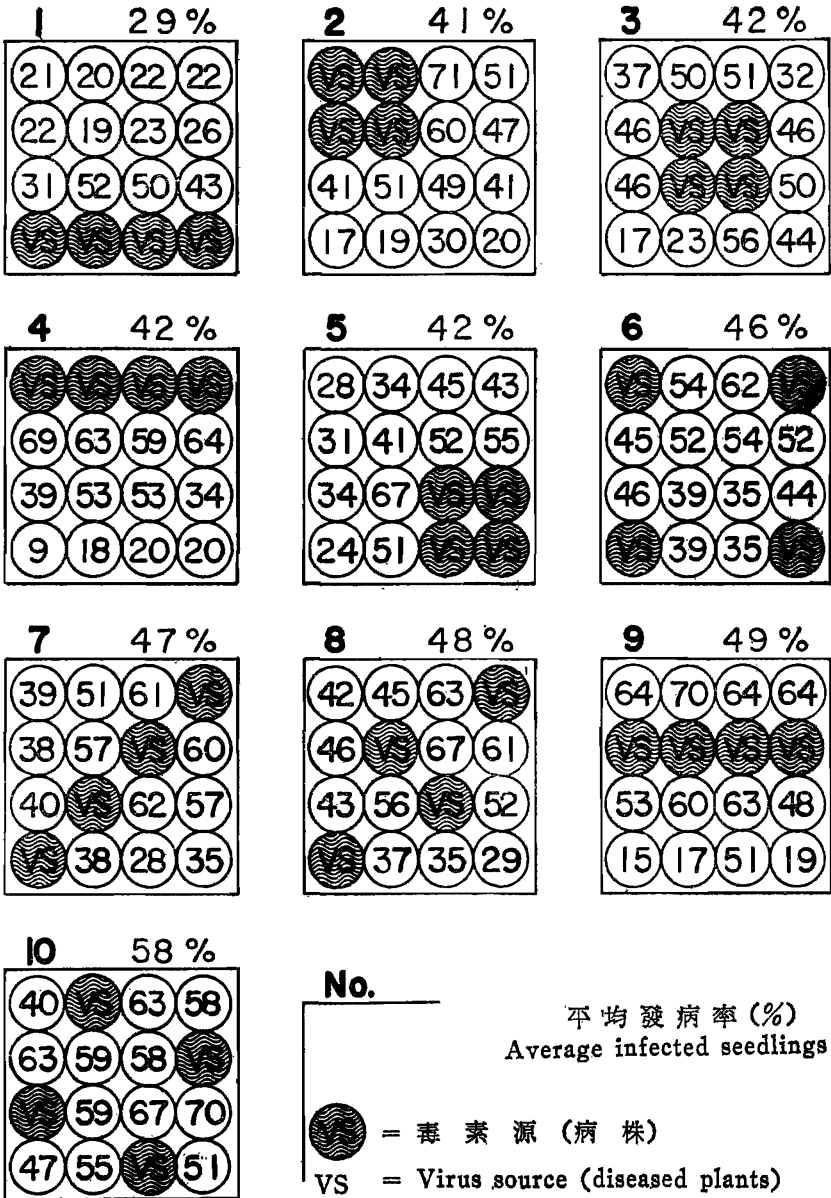
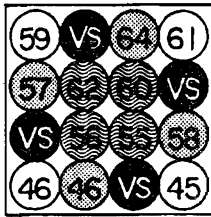
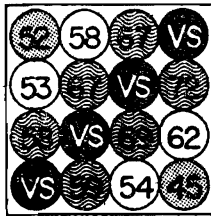


圖11. 水稻東格羅毒素源之排列對發病率之影響。

Fig 11. Percentage of tungro-infected seedlings of each pot in cages with various arrangements of virus source



位 置 Location	供試苗數 Seedlings Tested	發病率 Infected(%)
○ Corner	8042	52 a
● Side	8008	56 b
⊙ Center	8015	58 b



位 置 Location	供試苗數 Seedlings Tested	發病率 Infected(%)
● A	2121	48 a
○ B	4255	57 b
⊙ C	6277	65 c

● VS = 毒 素 源 (病 株)

VS=Virus source (diseased plants)

圖12. 水稻東格羅病毒源之位置對發病率之影響。

Fig 12. Percentage of tungro-infected seedlings of each pot at different distance from the virus source in a cage (means followed by a common letter are not significantly different at the 5% level)

表 4. 不同水稻品種東格羅病病株作病毒源時對發病率之影響

Table 4. Percentage of tungro-infected seedlings of the rice variety Taichung Native 1 when diseased plants of different varieties acted as virus sources in cages with 180 adult insects of *Nephotettix virescens* for 7 days

病株品種(病毒源) Virus source (variety)	供試稻苗數 No. TN1 seedlings tested	發 病 率 ^a % Infected seedlings*
IR 20	4,604	29 ^a
C4-63G	4,502	32 ^a
IR 22	4,326	63 ^b
臺中在來一號 TN 1	4,347	71 ^b

* 英文字母同時，其差異未達 5%之顯著程度。

Means followed by a common letter are not significantly different at the 5% level.

表 5. 同情況下用籠子法試得各水稻品種東格羅病之發病率
 Table 5. Seedling infection of different rice varieties tested by the cage method

水稻品種 Rice variety	供試苗數 Seedlings tested (no.)	發病率* Seedlings infected (%)
IR 24	1,701	17 ^a
IR 8	1,739	23 ^a
IR 5	1,689	24 ^a
IR 20	1,619	43 ^b
IR 22	1,714	62 ^c
臺中在來一號 TN 1	1,635	68 ^c

* 英文字母同者，其差異未達5%之顯著程度。

Means followed by a common letter are not significantly different at the 5% level.

表 6. 同情況下用籠子法試得各水稻品系東格羅病之發病率
 Table 6. Seedling infection of different rice lines tested by the cage method

水稻品系 Rice line	供試苗數 Seedlings tested (no.)	發病率* Seedlings infected (%)
IR 1541-76-3-65	1,612	20 ^a
IR 1514A-E597-2	1,719	25 ^{a,b}
IR 2061-464-4	1,326	27 ^{a,b}
IR 1529-680-3-2	1,535	32 ^{b,c}
IR 442-2-58	1,720	37 ^c
IR 1561-228-3-3	1,683	58 ^d

* 英文字母同者，其差異未達 5%之顯著程度。

Means followed by a common letter are not significantly different at the 5% level.

(四)、環境要素

1. 氣溫對發病率之影響：在人工氣象室 (Phytotron) 內，用籠子法探究氣溫對東格羅病發病率之影響，得結果如表七⁽¹²⁾。日夜溫度增高時，發病率亦隨之增高。但每籠毒素源病株為四鉢時，日/夜溫度由 24/16 至 30/22°C，發病率之差異未達顯著程度。每籠毒素源病株為一鉢時，在日/夜溫度 24/16°C 之發病率顯較在 30/22°C 者低。但發病率在日夜溫度 24/16°C 與 27/19°C 或在 27/19°C 與 30/22°C 之差異未達顯著程度。可見氣溫對發病率之影響受毒素源量之多少所左右。

表 7. 不同晝夜溫度結合下稻苗東格羅病之發病率

Table 7. Effect of temperature and virus source availability on the spreading of tungro virus by *Nephotettix virescens* in a susceptible rice variety (Taichung Native 1)

日/夜溫度 (各十二小時) Day/night temperature ^a	毒源病株每籠一鉢 With 1 pot of diseased plants		毒源病株每籠四鉢 With 4 pots of diseased plants	
	供試苗數 Seedlings tested (no.)	發病率 ^b Seedlings infected (%)	供試苗數 Seedlings tested (no.)	發病率 ^b Seedlings infected (%)
24/16°C	1,717	33.5 ^a	1,373	61.9 ^a
27/19°C	1,682	37.1 ^{a,b}	1,382	67.4 ^a
30/22°C	1,716	43.1 ^b	1,360	72.5 ^a

^a 晝夜溫度各12小時。

12-hour day/12-hour night.

^b 各欄內同英文字母者，其差異未達 5%之顯著程度。

For each column, means followed by a common letter are not significantly different at the 5% level.

2. 灌水對發病率之影響：所謂灌水者，係籠內之稻苗種植於花鉢內，得每日灌水供稻苗所需。灌水操作似可促進籠內原黑尾葉蟬之移動而增加稻苗東格羅病之發病率，但每次灌水促進葉蟬移動之程度無法加以控制，故總共用約一萬五千苗之重複試驗結果，得灌水者之發病率為 46.2%，未灌水者為 31.9%，其比率為 1.45:1，可見灌水操作確可增加發病率。但其比率因供試虫齡而異，供試原黑尾葉蟬為若虫時，其灌水與未灌水發病率之比率為 2.65:1，若供試虫為成虫時，其比例為 1.20:1，可見灌水導致若虫對發病率之影響大。

五、結 語

流行學雖為研究作物病害重要課題之一，但目前對由葉蟬傳播作物毒源病害流行學之研究而有完整之資料者不多，其原因有三：(1) 缺乏研究之方法。前述之籠子法，雖可用於探究某些因素對發病率之影響，但非無缺點，今後若能完善之研究方法，研究流行學之進展必能加速。(2) 影響病害猖獗程度之因素太多，且因素間相互之關係對病害猖獗程度之影響更是複雜，其原因為葉蟬傳播之毒源病害較菌類病害多一生物因素。但待對整個問題有所瞭解後，選出重要者，或可簡化之。(3) 影響病害猖獗程度之因素常不固定，例如田間媒介昆虫之密度因遷入、出生、遷出、及死亡而隨時變更，籠子法雖可阻止媒介昆虫之遷入與遷出，但其出生與死亡則無法控制。是故得重複試驗之以減少同一因素對病害猖獗程度影響之差異。

水稻東格羅病流行學之研究雖分為統計流行學與試驗流行學，其實前者為收集現象後者為瞭解現象，目前雖並駕齊驅，但最終乃殊途同歸。

水稻東格羅病之猖獗程度決定於媒介昆蟲、毒源、水稻、環境、及時間等要素。用籠子法已證明媒介昆蟲之數目、媒介昆蟲之壽命、媒介昆蟲之蟲齡、毒源之量、毒源之距離、毒源之質、水稻品種及品系、氣溫、及灌水操作等等對稻苗東格羅病發病率之影響，但尚有許多因素對發病率之影響，尤其是因素相互之間對發病率之影響，均有待試驗研究，以求達到綜合所有主要因素對發病率之影響。

作物病害猖獗程度之預測，通常係正面的預測，意為預測病害之發生可達何種程度，但控制病害猖獗程度之因素愈多時，其預測之可靠性愈低，因愈多的因素可隨時變更之故也。另一種預測或可稱之謂「反面的預測」，借用自 Schrödter 與 Ullrich 兩氏⁽¹⁵⁾所給之德語名詞“Negativprognose”，其意為預測病害不可能大發生，此種反面的預測似較簡易，因凡控制病害大發生之任何主要因素缺少時，病害不可能大發生。例如若田間無媒介昆蟲，或無毒源，或稻株已近成熟期，則可斷定無東格羅病大發生之可能。

六、參 考 文 獻

1. 林克治 1971。水稻 Tungro 病 邱人璋主編 稻作病害 p. 199—236. 中國農村復興聯合委員會刊印。
2. International Rice Research Institute, Los Baños, Philippines. Annual Report for 1973, p. 127-135.
3. International Rice Research Institute, Los Baños, Philippines. Annual Report for 1975, p. 212-213.
4. Ling, K. C. 1966. Nonpersistence of tungro virus of rice in its leafhopper vector, *Nephotettix impicticeps*. *Phytopathology* 56:1252-1256.
5. Ling, K. C. 1972. Rice virus diseases. International Rice Research Institute, Los Baños, Philippines. 142p.
6. Ling, K. C. 1974. An improved mass screening method for testing the resistance of rice varieties to tungro disease in the greenhouse. *Philippine Phytopathol.* 10:19-30.
7. Ling, K. C. 1974. A cage method for studying experimental epidemiology of rice tungro disease. *Philippine Phytopathol.* 10:31-41.
8. Ling, K. C. 1974. The capacity of *Nephotettix virescens* to infect rice seedlings with tungro. *Philippine Phytopathol.* 10:42-49.
9. Ling, K. C. 1975. Experimental epidemiology of rice tungro disease I. Effect of some factors of vector (*Nephotettix virescens*) on disease incidence. *Philippine Phytopathol.* 11:11-20.
10. Ling, K. C. 1975. Experimental epidemiology of rice tungro disease II. Effect of virus source on disease incidence. *Philippine Phytopathol.* 11:21-31.

11. Ling, K. C., and M. P. Carbonell. 1975. Movement of individual viruliferous *Nephotettix virescens* in cages and tungro infection of rice seedlings. *Philippine Phytopathol.* 11:32-45.
12. Ling, K. C., and E. R. Tiongeo. 1977. Transmission of rice tungro virus at various temperatures: A transitory virus-vector interaction. *IRRI Res. Pap. Ser.* 4:1-26.
13. Ling, K. C., and E. R. Tiongeo. 1977. Dispersal of *Nephotettix virescens* (unpublished).
14. Miyashita, K., Y. Ito, S. Yasuo, A. Yamaguchi, and M. Ishii. 1964. Studies on the dispersal of plant- and leafhoppers II. Dispersals of *Delphacodes striatella* Fallen, *Nephotettix cincticeps* Uhler, and *Deltocephalis dorsalis* Motschulsky in nursery and paddy field. *Japanese Jour. Ecology* 14:233-241.
15. Schrödter, H., and J. Ullrich. 1966. Weitere Untersuchungen zur Biometeorologie und Epidemiologie von *Phytophthora infestans* (Mont.) de By. Ein neues Konzept zur Lösung des Problems der epidemiologischen Prognose. *Phytopath. Z.* 56:265-278.

Epidemiological Studies of Rice Tungro Disease

K. C. Ling

The International Rice Research Institute
Los Baños, Laguna, Philippines

Two approaches to investigation of the epidemiology of rice tungro disease are the statistical and the experimental. The statistical epidemiology of the disease was studied by collecting, collating, and analyzing observations of its incidence and of information on existing factors related to the disease in 37 farmer's fields in Luzon, Philippines. Results obtained in 4 years of study seemed to indicate that tungro disease incidence between June and October was correlated to the average number of insect vectors and the percentage of infective insects present between April and June (Table 1).

The experimental epidemiology of rice tungro disease emphasized on the effects of various factors on disease incidence as determined by the cage method (Fig. 1). The factors were classified in four groups—insect vector, virus source, host, and environment. Study, illustration, and discussion dealt with the following topics: dispersal of *Nephotettix virescens* (Fig. 2), effects of number of insects (Figs. 3, 4) and duration of confinement of the insects (Fig. 5) on seedling infection, differences in seedling infection by nymphs and adults, movement of viruliferous *N. virescens* and seedling infection (Table 2, Fig. 6), effect of viruliferous insects on seedling

infection (Figs. 7, 8), capacity of *N. virescens* to infect seedlings (Table 3, Fig. 9), effects of number of diseased plants (Fig. 10) and arrangement of diseased plants (Figs. 11, 12) on seedling infection, estimated maximum distance of a direct virus source, effect of diseased plants of different rice varieties on seedling infection (Table 4), difference in infection among rice varieties (Table 5) and rice lines (Table 6), and effects of ambient temperature (Table 7) and watering the seedlings on seedling infection.

The incidence of rice tungro disease is undoubtedly governed by a number of factors. It should be easier to make a negative prediction than a positive prediction of the disease outbreak, because an outbreak should not occur when any factor essential to its occurrence does not exist in fields.

邱人璋主編

水稻病蟲害：生態學與流行學

農復會1978年12月刊行 p. 139—166。

水稻黃萎病之流行病學

陳慶忠¹

目 錄

- 一、前言
- 二、臺灣水稻黃萎病發生概況
- 三、黃萎病之媒介昆蟲傳播
- 四、傳病媒介昆蟲週年消長
- 五、黃萎病之傳播圈
- 六、水稻之感染與發病及其對生長的影響
- 七、發生預測
- 八、參考文獻
- 九、英文摘要

一、前 言

水稻毒素病或類似病害已記載者有十二種之多⁽⁷⁷⁾，分佈於臺灣者計有四種，即黃萎病 (Yellow dwarf)^(68,68)，黃葉病 (Transitory yellowing)⁽⁶⁷⁾，縞葉枯病 (Stripe)⁽⁶¹⁾及草狀矮化病 (Grassy stunt)⁽⁶²⁾。其中以黃萎病發生歷史最久，分佈範圍最廣，為害面積最大，且對稻作生產最具威脅性。

黃萎病已知可由五種黑尾浮塵子即 *Nephotettix cincticeps* (Uhler)⁽⁵⁹⁾，*N. nigropictus* (Stal)⁽⁷⁾，*N. virescens* (Distant)⁽⁶¹⁾，*N. malayanus* (Ishihara & Kawase)⁽⁷⁸⁾ 及 *N. parvus* (Ishihara & Kawase)⁽⁷⁸⁾ 媒介傳播。其中分佈於本省之媒介蟲種類計有三種即 *N. cincticeps*，*N. nigropictus* 及 *N. virescens*^(29, 39, 40)。黃萎病為一種類似菌質體 (Mycoplasma-like organism)^(9, 21, 25)所引起之系統性水稻病害。

黃萎病之最早文獻記載見於1919年日本高知農事試驗場年報⁽⁶⁹⁾。飯田氏⁽⁷¹⁾指出1910~1920年間日本四國南部最先確認其發生，並經高知農事試驗場研究指出可能由黑尾浮塵子 (*N. cincticeps*) 傳播，浮塵子傳播黃萎病事實，後經飯田與新海二氏⁽⁵⁹⁾試驗證明。在臺灣黃萎病之文獻首見於1940年黑澤之報告⁽⁵⁸⁾。

1 台中區農業改良場技正

他根據田間觀察，推斷黃萎病可能屬於水稻毒素病之一種，並指出大約在1925年前後，正當本省引進蓬萊稻試作成功，第二期作栽培成爲可行之際即已見本病發生。除日本、臺灣以外，黃萎病尚分佈於馬來西亞、泰國、菲律賓^(78,79)，印度南方⁽⁸⁰⁾，錫蘭⁽⁶⁶⁾，東巴基斯坦^(71,72)、琉球⁽⁶⁹⁾、海南島與華南⁽⁶⁹⁾等地，爲東南亞水稻特有之病害。惟僅臺灣及日本有嚴重被害之記錄。至於熱帶地區水稻黃萎病並未見有成災之記載，其原因據林克治博士的意見，可能由於病原在虫體內之潛伏期較媒介昆虫壽命爲長或相近，而致媒介昆虫未能有效傳播病害。

二、臺灣水稻黃萎病發生概況

(一)發生歷史

據黑澤氏⁽⁵⁸⁾報告，1925年前後，隨二期作蓬萊稻之栽培，黃萎病於臺北地區第二期水稻已有發現，至1927年發病程度引起技術人員之關切，以後本病有蔓延之趨勢。按1925~35年間黃萎病僅局部分佈於宜蘭、臺北、新竹地區。到1940年前後當時之臺中、臺南州下亦有發生。以後之發生情況未見記載。邱氏⁽⁵⁹⁾指出民國50年前後臺中與苗栗兩縣比鄰地帶（即東勢鎮明正里河床地帶）及臺中、彰化兩縣主要稻作區均有發生。另據農林廳報告⁽⁶⁰⁾民國55年桃園縣第二期作發

表 1. 近年來臺灣水稻黃萎病之發生面積（公頃）

Table 1. The distribution and acreage of rice yellow dwarf disease in Taiwan (ha.)

年 度 Year	第 一 期 First crop		第 二 期 Second crop
	本 田 Field stage	再 生 稻 Ratoon rice	本 田 Field stage
1965	—	—	8,032(ha)
1966	47,152(ha)	—	37,084
1967	2,350	—	27,728
1968	235	—	20,283
1969	10,358	20,757(ha)	19,976
1970	3,990	20,018	34,573
1971	3,414	14,200	23,519
1972	4,007	17,581	16,116
1973	6,489	12,918	9,806
1974	1,077	5,737	11,859
1975	706	4,143	7,750
1976	1,318	5,297	4,839

根據農林廳資料。

生面積約 28,000餘公頃，其中嚴重受害面積 3,000公頃，產量損失達 90%。56年雲林、花蓮、57年嘉義、臺南、臺東均有發生報告。到58、59年高雄、屏東亦有發生，自此本病分佈遍及全省稻作地區。彰化縣溪州鄉為臺中地區黃萎病常發地之一，據該鄉篤農家陳滿之記錄，早在民國43年黃萎病即已零星發生，當時二期稻作之罹病率約為10%。由於發生程度較輕，且一般農民對該病害缺乏認識，故未引起密切注意。至49年第二期作，該鄉突然大發生，面積達 500公頃，罹病田產量損失達60%。翌年二期作其附近鄉鎮埤頭、竹塘、北斗、社頭等亦嚴重發生，面積增至 1萬公頃。51年以後，隨空中施藥之防治措施及農民普遍延後第二期作播種及插秧時期，致該地區之發病程度逐年減輕。

綜合本省近十五年來黃萎病之發生，可以分成兩個主要階段：即民國50~51年及55~61年。後者每年發生面積均超過二萬公頃。前者發生面積雖欠詳細記錄，但發生程度顯然相當嚴重。

黃萎病為害所引起之實際產量損失以第二期作為主。惟近年來第一期作後期之發生亦相當普遍，罹病地區第一期作抽穗以後經常可發現病株，收割後再生稻罹病率尤高。

(二)臺灣水稻黑尾浮塵子昆蟲相之演變及其對黃萎病發生之影響

根據臺中區農業改良場保存之 1937年9月，10月份日人 Yoshida 採集之黑尾浮塵子標本中隨機取樣485隻鑑定種 (Species) 別，結果 *N. virescens* 佔49.7%；*N. cincticeps* 佔 25.77%；*N. nigropictus* 佔 24.53%⁽⁴⁰⁾。另據陳氏⁽⁴¹⁾於1973年調查全省之黑尾浮塵子類分佈報告指出 *N. cincticeps* 佔 89.12%；*N. nigropictus* 佔10.63%；*N. virescens* 佔0.25%。顯然過去40年間黑尾浮塵子種 (Species) 間的分佈量比，確有很大的變遷。再就蟲的發生數量而論，根據臺中區農業改良場民國 43~60年間誘蛾燈資料加以比較，民國50年以前第一期作之發生量遠比第二期作為少；但51年以後則呈相反現象，即第一期作較第二期作為多 (圖一、二)。臺中地區水稻黃萎病之大發生正是民國51年之事。顯然第一期作黑尾浮塵子發生量的增加 (尤其是後期) 是促進第二期稻作黃萎病大發生之重要因素。至於引起年次間第一、二期作黑尾浮塵子發生量變異的原因可能與殺蟲劑之使用有密切的關係。在臺灣由於螟害的問題42年以後富粒多 (Folidol)、BHC 曾被大量地使用於第一期稻作，由於當時該等藥劑亦能有效防治黑尾浮塵子故黑尾浮塵子密度可能受藥劑之影響而降低。51年以後正值本省推廣賽文 (Sevin) 且與 BHC 同時大量使用於第二期作水稻上。由於黑尾浮塵子類可能已逐漸對巴拉松 Parathion、BHC 等常用藥劑產生抵抗性 (按古氏等1976之報告⁽¹⁷⁾指出黑尾浮塵子對巴拉松等藥劑已有抗藥性產生) 而使第一期作黑尾浮塵子密度顯著增加。但若以天敵保護的立場來看，純藥效觀點的解釋似與之相互矛盾。Nakasuj⁽⁷⁶⁾引述 Kobayashi 報告認為 BHC 及巴拉松於1955年以後在日本大量使用結果，*N. cincticeps* 之發生量顯著的增加。他們同時認為這種現象

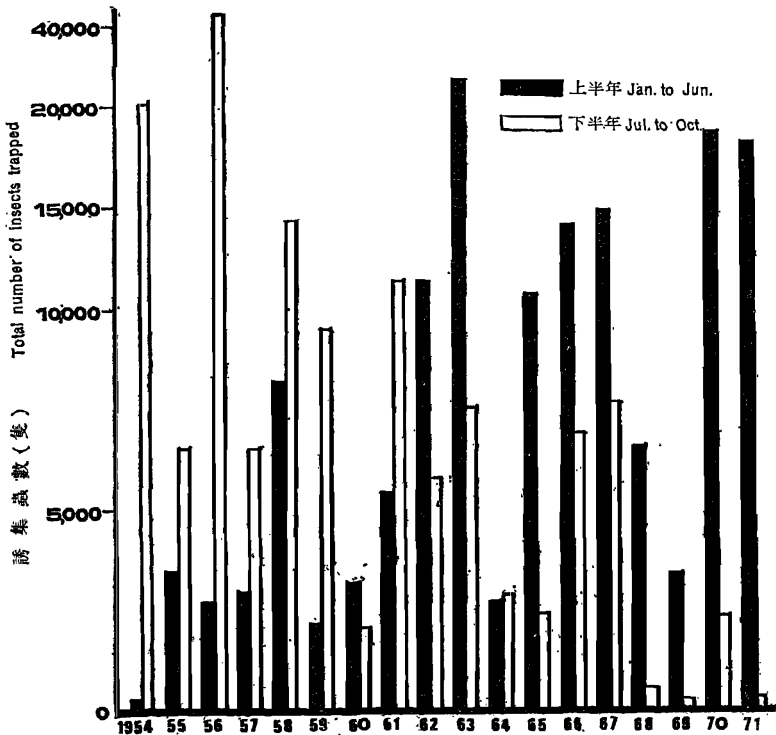


圖 1. 1954~1971年上半年及下半年水稻黑尾浮塵子誘集數量比較 (台中區農改場誘蛾燈資料)

Fig 1. The fluctuation of the total catches of rice green leafhoppers (*Nephotettix* spp.) from January to June and July to October during 1954~1971 (Data derived from light trap)

是因為 BHC 使用於防治螟虫也同時殺害了黑尾浮塵子類之天敵如蜘蛛等所致。

三、黃萎病之媒介昆蟲傳播

水稻黃萎病可經由五種黑尾浮塵子類 (*Nephotettix* spp.) 傳播。媒介昆蟲一旦獲病，經潛伏期即能終生保持傳病能力，不受脫皮影響。且不經卵傳播⁽⁵⁵⁾。除五種黑尾浮塵子外，本病不經由他種昆蟲⁽⁵⁵⁾、種子^(50,76)、土壤⁽⁷⁴⁾或機械⁽⁷⁵⁾等方法傳播。有關本病之基本傳播資料，邱、簡⁽³⁰⁾已有詳盡記載。以下各節就有關影響傳播之因子加以討論。

(-) 媒介昆蟲取食病株時之溫度及病株上取食之久暫與媒介蟲率之關係

媒介昆蟲取食病株時之溫度，對其後媒介蟲率有顯著的影響。媒介昆蟲於低溫下取食病株時媒介率低。反之，媒介蟲率隨取食時溫度升高而增高^(16,18,19,43)。石井氏等⁽¹⁶⁾報告，於 5°C 下媒介昆蟲取食時間為 30 分鐘、1 小時及 4 小時，

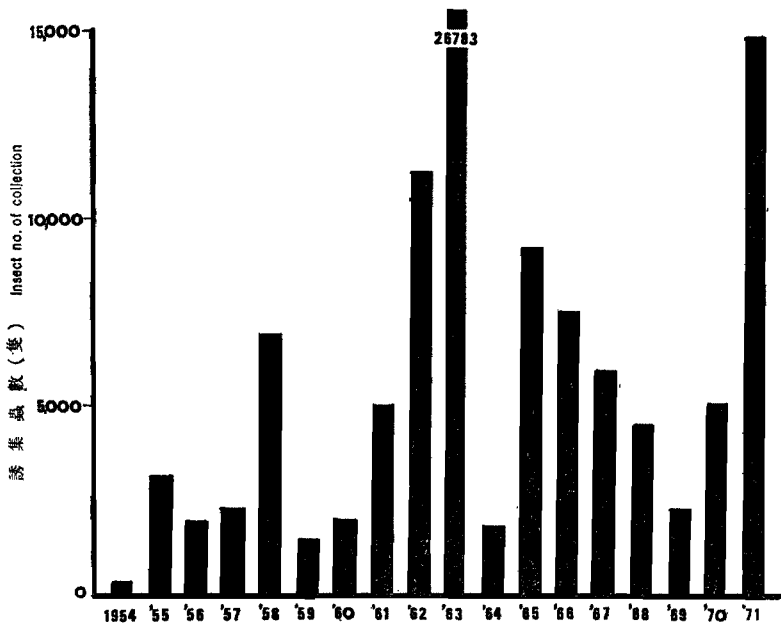


圖 2. 1954~1971年6至7月份水稻黑尾浮塵子誘集數量(台中區農改場誘蛾燈資料)

Fig 2. The total catches of the rice green leafhoppers in June and July during 1954~1971 (data from light trap)

均不能傳病； 10°C 下，媒介虫率為 $0\sim 7\%$ ； 15°C 下媒介虫率 $0\sim 27\%$ ； 20°C 下媒介虫率 $21\sim 64\%$ ； 25°C 下媒介虫率 $50\sim 73\%$ 。在相同溫度下，媒介虫率則隨吸食時間之延長而增加。陳⁽⁴³⁾報告 *N. cincticeps* 於 $10\sim 20^{\circ}\text{C}$ 下，吸汁24小時之媒介虫率 $7\sim 49\%$ ；在 $25\sim 30^{\circ}\text{C}$ 下，媒介虫率為 $60\sim 61\%$ ；但當溫度升高到 35°C 時，除飼育過程中虫體死亡數增多外，媒介虫率為 57% ，有降低之趨向。

臺灣冬季室內取食於病株之媒介虫，媒介率極低，約為 $10\sim 30\%$ 。媒介昆虫除潛伏期長短表現極不一致外，媒介率亦呈不穩定現象(陳未發表資料)。在日本茨城縣 *N. cincticeps* 於9月中旬~10月上旬取食病株時，媒介虫率約 70% ；而10月中旬以後由於低溫之影響取食病株之媒介虫，媒介虫率僅 40% 左右⁽¹⁶⁾。

媒介昆虫在黃萎病病株上取食時間之久暫對隨後傳病能力亦有影響。據新海⁽⁵⁵⁾試驗，*N. cincticeps* 2~3齡若虫取食10分鐘者，30隻供試虫中僅1隻能傳病；取食30分鐘者約 33% 之供試虫，具傳播的能力；取食1小時者約 77% 供試虫能傳病；取食3小時以上，媒介虫率達 $97\sim 100\%$ 。媒介虫率隨吸食時間增長而增加。陳⁽⁴³⁾將取食病株時間自1日延至5日、10日及15日，結果媒介虫率分別為 65.4 、 68.5 、 62.3 及 60% 。顯然取食病株時間之久暫對傳病能力之影響

就 *N. cincticeps* 而言仍指數分鐘至數小時而言。而取食病株之久暫與其後媒介蟲傳病之潛伏期無關⁽⁷¹⁾。

(二) 溫度與媒介昆蟲潛伏期

溫度對病原在蟲體內之潛伏期有顯著之影響。後藤氏等⁽⁹⁴⁾指出 25°C 下，蟲體潛伏期為 25~35 日。媒介昆蟲取食病株後在 20°C 下潛伏期達 75 日以上，但在 15°C 下歷經 88 日之久尙未有傳病能力⁽¹⁶⁾。陳氏⁽⁴³⁾報告在 15 ± 1°C 下媒介蟲歷 102 日未表現傳病能力，但於 17 ± 1°C 時經 68 日在 21 隻供試蟲中之 1 隻開始表現傳病能力。20°C 時潛伏期在 45 日以上，個體間潛伏期參差不齊。35°C 時潛伏期較短約 17~25 日，但飼養過程中蟲體死亡數多。在臺灣溫度對媒介昆蟲潛伏期之詳細試驗資料列如表二。高崎氏等報告⁽³⁵⁾ *N. cincticeps* 取食病株 3 日後，置於 40°C 高溫下處理 2~8 日，發現高溫處理日數愈長，蟲體內潛伏期有顯著延長之現象。

表 2. 溫度對黃萎病病原在媒介昆蟲 *N. cincticeps* 體內潛伏期之影響 (陳, 未發表資料)

Table 2. Effect of temperature on the latent period of RYD inoculability in *N. cincticeps* (Chen, unpublished data)

溫度(°C) Temperature	潛伏期(日) Incubation (days)		平均傳病蟲率% Percent transmitting insects	供試蟲數 Number of insects tested
	平均 Average	範圍 Range		
15°C	0	0	0	43
20°C	53.3	45-80	20	30
25°C	24.6	22-37	86	30
28°C	22.2	19-29	76	58
30°C	21.3	18-27	70.5	54
33°C	19.4	18-27	77	52

(三) 溫度對媒介昆蟲接種及傳病持續性之影響

媒介昆蟲接種時溫度之高低及接種時間之長短，將影響其後之傳病能力⁽²⁶⁾。石井⁽⁴⁾指出接種時溫度在 5~25°C 範圍內，媒介蟲率隨溫度之升高而增加。其中以 25°C 時傳病個體最多。15°C 時，接種 24 小時，傳病率僅 42%，但如將接種時間延長到 48 小時，媒介蟲率達 70~74%。媒介昆蟲一旦獲得病原，開始傳病，其傳病能力可以保持至蟲體死亡為止。持續時間長短與蟲體壽命有關。每日間之傳播持續性則隨溫度及個體別而有差異。新海⁽⁵⁵⁾指出 *N. virescens* 傳病能力之持續期達 74 日之久，其間被取食之健株逐一發病，前後持續，僅極少數呈越株感染現象。*N. nigropictus* 傳播過程中呈現越株傳病現象較多，但若令供試蟲在健株上停留三日，則越株傳病現象便不復見。

媒介昆蟲傳病期間之傳病能力受溫度變化之影響較小，一般在 15~30°C 間均能傳病。石井氏等⁽¹⁶⁾以已確知傳病之媒介昆蟲於 25, 20, 15 及 10°C 等不同溫度級別下，讓供試蟲個別取食健株 3 日，即先於 25°C 下取食 3 日將稻苗移出，再順次於 20°C 下取食 3 日，以下類推至 10°C 為止。結果同一供試蟲於 25, 20, 15 及 10°C 四個級別溫度下均能傳病之蟲體佔全供試蟲之 4.3%；於 25, 20 及 15°C 等三個級別下能傳病者佔全供試蟲之 56.5%；於 20 及 25°C 等二個級別下能傳病者佔全供試蟲之 8.7%；而僅能於 25°C 下傳病者佔全供試蟲之 4.3%。其他如死亡或缺株等不明原因者佔 26.1%。如將已知傳病蟲置於 10, 15, 20 及 25°C 等不同級別溫度下，讓供試蟲個別取食健株 3 日，即先於 10°C 下取食 3 日，再依順次 15°, 20° 及 25°C 下各取食 3 日。結果在 10, 15, 20 及 25°C 下均能傳病之蟲體佔全供試蟲之 20%；於 15, 20 及 25°C 下均能傳病之蟲體佔全供試蟲之 63.6%；於 20 及 25°C 下能傳病者佔全供試蟲之 0%；僅能於 25°C 下傳病之蟲體亦佔全供試蟲之 0%。石井氏等⁽¹⁶⁾以已表現傳病能力之媒介昆蟲 *N. cincticeps* 個別觀察其每日傳播持續情形達 18 日之久，在 10 及 15°C 時媒介昆蟲傳播呈顯著之斷續現象，但少數個體在低溫下仍然表現連續性之傳播能力。這種呈斷續傳播之現象在 20 及 25°C 時則不復存在。(圖三)

(四) 媒介昆蟲取食不同葉位及不同品種之罹病株時，對其媒介蟲率之影響

媒介昆蟲取食之罹病稻株之品質，將影響其後之傳病能力。當取食同一病株不同葉序之葉片時，傳病蟲率有差異。取食病株上方黃化葉片之蟲羣，媒介蟲率最高，為 67%；取食中間黃化現象不明顯之葉片，媒介蟲率次之，為 55%；取食下方老化葉片者，媒介蟲率最低僅 34%，且不同處理間差異達顯著水準⁽⁴³⁾。陳、劉二氏⁽⁴⁹⁾在電子顯微鏡下觀察發現黃萎病同一病株之不同葉序之病原數量亦有差異，即下方老化葉片之病原體數量較少。此種現象，據其解釋或因篩管細胞逐漸老化，養分不足而使病原自體分解 (Autolysis) 所致。

守中、櫻井二氏⁽¹⁹⁾報告媒介昆蟲吸食不同品種之罹病株，其媒介蟲率各有差異。其中吸食抗病品種者媒介蟲率較感病品種者為低。陳氏以相同生育時期之臺中 65 號、臺中 178 號、臺南 5 號、臺南 6 號及臺中在來 1 號等不同品種之罹病株供作 *N. cincticeps* 之吸食源，結果取食各品種蟲羣之媒介蟲率依序為 59.6, 23.6, 43.3, 16.3 及 85.8%。顯然吸食臺中在來一號病株之媒介昆蟲媒介蟲率較取食其他品種者為高 (陳未發表資料)。當 *N. cincticeps* 吸食經接種之抗病品種 Firooz-1 (接種從未表現病徵) 時媒介蟲率僅 3.6%；而對照處理，吸食臺中在來一號者媒介蟲率達 66.5%⁽⁴³⁾。

(五) 單一媒介昆蟲傳播能力及病原對媒介昆蟲壽命之影響

在日本九州地區，田間單一傳病蟲平均能傳播 5.1 株健全水稻⁽²²⁾。小森氏等⁽⁶⁾報告傳病蟲傳病能力因地域而有差異並推定單一傳病蟲最高可傳播 33.8 株水稻，一般傳播 10 株左右。陳氏利用虫箱法測定單一已知傳病蟲體，1 日間平均可

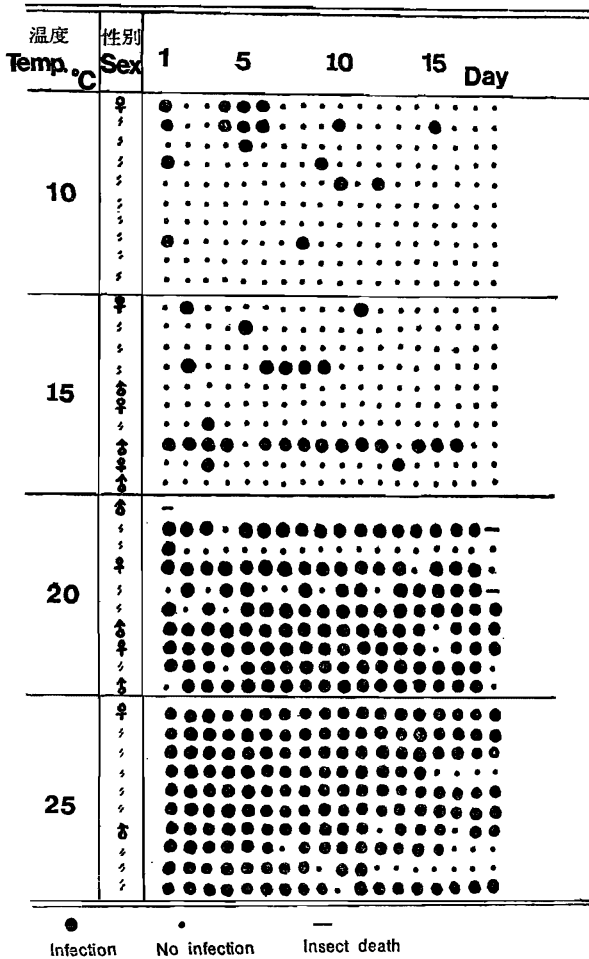


圖 3. 不同溫度下黑尾浮塵子傳播黃萎病傳病能力之持續情形
(取自石井等, 1969)⁽¹⁶⁾

Fig 3. Transmission pattern of rice yellow dwarf by *N. cincticeps* as affected by temperatures

傳播6.6株健全秧苗。吸食2、3及5日者每日平均傳播株數分別為3.87, 2.92及2.8株。延長傳播時間, 單一虫體傳播株數隨時間之延長而呈遞減現象, 此可能受虫體活動度的影響(陳未發表資料)。

新海氏⁽⁵³⁾報告, 在田間並未發現傳病虫個體壽命較長之現象。石井⁽¹⁶⁾引用關東未發表資料指出傳病虫發育遲延, 壽命較健全者為長, 並稱此為日本關東地區五月以後媒介虫率高之要因。陳氏之試驗資料顯示帶病媒介昆虫壽命有延長之趨勢, 但經分析未達顯著差異水準(5%) (陳未發表資料)。

(六)其他影響傳播之因子

三種黑尾浮塵子 (*N. cincticeps*, *N. nigropictus* 及 *N. virescens*) 間，以 *N. nigropictus* 傳播能力較低^(7, 40, 52)。採集地點不同之虫體傳病能力沒有差異^(7, 8, 55)。但產於臺灣之虫體媒介率^(40, 68)似較日本者為低⁽⁵⁵⁾。另外許多有關研究者一致指出^(8, 55, 56)媒介昆虫個體間對黃萎病之傳播有「親和性」(暫用)，即某些個體較易獲得病原及傳播病原。此種現象是否受虫體本身遺傳之影響則有待進一步證明。陳氏⁽⁴⁶⁾報告黑尾浮塵子之成虫或若虫，對黃萎病病株比對健全稻株具有棲息偏好性，且偏好程度達顯著差異水準(1%)。此種現象石井氏等⁽¹⁶⁾在引述後藤之報告中亦曾提及。

四、傳病媒介昆蟲週年消長情形

據陳氏⁽⁴⁶⁾自 1973~1976 年間在臺中地區黃萎病常發地之東勢及大里採集黑尾浮塵子成虫及若虫(種類不予分別)。接種結果，除少數月份外，全年間均可發現傳病虫。傳病虫率則隨年次、地點而異。在田間黑尾浮塵子全年間計出現兩個傳病虫率高峯期(圖四、五、六)。第一個高峯期出現於二月至三月上旬間，傳病虫率為 29~64% 不等。這些傳病虫將成為第一期稻作黃萎病之感染虫源。由於此期間正為全年間虫口密度最低之季節，故第一期作秧田期實際能傳病之虫體較少，水稻感染黃萎病之機率較低。三、四及五月份田間傳病虫率很低或無傳病虫存在，但偶也可發現傳病之若虫個體。七月份至八月上旬，田間再出現一個傳病虫率之高峯期，傳病虫率為 10~36% 不等。此時正值全年間自然虫口密度第一個高峯期之後期，田期媒介昆虫棲羣密度尚高，故黃萎病在第二期水稻之發生程度往往較為嚴重。八月下旬以後田間傳病虫率再次降低，至十月中旬始再升高。這些虫體有的可存活至翌年一、二月份。一般傳病之若虫均為老齡虫體，且由於黃萎病不經卵傳播，推測這些虫體可能於幼齡期即已獲得病原。

在日本關東地區，越冬世代成虫(或稱第一回成虫)於三月中旬至四月下旬羽化，五月中、下旬傳病虫率最高，至六月中旬全部死亡^(6, 16, 20)。一般早植稻在五月中、下旬插秧，正遇傳病虫高峯期，故水稻罹病率較高；六月下旬至八月上旬為第一世代若虫及成虫期(或稱第二回成虫)，田間無傳病虫。八月中旬至下旬以後田間傳病虫再度出現(第二世代)。關東地區各月份傳病虫率消長情形如表三。九州地區^(34, 64)越冬世代成虫傳病虫於 3 月開始出現，媒介虫率以 4 月下旬至 5 月中旬最高，第一世代虫體發生於 5 月末至 7 月下旬，此一世代成虫傳病虫率極低，偶可見傳病虫，據鯨島氏⁽⁶⁴⁾報告，這些傳病虫可能是取食越冬後再生稻病株而獲病者。至八月上旬(即第二世代虫體)，傳病虫再度出現(表四)。岩橋氏等⁽²⁸⁾在調查宮崎縣越冬世代若虫傳病虫率時，稱田間媒介昆虫獲病機會隨田間再生稻發病率多少而異。當再生稻發病株率 20% 時，若虫獲病率為 25.2%；再生稻發病株率 10% 時，若虫獲病率為 2.4%。一般在九州地區第一回

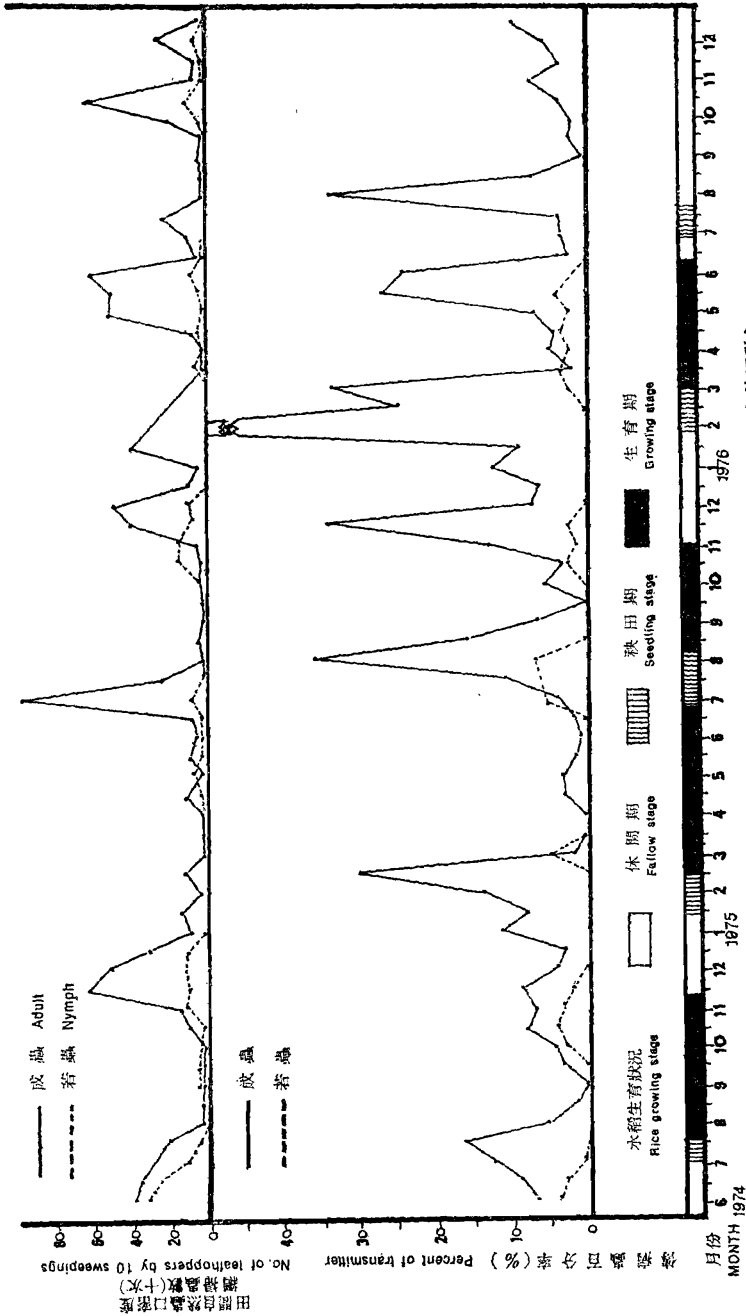


圖 4. 田間黑尾浮塵子傳病蟲 (黃萎病) 消長圖 (1974~1976, 東勢尾社)
 Fig 4. The seasonal change of population density of the vector leafhoppers viruliferous for rice yellow dwarf disease in the field (1974~1976, Wei-shei, Tungshih)

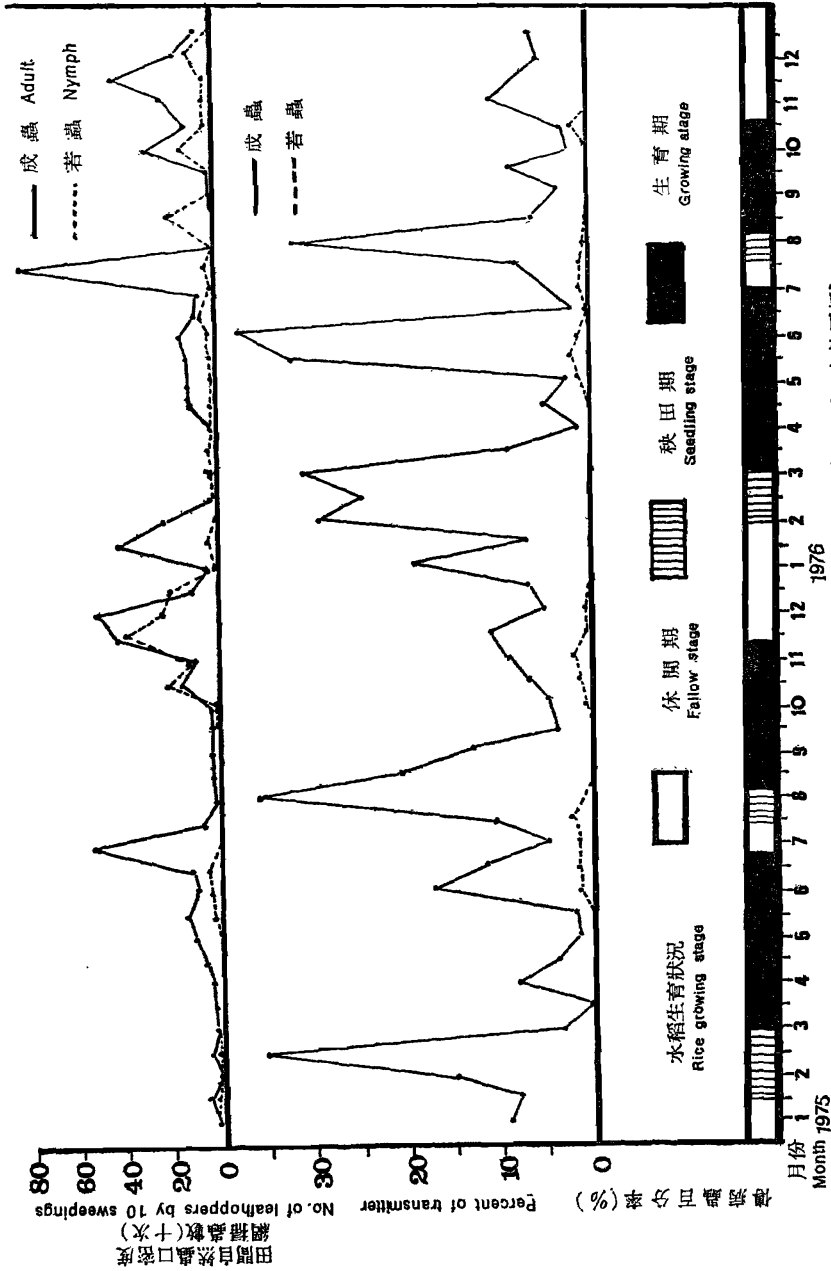


圖 5. 田間黑尾浮塵子傳病蟲 (黃萎病) 消長圖 (1975~1976, 東勢下新)
 Fig 5. The seasonal change of population density of the vector leafhoppers viruliferous for rice yellow dwarf disease in the field (1975~1976, Hsiangshih, Tungshih)

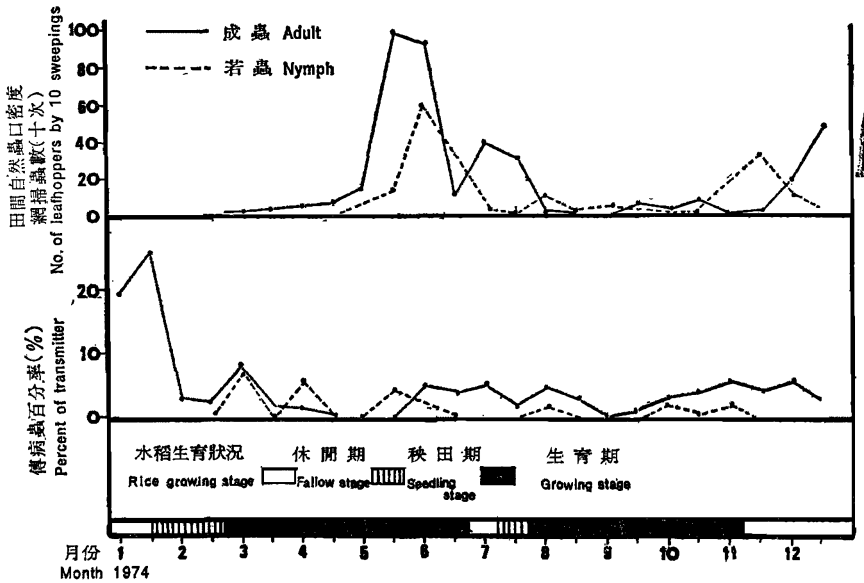


圖 6. 田間黑尾浮塵子傳病蟲(黃萎病)消長圖(1974, 大里)

Fig 6. The seasonal change of population density of the vector leafhoppers viruliferous for rice yellow dwarf disease in the field (1974, Dali, Taichung)

成虫之媒介傳播時期較關東地區為早，自3月下旬即已開始，至5月上旬以後隨氣溫之上升，傳病虫率亦隨之增高。

表 3. 黑尾浮塵子 *N. cincticeps* 傳病虫消長情形 (取自石井等, 1969日本茨城地區資料)⁽¹⁶⁾

Table 3. Seasonal changes in the rice yellow dwarf-carrying population of *N. cincticeps* in Ibaragi, Japan

調查日期 Date of survey	Apr. 4	May 9	May 30	June 25	July 16	Aug. 10	Aug. 24
傳病虫率(%) Percent viruliferous insects	1.3%	4.5	21.1	0	0	1.5	20.2
世代別 Generation	越冬世代 Adult of overwinter gen.	越冬世代 Adult of overwinter gen.	越冬世代 Adult of overwinter gen.	第一世代 成若虫 Nymph & Adult of 1st gen.	第一世代 成若虫 Nymph & Adult of 1st gen.	第二世代 成若虫 Nymph & Adult of 2nd gen.	第二世代 成若虫 Nymph & Adult of 2nd gen.

採集地點：4月9日為雜草，5月9日為秧苗，以後在本田採集。

Location: Apr. 9, weeds; May 9, rice seedlings and other collection dates, rice fields.

表 4. 黑尾浮塵子 (*N. cincticeps*) 傳病虫率消長情形 (取自
 自 鯨島, 1967, 日本宮崎縣)

Table 4. Seasonal changes in the rice yellow dwarf-carrying population of *N. cincticeps* in Miyagi, Japan

調查月日 Date of Survey	1962	1963	1964	1965	1966
1~3月 (Jan. to Mar.)	4.7(%)	3.2(%)	1.0(%)	35.6(%)	5.0(%)
4月(April)	16.0	4.4	0	12.1	5.0
5月(May)	0—39.0	4.2	2.0	8.3	1.7
6月(June)	0	0	1.0	0	0.8
7月(July)	0—5.0	0—1.7	1.0—2.0	0—28.3	0
8月(Aug.)	—	5.3	2.0	12.0	9.0

五、黃萎病之週年傳播圈

(一) 病原越冬途徑

1. 病原經由媒介昆虫體越冬

邱氏⁽³⁹⁾自臺灣水稻黃萎病常發地之東勢, 1月份及2月份採集之黑尾浮塵子, 有半數或半數以上之個體為傳病者。陳氏等^(44,46)於民國63~65年1及2月份採集臺中縣東勢、大里之黑尾浮塵子成虫 2,004 隻, 傳病個體佔 13.4%, 其中以65年2月份傳病虫率最高為 21~28%。根據何、陳二氏報告⁽²⁴⁾, 11~2月份即第八世代黑尾浮塵子平均若虫期為 53 天(最長61天), 成虫壽命平均 31 天(最長53天), 推測上述傳病虫係於11月份前後吸取田間發病株而獲得病原者。

另外, 65~66年越冬期間調查臺中地區八個預測小區之越冬世代黑尾浮塵子虫齡結構(如表五)。十二、一及二月份之 1~3 齡若虫佔 10.2~17.3%, 4~5 齡若虫佔 7.3~19.8%, 成虫佔 67.4~82.5%⁽⁴⁸⁾。以上結果證明黑尾浮塵子於越冬期間仍可繼續產卵, 繁殖後代。且該期間罹病地區休閑田裏尚有再生稻病株存在, 故越冬世代之若虫仍有獲得病原之機會。此可由採集東勢地區 12~1 月份 1~3 齡若虫經加溫飼養後, 帶病虫率為 3.3~34% 之試驗結果獲得佐證⁽⁴⁶⁾。

在日本九州地區病原主要經由虫體越冬⁽⁵³⁾。新海氏⁽⁵⁵⁾於 9 月份及 11 月份以黑尾浮塵子於室內取食病株再於自然狀況下飼養至翌年 5 月份傳病虫個體佔 40~70%。同一試驗於調查黃萎病流行地千葉縣越冬虫傳病虫率為 30~78%。在宮崎縣亦獲得類似之調查結果, 並指出 10 月下旬~11 月上旬取食病株之虫體傳病虫率在 69~94%, 11 月以後取食病株之虫體傳病虫率為 28~43%。11 月中旬取食病株之虫體傳病虫率偏高, 乃因該時期正值田間罹病再生稻發生盛期⁽³⁴⁾。在關東地區, 病原主要亦藉媒介昆虫體而越冬, 據石井氏等⁽¹⁶⁾調查茨城縣越冬若虫於

表 5. 民國65~66年臺中地區越冬期間黑尾浮塵子虫齡結構⁽⁴⁸⁾
 Table 5. The instar structure of the rice green leafhopper collected during the overwintering period in Taichung areas (1976-1977)

調查日期 Date of Survey	蟲 齡 Insect instar	臨海 小區	大屯 小區	靠山 小區	濁水 小區	烏溪 小區	北斗 小區	二林 小區	鹿港 小區	合計 Total	
										蟲 數 No.	百分率 %
Dec. 1976	成 蟲 Adult	481	709	130	353	429	34	49	6	2,191	67.4
	1—3齡 1st—3rd instars	139	76	188	81	61	0	17	1	563	17.3
	4—5齡 4—5th instars	123	37	57	160	110	3	4	2	496	15.3
Jan. 1977	成 蟲 Adult	263	95	186	228	246	26	49	6	1,099	68.1
	1—3齡 1st—3rd instars	49	2	29	43	55	0	16	1	195	12.1
	4—5齡 4—5th instars	137	2	24	89	59	0	6	2	319	19.8
Feb. 1977	成 蟲 Adult	24	78	125	39	34	44	178	10	532	82.5
	1—3齡 1st—3rd instars	0	32	1	8	10	2	12	1	66	10.2
	4—5齡 4—5th instars	2	4	3	13	16	3	5	1	47	7.3

採集單位數字爲每網掃 300 次之平均蟲數

Figures in the table are mean number of insects/300 sweeps.

9月中旬~10月上旬取食病株後至翌年5月上、中旬開始傳病，傳病虫率爲67~79%，10月中旬以後取食病株之虫體至次年5月下旬開始傳病，傳病虫率爲37~45%。在茨城縣早期栽培稻於9月中旬割取後，黑尾浮塵子於再生稻上產卵，孵化

若虫在發病稻上獲得病原，以 4 齡若虫越冬⁽⁶⁴⁾。市川⁽¹²⁾指出長野縣冬期 12~4 月間平均氣溫在 1~5°C 間，在濕度極高的情況下，越冬後黑尾浮塵子密度必多，且 7 月上、中旬之傳病虫量必然增多（比平年高 2~3 倍）。新海氏⁽⁵³⁾亦指出獲病時期氣溫暖，冬季高溫則翌年傳病虫率高。

2. 經由再生稻越冬

在臺灣，近年來由於農村勞力普遍缺乏，在政府推行農業機械化政策下第二期水稻收割後農民多不耕犁晒田，以致越冬期間休閒田再生稻病株經常可見。再生稻殘存量隨栽培品種、自然氣溫及田間之濕潤度等因素不同而有差異。陳氏⁽⁴⁸⁾調查臺南五號結果（表六）指出同一地點一月份之再生罹病稻比例比較十二月份者要顯著減少，此可能受低溫之影響所致。

表 6. 越冬期間水稻田再生稻黃萎病病株殘存情形調查⁽⁴⁸⁾

Table 6. The incidence of RYD disease in regrowths from the second rice crop in Taichung areas as surveyed 1974-1976

調查地點 Location	調查年月 Date of survey	調查株數* Hills surveyed	再生稻發病株率(%) % Diseased hills	
臺 中 縣	大里鄉新里村	Dec. 1974 Jan. 1975	2,895 1,934	3.7 1.1
	東勢鎮盛興里 A	Dec. 1974 Jan. 1975	3,417 1,603	57.8 13.3
		Dec. 1975 Jan. 1976	1,030 774	28.5 7.0
	東勢鎮下新里	Dec. 1975 Jan. 1976	828 635	28.5 1.5
		彰化縣 溪州鄉舊眉村	Dec. 1975 Jan. 1976	4,428 1,826	67.0 12.4

* 0.1 公頃水稻田再生稻總株數

Total number of hills of ratoon rice in an area of 0.1 ha.

在日本九州地區水稻收割後再生稻病株為病原直接越冬路徑之一⁽³⁴⁾。石井氏等⁽¹⁸⁾指出在關東地區則未有發現病原經由再生稻越冬的現象。他且引述九州地區佐賀縣、熊本縣、宮崎縣、鹿兒島及福岡縣等，在暖冬之年，再生稻能越冬，至翌年 4~5 月由再生芽表現病徵而成為第一世代若虫或成虫之獲病原。

3. 經由雜草越冬

新海^(53,55)報告看麥娘 *Alopecurus aequalis*, *Oryza cubensis* 及 *Glyceria acutiflora* 可為黃萎病寄主植物。在長野縣 *Phragmites communis* 被視為可能寄主植物之一⁽⁶⁹⁾。石井氏等⁽¹⁸⁾在次城縣於越冬期發現疑似黃萎病之看麥娘，葉色黃化再生芽叢生與健全株迥異，以健全媒介虫取食後並未能傳病。如將類似病株之看麥娘在溫室內培養發現隨溫度增高，黃色葉色逐漸回復濃綠。

因此推斷在關東地區看麥娘似不能成爲黃萎病之中間寄主植物。後藤氏等⁽⁹¹⁾指出，在九州地區田間看麥娘成爲黃萎病傳染源之事實，未經確認。

陳氏⁽⁴⁶⁾於溫室內以傳病虫接種於雜草上，將類似黃萎病病株之雜草以健全黑尾浮塵子若虫吸食，再回接種到水稻上，結果廿九供試雜草中計有八種顯示正反應（表七）。在田間少有發現類似水稻黃萎病病徵之雜草，故臺中地區雜草成爲黃萎病病原寄主之可能性較小。

表 7. 水稻黃萎病禾木科雜草寄主範圍⁽⁴⁶⁾

Table 7. The gramineous plants experimentally infected by rice yellow dwarf

名 稱 Plant	接 種 年 月 Inoculation date	接種株數 No. plants inoculated	發病株數 No. diseased plants	潛 伏 期 Latent period (days)	回接到水稻上之反應 Reaction of backinoculated rice plants
千 金 子 (<i>Leptochloa chinensis</i>)	Aug. 1975	7	2	61	+
	May 1976	10	2	67	+
	June 1976	10	4	60	+
白 茅 (<i>Imperata cylindrica</i>)	May 1975	5	1	59	+
	April 1976	10	2	73	+
李 氏 禾 (<i>Leexsia hexandra</i>)	April 1976	10	3	115	+
棒 頭 草 (<i>Polypogon fugax</i>)	March 1976	10	4	125	+
矮 穎 馬 唐 (<i>Digitaria setigera</i>)	March 1976	10	7	116	+
兩 耳 草 (<i>Paspalum conjugatum</i>)	June 1976	12	4	42	+
佛 歐 里 指 草 (<i>Digitaria fauriei</i>)	March 1976	9	6	110	+
看 麥 娘 (<i>Alopecurus aequalis</i>)	Feb. 1976	20	3	76	+

(二) 黃萎病週年傳播概況

臺中地區水稻黃萎病媒介昆虫以 *N. cincticeps* 爲主要，*N. nigropictus* 次之，*N. virescens* 分佈比例極低。第二期稻收割後越冬之黑尾浮塵子於 2~3 月份將病原傳到第一期作秧苗或本田初期水稻上。四、五月份田間自然虫口密度及帶病虫密度均低，這些少數傳病虫體可能於越冬期間孵化並自有限之再生稻

病株獲得病原⁽⁴⁸⁾。四月份以後氣溫逐漸升高(臺中地區 22~23°C)。至五月下旬，早期感染之稻株開始出現病徵；此時期正值田間黑尾浮塵子第三世代之若虫期，獲病虫至六月中、下旬開始傳病並於田間造成第一期作之第二次感染而在水稻收割前或收割後再生稻出現大量病徵。由於黑尾浮塵子對病株具有偏好性⁽⁴⁶⁾，更促長田間之帶病虫率的增加。在第一(秧田或本田初期)及第二次感染之間隙亦即四月下旬至五月中旬，部份黑尾浮塵子亦可能藉第一次感染而未表現病徵之稻株吸取病原⁽⁴⁶⁾而於五月下旬至六月上旬開始傳播病害，被感染稻於成熟期始表現病徵(於稻基部長出黃化側芽)。

第四世代若虫於六月下旬開始獲得病原，成虫於七月中旬形成田間第二個傳病虫率高峯期而將黃萎病傳播於第二期作秧苗或本田初期之水稻。此時田間傳病虫率高，且田間自然虫口密度也高故第二期作發病較第一期作者往往亦較嚴重。第一期作收割後(七月中旬左右)再生稻罹病率高，若媒介虫於此時獲得病原，必需在八月上旬以後始可傳病。但在田間八月上、中旬正值黑尾浮塵子世代交替時期虫口密度極低。因此推測再生稻之罹病程度與第二期作黃萎病之發生並無直接關係。惟第一期作再生稻發病量多也意味第一期作後期之病株源豐富，這些於收割前出現病徵(或未出現病徵)之病株即為第二期作秧苗期傳病虫之主要吸取病原之來源(圖七)。

第二期作期間由於高溫影響，在秧苗期感染之水稻於分蘖盛期至孕穗期(九月中旬)出現病徵。九月下旬以後田間第六世代虫體取食病株獲得病原且於十月上、中旬再感染於水稻上。此回被感染之水稻產量受影響較少。部份二期作後期或收割後獲病之虫體及再生稻殘株將成為翌年黃萎病之主要直接或間接傳染源。

在日本九州地區，黑尾浮塵子於前年秋取食病株，第一回成虫於苗期或本田初期飛來傳病。第二回成虫(第一世代)傳病虫較少。感染稻於6月下旬至7月中旬開始發病，早期水稻之發病株遂成為第二、三代媒介虫之獲病源。這些虫體將於8月下旬以後感染水稻而於再生稻出現病徵。10月份獲病之虫體以若虫態越冬而於翌年4月份以後開始傳病。另外暖冬之年，再生稻將於翌年春再表現病徵，再生芽病株將成為第一世代若虫獲病來源而於6月至7月上旬傳播病害⁽³⁴⁾。

在關東地區媒介昆虫僅 *N. cincticeps* 一種，病原經虫體越冬外，不經由再生稻或雜草越冬。越冬世代虫體於十、十一月吸取病原至翌年四月份開始傳病至五月份傳病虫最多。早期水稻被感染後於7月中旬~8月上旬的分蘖盛期至孕穗期開始發病。第一世代若虫由於病株源缺，該世代成虫傳病個體較少。第二世代若虫於8月上旬開始出現，由於第一次感染株已出現病徵，獲病機會增多，故第二世代成虫在八月下旬開始感染而於再生稻上表現病徵⁽¹⁶⁾。

六、水稻之感染與發病及其對生長之影響

(一) 感染、發病及其對生長之影響

黃萎病罹病稻無效分蘗增多，植株極端矮化。後藤氏⁽⁴³⁾指出罹病株分蘗角度大（橫張），根部變化雖不甚明顯但一般罹病稻根系發育不良，較細短且根數增加。罹病株上方莖節會長出不定根；罹病稻莖節間較短，葉較狹窄，且長度較健全者為短。茲依不同感染及發病時期的病徵分述於後⁽⁴⁷⁾。

(1) 分蘗盛期出現之病徵

第二期作秧苗期感染之稻株於分蘗盛期前後表現黃萎病之典型病徵。罹病株極度矮化，平均株高僅健全株之 $\frac{1}{4} \sim \frac{1}{3}$ 。分蘗數比健全者增加2~3倍。罹病葉呈淡黃色，稻葉呈細長狀，柔弱。罹病莖多不抽穗，少數抽穗，穗形亦很小，少有稔實粒。此類病徵往往見於生育後期逐漸枯死。

(2) 孕穗後期至抽穗初期出現之病徵

第一期作秧苗期或第二期作分蘗初期感染黃萎病之水稻於孕穗後期或抽穗初期出現病徵。病徵於較晚抽出之分蘗上方幼葉顯現。發病之稻莖亦略矮化，新葉淡黃色，罹病之稻莖亦能抽穗，但多為畸型穗、穗長較短、稔實率差。罹病株未出現病徵之部份稻莖，於稍後在稻基部或莖節上產生小型黃化分蘗。

(3) 抽穗後期至齊穗期間出現之病徵

第一期作分蘗期或第二期分蘗盛期及孕穗初期感染之水稻，於抽穗後期至齊穗期間表現病徵。這些病徵往往自稻莖之下方莖節側方長出許多黃化分蘗，主莖可以正常抽穗，但稔實率較差，黃化分蘗亦能抽穗，但穗型很小，均為不稔穗。極似俗稱之「嘉禾」，即一莖抽出多穗，有時一主莖可發現五~六穗。此種徵狀尤多見於第一期作。

(4) 於成熟期或再生稻出現之病徵

第一期作孕穗期及第二期作抽穗期感染黃萎病之稻株於水稻成熟期自稻基部莖節側方長出許多小黃化分蘗，這些黃化分蘗不能抽穗。部份罹病稻於水稻收割前未顯現任何徵狀，但收割後則自再生稻表現黃化病徵。

(二) 溫度與水稻病徵出現時期之關係

水稻病徵出現之遲早受感染後氣溫之影響。若感染後氣溫低，其潛伏期可長達3個月之久，氣溫高時僅一個月⁽⁵⁵⁾。在相同試驗條件下，水稻於接種後以不同溫度處理不同日數結果，15°C以下處理者，潛伏期延長之時間與處理日數同。但在25°C處理時，潛伏期間不延長⁽⁵³⁾。

在臺中地區自然狀況下，11月份以後接種之水稻通常延至翌年三月下旬始出現病徵，潛伏期間長達四個月之久（按12~3月常年平均溫度約在16~19°C範圍內）。在田間第一期作臺南5號於苗期、分蘗期、孕穗期及抽穗期接種時，潛伏期分別為82, 69, 51及35天。第二期作期間相同生育階段接種時潛伏期皆在35~38日間，但抽穗期接種者不呈現病徵⁽⁴²⁾。謝氏⁽⁶³⁾在分析陳、柯二氏⁽⁴²⁾之試驗結果時，指稱第一期水稻（臺南5號）接種植齡和潛伏期成負相關，此乃氣溫影響所致；而第二期作氣溫都在24°C以上，植齡和潛伏期沒有相關性，並推論

黃萎病病原在稻體內之潛伏期與接種時水稻植齡無關。但 Yasuo⁽⁶¹⁾指出幼穗形成期以後感染之稻株潛伏期有增長之現象。

(三)栽培方法與發病之關係

由於媒介昆蟲密度有季節性的消長，水稻栽培時期與黃萎病發生程度頗有關係。黑澤氏⁽⁵⁸⁾曾指出早期栽培之水稻發病率較高。簡、朱二氏⁽⁶⁵⁾於臺灣農試所試驗田觀察三個水稻品種結果，早植稻區（7月21日插秧）發病率達58%以上，中植區（8月6日）僅2~3%發病，而晚植區（8月21日）僅一供試品種輕微感染。此種現象係因早植區之秧苗期或本田初期正值一般水稻收割期，此時田間媒介昆蟲棲羣密度高故被感染機會較中、晚植區多。

日本關東、九州地區^(3,4,5,11,13,20,27,37,38,57)早期栽培水稻黃萎病發病株率最高，早植栽培次之，一般稻栽培最少。小森⁽⁴⁾報告茨城縣早期栽培水稻發病株率27.6%，早植栽培稻5.3%，一般栽培於再生稻僅0.4%發病。這種差異可由該地區媒介昆蟲消長情形加以解釋。該地域所謂早期栽培之水稻在5月上、中旬，早植栽培在5月下旬，一般栽培在6月下旬插秧。而該地區4月中旬~5月下旬越冬成蟲開始傳病尤以5月上、中旬密度最高，5月下旬起媒介昆蟲密度降低，至6月中旬全部死亡⁽⁵³⁾。一般栽培之水稻因迴避越冬世代成蟲之感染故發病率低⁽¹⁾。

(四)栽培品種與發病的關係

黑澤氏⁽⁵⁸⁾於1932年在臺灣調查49個水稻品種（包括粳稻與糯稻）對黃萎病之抵抗力差異，發現49個品種皆屬感受性品種。守中及櫻井⁽¹⁹⁾報告崎玉糯10號、信濃糯3號、Te-tep等品種為抗病品種。陳、柯二氏⁽⁴⁵⁾利用室內及田間檢定方法檢定2,610品種或品系及3個野生稻包括10個代號。檢定結果發現全部供試粳稻都屬感病性品種，秈稻對黃萎病之反應較不一致。供試品種中如Firooz-1, Kabara等十餘品種抗病性極強，可供為抗病育種之親本。本省秈稻中如低腳菊仔、宜蘭菊仔A、宜蘭菊仔B、花蓮白米粉，霜降（臺北）等均顯示相當程度之抵抗力。這些品種中宜蘭菊仔A在罹病地區之彰化縣溪州鄉據農戶實際栽培結果，對黃萎病確具有抵抗力。

除品種之抵抗力影響發病程度外，在相同栽培條件下，早熟品種受害程度似較中，晚熟品種為輕^(2,42)。

(五)其他影響水稻發病之因子

施肥量，插秧後遮光情形都會影響水稻之發病。高野等⁽³⁷⁾指出施肥量高，發病較嚴重。本村、西澤二氏⁽¹⁰⁾在研究萎縮病（Dwarf）時指出多氮肥區發病較低氮肥區嚴重，係因多氮肥區能增加黑尾浮塵子棲息數所致。石井、小野二氏⁽¹⁵⁾指出插秧後早期遮光，稻生育期延長，同時發病多，遮光愈長，發病愈嚴重。本田初期低溫或低水溫之效果與遮光作用相同。另外栽植密度與發病關係不大^(36,88)。

七、發生預測

(一) 接種稻齡對產量之影響

水稻感染黃萎病對農藝性狀有顯著之影響⁽⁴²⁾，其影響程度與感染時水稻植齡有密切關係。新海氏⁽⁵⁶⁾報告，水稻全生育期間均可感染黃萎病。以農林 36 號單本植盆栽試驗結果，於 11 葉位以前接種者無收量，12 葉位（幼穗形成期）接種者減產 78%，13 葉位（孕穗期）接種者減產 22%，以後接種者收量不受影響。在臺中地區據陳、柯二氏之報告⁽⁴²⁾，第二期作於網室單本盆栽試驗時，臺南 5 號於稻齡 30 天以內感染者幾無收量，而稻齡在 50 至 70 天（分蘗期至孕穗期）感染者，減產約 28%。稻齡 90 天（孕穗後期）接種者收量損失約 6.5%，抽穗期以後接種者收量不受影響。在田間自然情況下，臺南五號單本植，於第一期作苗期及分蘗期接種者分別減產 56 及 20%；第二期作苗期及分蘗期接種者產量損失各為 93 及 54%。顯然相同生育期接種之水稻在田間情況下受害要比室內者輕。

另陳、柯二氏⁽⁴²⁾以叢為單位（6 株）接種其中之不同株數結果，稻齡 15 天時，6 株全部接種減產率為 98%，當每叢接種 5，4，3，2 及 1 株時，依序減產率為 69，50，47，34 及 14%。故相同接種時期，其每叢之產量受害率與接種株數呈正相關。

(二) 發病時期與產量損失之關係

黃萎病發病時期與產量損失有密切之關係^(2,3,28,47,55)。小森氏⁽²⁾以 Koshiki-kari 為供試品種，於孕穗初期以前出現病徵者減收率為 75%；孕穗初期至抽穗始期發病者減收 31%；抽穗初期至齊穗期間發病者減收 24%；齊穗期至糊熟期間發病者減收 17%；糊熟期至黃熟期間發病者減收 13%。新留氏等之報告⁽⁵⁷⁾指出，感染稻即使於再生稻才表現病徵者亦能引起 6% 之產量損失。

在臺中地區第二期作田間單株栽培情況下，幼穗形成期以前發病之稻株產量損失在 90~100%，孕穗前期，孕穗後期，抽穗期及糊熟期發病者產量損失各為 75，42，26 及 23%；在成熟期發病者亦會引起 11% 之收量損失。並求得產量損失估計迴歸式第一期作 $y = 777.0593 - 12.2015x + 0.0485x^2$ ，第二期作 $y = 37.2695 + 4.9648x - 0.114x^2 + 0.00058x^3$ 式中 y 為預估產量損失率， x 為插秧後至發病之日數⁽⁴⁷⁾。（圖八、九）

(三) 發病程度之預測

黃萎病之發生與傳病媒介昆蟲，病株源（量）及環境條件有顯著之相關^(3,5,28,54,70)。佐藤、杉野二氏⁽²⁸⁾指出在靜岡縣上一年再生稻發病株率與媒介蟲的棲息密度之積與本田期發病株率間呈顯著正相關。本田發病株率（ y ）與前年再生稻平均發病率（ x ）之間成立 $y = 0.149x - 0.735$ 回歸方程式。而 y 與第 1 回成虫平均密度與前年再生稻平均發病率之積（ x ）之間成立 $y = 0.0133x - 0.22$ 回歸方程式，此方程式用於預測精確度將更高。

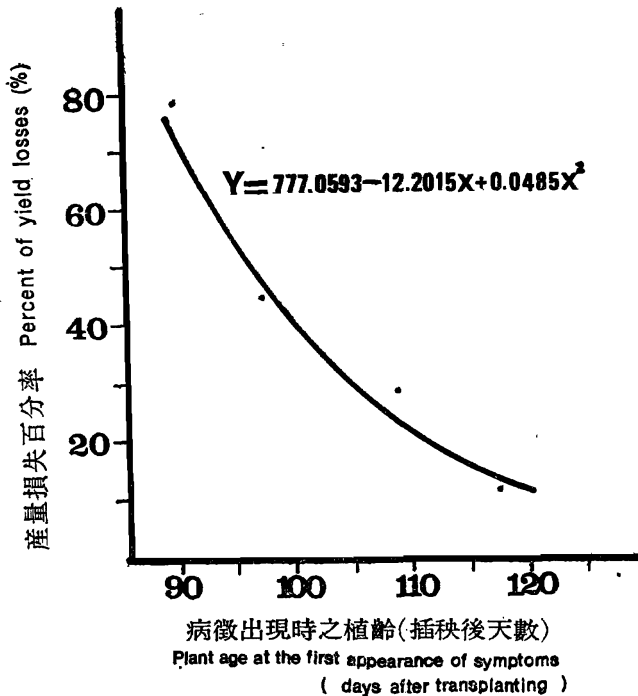


圖 8. 水稻黃萎病不同發病時期對產量損失之影響 (1976年第一期作)⁽⁴⁷⁾

Fig 8. Effect of rice yellow dwarf on yield relative to the time of symptom appearance (first erop, 1976)

小森氏等⁽⁶⁾指出調查越冬虫量可以預測第1回成虫可能傳病情形並就茨城縣七地點調查結果加以分析, 指出前年再生稻的發病率(x)與生育期之發病 y 間呈顯著正相關($r=0.9728^{**}$)並成立 $y=3.912+0.26x$ 回歸方程式。第1回成虫的帶病虫率與生育期發病率呈顯著之正相關($r=0.9101^{**}$)並成立 $y=0.62+0.66x$ 迴歸方程式。前年再生稻的發病率(x_1), (x_2)及第1回成虫的保毒率(x_1), (x_2)與生育期間發病(y)之間呈顯著之相關($r=0.9668^{**}$)且成立 $y=0.133x_1+0.38x_2+0.50$ 回歸方程式。並稱黃萎病的發生僅以再生稻的發病率即可預測次年之發生程度。

在臺中地區第二期作水稻黃萎病之主要感染時期為七月份秧田期之媒介昆虫。根據農林廳⁽⁶⁰⁾水稻病虫害發生預測資料, 分析民國56~65年間5月份、6月份、7月份、(5+7)月份、(6+7)月份、及(5+6+7)月份之雨量與7月份黑尾浮塵子密度間之相關性。分析結果雨量與虫數間呈負相關, 但多數組合未達顯著差異水準(5%)。換言之, 該期間雨量增多, 7月份虫口密度有減少之趨勢, 此有待進一步求證。

在分析民國58~65年間全省第一期作再生稻發病面積與第二期作發病面積時

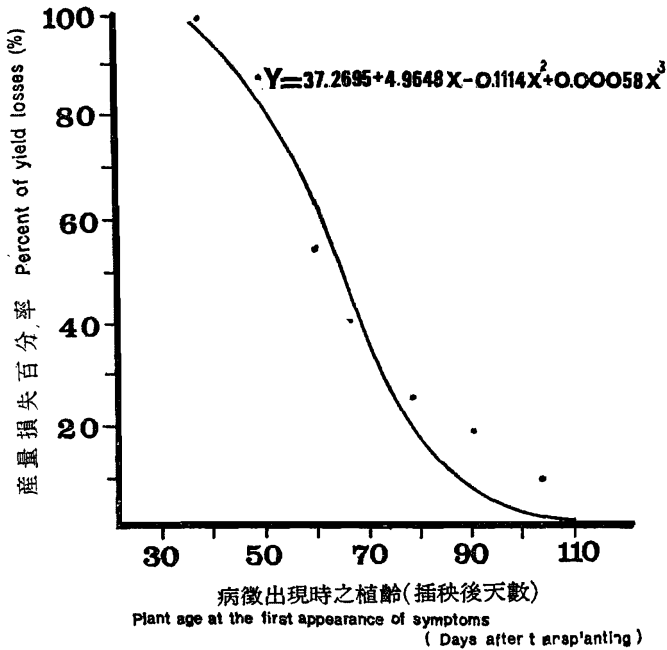


圖 9. 水稻黃萎病不同發病時期對產量損失之影響 (1976年第二期作)⁽⁴⁷⁾

Fig 9. Effect of rice yellow dwarf on yield relative to the time of symptom appearance (Second crop, 1976)

，二者呈顯著之相關 ($r = 0.7801^*$)，但第一期作本田之發生面積與第二期作發病程度則無相關性存在。

陳氏於臺中區下調查12地點之黃萎病發生資料加予分析結果第二期作本田發病叢率 (y)，第一期作本田期黃萎病發病叢率 (x_1)，第一期作再生稻發病叢率 (x_2) 第二期作秧田虫口密度 (x_3) 及第二期作秧田期傳病虫率 (x_4) 間成立 $y = 1.54746 + 1.9933x_1 - 0.22529x_2 + 0.10615x_3 + 0.30221x_4$ ，但所得方程式僅能解釋到48% (陳未發表資料)。

八、參 考 文 獻

1. 小森昇、岩本靜之、高野誠美 1962。稻黃萎病的感染時期について 關東東山病害蟲研報 9: 15。
2. 小森昇 1964。イネ黃萎病的發生予察 第一報 再生稻の發病率および第一回成蟲の保毒率と發病 (講要) 日植病報 29(2): 71。
3. 小森昇 1965。イネ黃萎病的被害について 關東東山病害蟲研報 12: 16—17。
4. 小森昇 1966。茨城縣におけるイネ黃萎病的發生之防除 植物防疫 20(7): 285—288。

5. 小森昇 1969。イネ黄萎病の發生予察 第2報 ツマグロヨコバイの吸毒時期と媒介時期について。
6. 小森昇、高井昭、君崎喜之助、高野十吾、稻生稔、關谷銃造、原敬之助 1975。イネ黄萎病の發生予察方法の確立に關可當特殊調査 農作物有害動物發生予察特別報告第27號 P.23—48。
7. 大内義久、末永一 1963。クロスジツマグマヨコバイの稻黄萎病ウイルス媒介能力について(予報) 九州病蟲研報 9: 60—61。
8. 大内義久、末永一 1964。クロスジツマグロヨコバイの稻黄萎病ウイルス媒介能力について(第2報) 九州病害蟲研報 10: 10—12。
9. 土居養二、寺中理明、與良清、明日山秀文 1967。クワ萎縮病、ジャガイモてんぐ巢病、Aster Yellows 感染ベチエニアならびにきりてんぐ巢病の罹病莖葉節部に見出された *Mycoplasma* 様微生物について 日植病報 33(4): 259—266。
10. 木村俊彦、西澤正洋 稻萎縮病の生態および防除に關する研究 第15報 本病の發病と肥料との關係(2) 九州病害蟲研報 11: 4—6。
11. 市川久雄、中村行雄 1960。稻黄萎病と栽培法との關係 關東東山病蟲研報 7: 18。
12. 市川久雄 1960。稻黄萎病の長野縣に於ける發生について 日植病報 25(1): 16。
13. 石井正義 1963。稻黄萎病の發生機構 今月の農業 7(5): 63—67。
14. 石井正義 1963。イネウイルス病の發病と溫度との關係 第一報 接種時の溫度と媒介 日植病報 28: 309—310。
15. 石井正義、小野小三郎 1965。イネウイルス病の發病と溫度および光との關係 第6報 感染前後のイネに對する影響(講要) 日植病報 30(5): 294。
16. 石井正義、安尾俊、小野小三郎 1969。關東東山地域における稻黄萎病の發生生態について 農事試驗場研報 13: 1—21。
17. 古徳業、辛竹英、王順成 1976。常用殺蟲劑對水稻褐飛蝨和黑尾葉蟬の藥效及抗藥性研究 臺灣農業季刊 12(3): 148—163。
18. 永井清文、岩橋哲彦、後藤重喜 1963。イネ病の生態ならびに防除に關する研究 第一報 ツマグロヨコバイのウイルス保毒と溫度との關係について(講要) 日植病報 28(5): 289。
19. 守中正、櫻井義郎 1970。イネ黄萎病に對する品種抵抗性の幼苗檢定法 日本中國農事試報B(環境部) 第6號 P.57—79。
20. 安尾俊、石井正義、小森昇、岩本靜之 1963。イネ黄萎病の發生機構に關する研究 第二報第一次感染と第2次感染について 關東東山病害蟲研報 10: 2。
21. 杉浦巳代治、奈須壯夫、脇本哲、飯田俊武 1968。イネ黄萎病に關する研究(講要) 日植病報 34(3): 205—206。
22. 里見紳生 1966。稻黄萎病の發病株率とツマグロヨコバイの保毒蟲數 今月の農業 10(10): 54—56。
23. 佐藤允通、杉野多万司 1965。イネ黄萎病の予察方法の檢討 關東東山病害蟲研報 12: 18。
24. 何火樹、陳慶忠 1968。黑尾浮塵子類之生態研究 I 中華植保會刊 10(1): 15—36。

25. 奈須壯兆、杉浦巳代治、脇本哲、飯田俊武 1967。イネ黄萎病の病原について 日植病報 33: 343—344。
26. 岩橋哲彦、永井清文、後藤重喜 1963。イネ黄萎病の生態ならびに防除に関する研究 第2報 ツマグロヨコバイのウイルス媒介と温度の関係 日植病報 28(5): 289—290。
27. 岩橋哲彦、後藤重喜 1964。稻黄萎病の生態ならびに防除に関する研究 第4報 稻の生態期と發病ならびに被害との關係 九州病害蟲研報 10: 104—105。
28. 岩城寛、飛田卓也、瀧田泰章 1969。イネ黄萎病の被害解析について 關東東山病害蟲研報 16: 27。
29. 邱人璋 1966。臺灣由黑尾浮塵子傳播的兩種水稻毒素病 臺灣植物保護工作(昆蟲篇) 劉廷蔚先生六十紀念文集 P.279—284。
30. 邱人璋、簡錦忠 1971。水稻黄萎病 農復會刊印之邱人璋主編稻作病害研討會講稿集 P.135—154。
31. 吳羽好三、柴木精 1975。イネの黄萎病の發生予察方法の確立に関する特殊調査 農作物有害動物發生予察特別報告 第27號 P.49—65。
32. 後藤重喜 1952。稻黄萎病の稻體におよぼす病的變化について 九州農業研究 9: 15—16。
33. 後藤重喜、岩橋哲彦、水井清文 1963。イネ黄萎病の生態並びに防除に関する研究 第3報 イネの感染ならびに發病と温度との關係にていて(講要) 日植病報 28(5): 290。
34. 後藤重喜、蓮子榮吉、海田春美、永井清水、若橋哲彦 1975。イネ黄萎病の發生生態並びに發生予察方法の確立に関する特殊調査 農作物有害動物發生予察特別報告 第27號 P.67—99。
35. 高崎登美雄、杉浦巳代治、飯田俊武 1971。イネ黄萎病の病株および保毒蟲に對する高温處理の影響 日植病報 36(3): 190。
36. 高野誠義、小森昇 1961。茨城縣における黄萎病の發生について 關東東山病蟲研報 8: 13。
37. 高野誠義、高野十吾、小森昇、岩本靜之 1963。イネ黄萎病の發生機構に関する研究 第一報 栽培時期と發病との關係 關東東山病蟲報告 10: 1。
38. 馬場口勝男、原敬一 1966。早期水稻における黄萎病の感染時期について 第2報 再生稻との關係 九州病蟲研報 12: 20—21。
39. 陳明雄、寒川一成 1969。臺灣産三種黑尾浮塵子 中華植保會刊 11(3): 109—113。
40. 陳慶忠 1970。臺灣産三種黑尾浮塵子傳播水稻黄萎病能力比較 中華植保會刊 12(4): 160—165。
41. 陳慶忠 1972。臺灣産三種黑尾浮塵子分佈調査 中華植保會刊 14(1): 41—45。
42. 陳慶忠、柯文華 1975。黄萎病對水稻農藝性狀之影響 中華植保會刊 17(2): 250—262。
43. 陳慶忠 1975。水稻品種對黄萎病抵抗性之研究 I 影響抗病品種檢定因子 中華植保會刊 17(2): 263—271。
44. 陳慶忠、邱人璋、柯文華、陳呈鶴 1976。臺中地區水稻黄萎病週年傳播圈之研究(摘

- 要) 中華植保會刊 18(4): 396—397.
45. 陳慶忠、柯文華 1976。水稻品種對黃萎病抵抗力之研究 II。水稻品種對黃萎病抵抗力檢定 中華植保會刊 18: 207—217。
 46. 陳慶忠 1977。水稻黃萎病週年傳播圈之研究 科學發展月刊 5(2): 98—105。
 47. 陳慶忠、柯文華、王玉沙、胡德貴 1977。黃萎病不同發病時期對水稻之為害分析 中華植保會刊(投稿中)。
 48. 陳慶忠、柯文華 1977。臺中區黑尾浮塵子越冬期蟲齡結構及再生稻黃萎病罹病情形調查 中華植保會刊(投稿中)。
 49. 陳脉紀、劉興業 1974。水稻黃萎病之電子顯微鏡研究 中華植保會刊 16(1.2): 42—55。
 50. 新海昭 1951。イネ黃萎病寄生範圍及經種子傳播 日植病報 15: 176。
 51. 新海昭 1959。タイワニツマグロヨコバイによる稻黃萎病の媒介 日植病報 24(1): 36。
 52. 新海昭 1959。稻黃萎病イルスのタイクニツマグロヨコバイにおける蟲體內潛伏期間及媒介力保持期間 日植病報 24: 29。
 53. 新海昭 1960。稻黃萎病ウイルスの越冬 日植病報 25(1): 16。
 54. 新海昭 1961。稻黃萎病の流行地におけるツマグロヨコバイの傳染蟲率(續報) 關東東山病害蟲研報 8: 12。
 55. 新海昭 1962。稻ウイルス病の蟲媒傳染に關する研究 農技研究所報告 C14: 1—112。
 56. 新海昭 1963イネの黃萎病感染と發病 日植病報 28(3): 108。
 57. 新留伊俊、柳田良雄、糸賀繁人 1961。早期作水稻における稻黃萎病の被害 九州病蟲研究 7: 30—32。
 58. 黑澤英一 1940。臺灣に發生する稻の黃萎病に就いて 病蟲雜 27(2): 161—166。
 59. 飯田俊武、新海昭 1950。稻黃萎病のツマグロヨコバイに於ける傳染 日植病報 14: 113—114。
 60. 臺灣省農林廳 1966—1976。臺灣省植物保護工作總報告 民55—65年度。
 61. 謝式埤鈺、邱人璋 1969。臺灣水稻新毒素病——縞葉枯病(摘要) 中華植保會刊 11(4): 175。
 62. 謝式埤鈺、邱人璋 1970。臺灣水稻新病害——草狀矮化病 中華植保會刊 12(3): 136—140。
 63. 謝式埤鈺 1976。水稻黃萎病與黃萎病損失估計 「水稻病蟲害損失估計」研討會講稿 中華植保會刊 18(2): 91—105。
 64. 鮫島德造 1967。宮崎縣におけるイネ黃萎病の發生と防除 植物防疫 21(2): 47—50。
 65. 簡錦忠、朱啓魯 1969。插秧時期對稻黃萎病發生之影響觀察 臺灣農林 5(4): 95—97。
 66. Abeygunawardena, D.V.W., C.M. Bandaranayaka, and C. B. Karandawela. 1970. Virus diseases of rice and their control. Trop. Agr. 126: 1-13.

67. Chiu, R.J., T.C. Lo, C.L. Pi and M.H. Chen. 1964. Transitory yellowing of rice and its transmission by the leafhopper *Nephotettix apicalis* (Motsch.). Bot. Bull. Acad. Sinica (Taiwan) 6:1-18.
68. Chiu, R.J., J.H. Jean and M.H. Chen. 1966. Transmission of yellow dwarf of rice by two leafhoppers in Taiwan. Plant Proc. Bull. (Taiwan) 8(4):275-286.
69. Hashioka, Y. 1964. Virus diseases of rice in the world. Faculty of Agr., Gifu Univ. 16p.
70. Iida, T.T., and A. Shinkai. 1967. Transmission of dwarf, yellow dwarf, stripe and black-streaked dwarf. *In* The Virus Diseases of the Rice Plant. p. 125-129. Johns Hopkins Press, Baltimore, Maryland, U.S.A.
71. Iida, T.T. 1967. Dwarf, yellow dwarf, stripe and black-streaked dwarf diseases of rice. *In* The Virus Diseases of the Rice Plant. p. 3-11. Johns Hopkins Press, Baltimore, Maryland, U.S.A.
72. K.C. Ling. 1967. Transmission of rice viruses in Southeast Asia. *In* The Virus Diseases of the Rice Plant. p. 139-154. Johns Hopkins Press, Baltimore, Maryland, U.S.A.
73. K.C. Ling. 1973. Synonymes of insect vectors of rice viruses. International Rice Research Institute.
74. Lim, G.S. and K. G. Goh. 1968. Leafhopper transmission of a virus disease of rice locally known as "Padi Jantan" in Kiran, Malaysia. Malaysian Agr. J. 46:435-450.
75. Lim, G.S. 1970. Transmission studies of yellow dwarf disease of rice in West Malaysia. Malaysian Agr. J. 47:517-523.
76. Nakasuji, F. 1974. Epidemiological study on rice dwarf virus transmitted by the green rice leafhopper *Nephotettix cincticeps*. JARQ 8(2):8491.
77. Ou, S.H. 1972. Rice disease. Commonwealth Mycol. Inst., Kew Survey, England.
78. Ou, S.H. and C.T. Rivera. 1967. Virus diseases of rice in Southeast Asia. *In* The Virus Diseases of the Rice Plant p. 23-34. Johns Hopkins Press, Baltimore, Maryland, U.S.A.
79. Palomar, M.K. and C.T. Rivera. 1967. Yellow dwarf of rice in the Philippines. Philippine Phytopathol. 3:27-34.
80. Raychaudhuri, S.P., M.D. Mishra and A. Ghosh, 1967. Preliminary note on the transmission of a virus disease resembling tungro of rice in India and other virus-like symptoms. Plant Dis. Rep. 51:300-301.
81. Yasuo, S. 1967. Effect of virus on the rice plant. *In* The Virus Diseases of the Rice Plant. p. 167-178. Johns Hopkins Press, Baltimore, Maryland, U.S.A.

Epidemiological Studies on Rice Yellow Dwarf

Ching-chung Chen

Taichung District Agricultural Improvement Station
Taichung, Taiwan 400

Summary

Active individuals of the rice green leafhoppers, *Nephotettix* spp. that carry rice yellow dwarf (RYD) could be found all year round in field collections. Two peaks are observed each year. The first one is in February-March with 26-29% being active transmitters. They become the main source of inoculum for the first rice crop. The second peak appears in July-August with 10-36% as active transmitters which transmit the disease to the second rice crop.

The green leafhoppers that survive the winter season and carry the causal agent (an MLO) play a very important role in the spread of RYD. The surviving nymphs of the 7th generation which have acquired MLO from the diseased plants in November become the primary source of inoculum in next January and February. On the other hand, the offspring of some adults of the 7th generation may also acquire MLO from diseased ratoons and then transmit it in March and April. However, due to a low population of RYD-diseased ratoons in the cool season, the latter might not constitute an important way of spreading the disease.

Seven species of Gramineous weeds may act as hosts of RYD by artificial inoculation under greenhouse conditions. They are *Leptochloa chinensis*, *Imperata cylindrica*, *Leexsia hexandra*, *Alopecurus aequalis*, *Digitaria setigera*, *Paspalum conjugatum* and *D. fauriei*. However, the symptoms on these weeds are rarely seen in the field and they might not act as important hosts of MLO in the disease spread.

Infection with RYD mainly occurs in the seedling stage or shortly after transplanting either in the 1st or 2nd crop. Because of low vector population and low temperature in the early part of the first crop, the disease incidence is usually low and the symptoms appear only after June, thus the disease exerts little effect on the yield of the first rice crop.

邱人璋主編

水稻病蟲害：生態學與流行學

農復會1978年12月刊行 p. 167—184。

水稻白葉枯病原細菌 *Xanthomonas oryzae* 之生態

謝式坤¹

目 錄

- 一、前言
- 二、白葉枯病菌生態研究技術
- 三、環境因子與疾病之發生
- 四、白葉枯病之最初感染源
- 五、白葉枯病菌之殘存
- 六、白葉枯病菌與其他腐生細菌在灌溉水內的變化
- 七、病菌在菌泥中之殘存
- 八、種子傳播
- 九、參考文獻
- 十、英文摘要

一、前 言

水稻白葉枯病爲本省重要病害之一，主要發生在第二期水稻。每年大多於分蘗盛期後發生，如在此期遇到颱風及長期下雨，常造成嚴重的流行，損失頗重。本病在本省以南部及東部較常發生。其他地區也偶然會發生。但第一期水稻則從沒有嚴重發生過。

本病是一種細菌性病害，至今尙無有效農藥以供防治之用，數種抗生素曾被用來防治，但抗藥菌株很快在田間出現，而失去防治效果。目前最有效而經濟之防治法，是栽培抵抗性品種，抗白葉枯病之親本很多，國外育成抗病品種相當成功，尤以接種法由過去費時之針刺法⁽¹⁷⁾改進成簡易剪葉法後⁽⁶⁴⁾，對抗病育種幫忙很大。本省秈稻在第二期常遭受白葉枯病之爲害，育成抗病之秈稻爲今後應努力之目標。

橋岡氏⁽⁴⁴⁾在1951年最早報告白葉枯病發生於本省。過去本病發生輕微。但自感病性品種臺中在來一號在1960年左右推出後，白葉枯病逐漸變成本省水稻之

¹ 國立中興大學植物病理學研究所教授

重要病害，尤其是1974年大量推廣高產量之嘉農秈11號和嘉農秈8號兩品種後，本病更見嚴重，此兩品種不但在成長期非常感病，而且在幼苗期很容易出現急性萎凋(Kresek)⁽⁶⁴⁾型之病徵。

過去有關本病病菌之生態研究很多，但由於研究方法仍有缺點，很多問題，如種子傳播，第一次感染源之來源等有待進一步之探討與研究。本文就病菌之殘存、越冬、第一次感染源、寄主範圍、種子傳播及病害發生與環境之關係做討論，希望能對本病之發生有更進一步之認識。

由於本病在經濟上相當重要，近十多年來有關此病之綜合性評論文章很多，見於國外刊物中^(3,10,22,66,67)。

二、白葉枯病菌生態研究技術

研究病菌之生態，先決條件須能測出自然界很低濃度之病原菌，因為在沒有寄主的存在下，病菌在土壤或非生物體上之濃度不可能太高。從土壤中，灌溉水中或自然界生長的各種植物體上分離植物病原細菌，並不很容易，因為有很多腐生菌經常和病菌同時存在。很多人利用寄主來選擇微生物集團中的病原菌，但病菌在此場合下，必須有相當高的濃度。利用選擇性培養基來阻止其他同時存在之雜菌，對病菌生態研究最有幫助，但白葉枯病菌之選擇性培養基迄今尚沒有成功地建立。Kado and Heskett⁽⁶²⁾曾對五屬的病原細菌，提出五種選擇性培養基。但他們為 *Xanthomonas* 屬配製的培養基內所含之 Cellobiose 和氯化鉍，並不被白葉枯病菌利用，葉肉注射法 (Leaf infiltration) 曾被成功地用來偵察大豆之 *Pseudomonas glycinea*⁽⁶⁵⁾和柑桔之 *Xanthomonas citri*⁽⁵⁶⁾，但此法未被用在白葉枯病上，因為白葉枯病菌主要是侵害維管束，而水稻也不易施用葉肉注射。

水稻白葉枯病菌之偵察，最早是利用分離法，最近則利用三種改進之方法：

(1)多針接種法 (Multiple needle-prick inoculation method)：把含有病菌之溶液，經低速離心、水洗和濃縮後，用 100支小針繫成一束，浸取濃縮液，刺傷葉片接種，此乃利用衆多傷口來增加病菌侵入之機會^(4,14,15,18,43)，而認為可以偵察到 1.4×10^2 /毫升之病菌，但此法並不能把病菌和其他細菌分開，接種時病菌和雜菌同時進入傷口，可能降低病徵出現之機會⁽⁵⁰⁾。

(2)噬菌體增殖法 (Phage increase method)：利用噬菌體之寄主專一性，把噬菌體加入要測定之樣品內，如噬菌體數目增加，即表示有病原細菌之存在，其數目也可概略算出^(4,9,30,34,37,38,39,40)。利用此法對本病之預測工作也做了很多^(66,67)，但迄今尚沒有任何單一噬菌體可以溶解所有的病菌菌株，測出之數目可能比實際存在的少，而本法無法測出 10^4 /毫升以下之病菌^(26,55)。

(3)利用抵抗抗生素之突變種：以各種抗生素誘變，使菌株可抵抗相當高濃度之抗生素，分離時加入此抗生素，則只有抵抗此抗生素之病菌可以生長^(13,21,41,46)。白葉枯病菌曾誘變到可抵抗 20,000ppm 之鏈黴素，利用此突變種研究其生態

非常方便^(58,59,60,61)。用此法可以偵察到很低之病菌濃度。但利用此法也有其缺點，如致病力較低者，常無法誘變出突變種，另外利用此法只能偵察到那些用人工接種到田間的突變種，而無法偵察到自然發生的野生種，但也可以利用此缺點來研究病菌在自然界的行爲，利用抗鏈黴素做爲標示，把抗鏈黴素突變種接種到特殊的環境，以研究此菌在特殊環境之行爲。

有些地方不能利用此法，如根圍附近，因根圍附近存在之雜菌，常常可以抵抗高濃度之鏈黴素。

三、環境因子與疾病之發生

白葉枯病通常發生在排水不良，地下水水位較高而早上有濃霧之處。土質以砂質壤土，粘土較易發生；氣象因子中以雨水、濕度、溫度、淹水及颱風最爲重要。高溫下病害之發生及進展較快，最適發病溫度爲 25-30°C，17°C 以下就很少發生。病斑之擴大在高溫 30-32°C 較快^(10,18,19)。本省第二期水稻白葉枯病常發生於颱風之後，颱風如夾帶長期的雨，則常造成流行性病害^(27,31)，因颱風不但造成很多病菌侵入的傷口，而高溫下病菌易由病葉溢出然後由風雨傳播到其他健康株感染，如沒有風的吹動而只有高溫，病害常造成局部性之爲害，在田間可以看到很明顯的集中發病的地點，稱爲病害焦點 (Disease foci)。

耕種措施也影響病害之發生，秧田淹水太深較易污染到病菌⁽³¹⁾，移到本田後常會引起急性萎凋的白葉枯病 (Kresck)，尤其葉尖如剪去時更易發生，本省目前採用之箱式育出之秧苗，常可避免病菌之污染，減少產生急性萎凋之機會。

肥料不當的施用也會增加病害之發生，特別是氮肥之過度使用，但鉀肥可減輕病害之發生^(10,44,57)，磷肥則對本病沒有影響。

行株距愈小愈適合生育早期病害之發生與進展，但生育後期行株距之大小，並不影響本病之嚴重性^(42,57)。

四、白葉枯病之最初感染源

水稻一年栽培 1 至 2 季，其間總有空隙時間：不是栽培其他作物，就是閒置著。除了兩季水稻連續栽培，病菌得由一季傳到另一季外。由於病菌之殘存能力有限，靠田間土壤內或病組織內殘存的病菌來做第一次感染源的機會並不很大，但田間再生稻或稻樁上病組織內的病菌則常可殘存很久。水稻收穫後，如氣溫不太低而有足夠的水分可讓再生稻維持其生活力，則感染的稻樁可能爲重要的第一次感染源，如在泰國和 Sri Lanka 患病稻樁內之病菌於栽培前整地時釋放到灌溉水去感染稻苗，因而建議灌秧田之水不要經過稻田而直接由主要溝渠引來^(74,75)。在本田越冬的病菌可能爲第一次感染源外，生長在溝渠之 *Leersia* 屬植物常被白葉枯病菌感染⁽²⁸⁾，而經常把病菌釋放入灌溉水內感染幼苗。在日本南方 *Leersia sayanuka* Ohwi 常長滿在水溝的旁邊和水田灌溉內。在北方則 *L.*

oryzoides Swartz 較普遍⁽²²⁾，在很多情形下，這兩種雜草的分佈相和病害的分佈有直接關連，即有此種雜草的地方常有白葉枯病的發生^(23,30)，在田間 *L. sayanuka* 通常比水稻早發病，由實驗證明把患病的 *L. sayanuka* 移植到灌溉溝或翻耕到苗床內，水稻則會被白葉枯病侵害^(2,3)。

L. sayanuka 之地上部在冬天時萎枯，但地下部之芽在春天即發芽，病菌在冬季地上部萎枯時急速降低，但病菌存在根部及地下莖，春天發芽後病菌很快地繁殖，因此在有此種雜草之地方，病菌可在此種雜草越冬，而其上面之病菌又可當第一次感染源⁽⁹⁾。除外，散置田間之病組織，如在乾燥情形下可能殘存相當時間，等灌水後，病菌可能釋放入水中感染幼苗，或在幼苗表面先營腐生繁殖，以後再由傷口、水孔、或氣孔侵入寄主。病菌侵入後，可能只在薄壁細胞之細胞空隙內繁殖，而不表現病徵，繁殖相當程度後，遇到高濕病菌就溢出組織外面，而增加秧田病菌的數目⁽¹³⁾。

種子可以攜帶病菌已為不爭之事實，雖至今尚不能由帶病菌之種子育出病苗，但帶病菌種子在溝渠中浸種時，病菌大量釋放到灌溉水中，是否能傳播到其他苗床上建立腐生繁殖，甚至侵入秧苗，有待繼續探討。

寄主範圍：病菌之寄主範圍為病害生態上的重要因子，病菌可能在非主要寄主上越冬，或主要寄主缺乏時寄生在其他寄主上，使其生活史不會中斷，而能年年為害。水稻白葉枯病菌不只為害水稻，也可以感染數種禾本科植物。在日本田間 *Leersia oryzoides*, *L. oryzoides* var. *japonica* Hack 和菰 (*Zizania latifolia* Turcz.) 可被白葉枯病菌感染。以人工針刺接種發現利甘草 (*Phalaris arundinacea* L.) 蘆葦 (*Phragmites communis* Trinius), 柳葉著 *Isachne alobose* Kuntze 和 *L. japonica* Mukino 可被感染^(5,16,24,28,29,30,30) 在印度香附子 (*Cyperus rotundus*)，異型莎草 (*C. deformis*)⁽⁴⁹⁾ 和 *Leersia hexandra*⁽⁶³⁾ 被認為白葉枯病菌之寄主。人工接種發現 *Paspalum serobiculatum* 也會被白葉枯病菌感染，但在自然界沒有發現病株⁽⁷¹⁾，在孟加拉人工接種發現 *L. hexandra*, *Hygroryza aristata*, *Hymenachne pseudointerrupta* 和野生稻 *Oryza sativa* var. *fatua* 可被病菌感染⁽⁴⁷⁾，李氏禾 (*L. hexandra* Swartz) 在中國大陸也被認為是其寄主⁽⁶⁸⁾。在菲律賓 *Leptochloa liliformis*, *L. panicea*. 千金子 (*L. chinensis*) 和茭白 (*Z. aquatica*) 可由人工接種而感染，但在田間並沒發現被感染之植株^(51,68)。在臺灣 *L. hexandra* 也用剪葉法可以成功地接種白葉枯病菌⁽²⁵⁾。

對於寄主範圍的尋求，研究者大都過分重視人工接種。人工接種得到之感染並不意味田間也可以造成相同的情形。他們也過分注意人工接種後或天然感染所造成之病徵，而忽略了病菌在寄主表面附著生活或腐生之可能。白葉枯病和其他病菌都可能在某些植物表面上生存或繁殖到相當程度而不造成任何感染。對於白葉枯菌在非寄主上之腐生生活應做擴大範圍的尋找，以便確認本病菌之最初感染

源，做爲防治本病之參考。

五、白葉枯病菌之殘存

植物病原細菌如 *Pseudomonas solanacearum* 和 *Agrobacterium* spp. 可以在土壤內殘存較久外，大多數皆無此能力。*Xanthomonas* 屬一般在土壤內之殘存能力較差，白葉枯病病菌在土壤內很快消失，石山氏⁽⁷⁾最初報告，認爲本病菌可在日本之土壤內殘存四個月，因而有能力越冬到第二年春天栽種時。但後來的報告顯示本病菌只能在土壤內殘存 1~2 個月^(3,6,34,36)。除了在 *Leersia* spp. 雜草根圈附近外，從沒有人在感染地區的第二年春天從土壤分離過本病菌⁽³⁶⁾。最近根據筆者的研究，游離的白葉枯病菌在土壤內之殘存受土壤含水量及溫度影響很大，溫度低及濕度小可延長其殘存時間，由表(-)可以看出低溫時無論在 40% 或較少之含水量皆可殘存 3 個月以上，但高溫多濕 (30°C 含水率 40%) 只能殘存 4 天^(53,60)。

六、白葉枯病菌與其他腐生細菌在灌溉水內的變化

白葉枯病菌在灌溉水內與其他腐生菌在一起時，並不能殘存很久，在 30°C 時只有 5 天，20°C 則延長到 11 天，但當用 Millipore 過濾掉腐生細菌，病菌在此兩溫度下之殘存能力延長到 12 日以上⁽⁵³⁾ (圖 1.2)。

腐生細菌在灌溉水內，如沒有加入白葉枯病菌，經常維持相當穩定的數目，30°C 時約爲 $4.7 \times 10^4 \sim 2.0 \times 10^5$ /毫升，20°C 爲 $2.54 \times 10^4 \sim 2.3 \times 10^5$ /毫升，白葉枯病菌加入後，腐生細菌急速的增殖，而白葉枯病菌於 30°C 時，第二天即開始下降，20°C 時第 4 天時開始下降。腐生細菌在 30°C 時在第 4 天增加到高峯，20°C 時則在第 8 天達高峯，之後又逐漸降低到原來之程度。由此可見病菌在灌溉水內不能跟腐生細菌競爭，而腐生細菌之增殖可能利用病菌分解後釋放出來之營養^(53,60)。

當灌溉水溫度降到 10°C 時，病菌可殘存 35 天，1~4°C 時則可殘存 60 天。如把病葉埋在不同溫度及不同含水量，也有相似的結果，如土壤含水量 40%，30°C 時只殘存 12 天，20°C 時則殘存 20 天，土壤含水量 20%，30°C 時可殘存 40 天，20°C 時可殘存 60 天；如土壤含水量接近零時則 30°C 可殘存 180 天，而 20°C 則可殘存 360 天。由此可見在病葉的病原細菌之殘存能力，依其保護之稻組織而定，高溫多濕時病組織很快就腐爛，其組織內之病原細菌也很快失去其生命。由此可見冬天雖爲溫帶地區兩季水稻的空隙，但由於冬天溫度很低，病菌無論是以游離狀態存在於土壤或存在於病組織內，皆可以殘存 3 個月左右，因此病菌可以此種狀態越冬做爲第 1 次感染源，但在潮濕的熱帶地區，如沒有其他寄主的存在，病菌很快就會消失，單靠田間殘存之病菌就無法連續其生活圈。

在日本再生稻可生存越冬至第 2 年春天，特別是那些收割後沒有耕犁之田地

。病原細菌可能在生存之再生稻上越冬^(1,20)。但如再生稻翻犁入土壤內，則其上之病原細菌在1、2個月內即死亡^(8,11,32)。

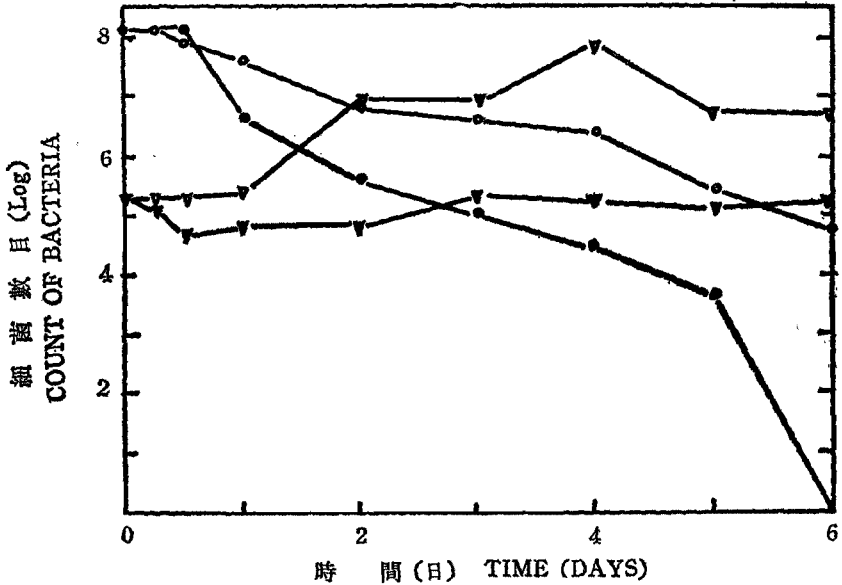


圖1. 灌溉水中白葉枯病菌和腐生細菌在 30°C 之消長情形，縱座標為每毫升之細菌數目 Log_{10} 、空心圓為白葉枯病菌單獨存在時；實心圓為白葉枯病菌和腐生菌在一起時；空心三角形為腐生細菌和白葉枯病菌在一起時；實心三角為腐生細菌單獨存在時。

Fig 1. Population changes of *Xanthomonas oryzae* and other bacteria in paddy irrigation water at 30°C. Ordinate numbers represent Log_{10} of the bacterial cells per ml sample. Open circles, *X. oryzae* alone; solid circles, *X. oryzae* when mixed with saprophytes; open triangles, saprophytes when mixed with *X. oryzae*; solid triangles, saprophytic bacteria alone.

七、病菌在菌泥之殘存

病組織遇到高濕時，病菌可由維管束溢出而形成所謂菌泥 (Ooze)，一般皆相信為第 2 次感染的主要來源。溢出的菌泥如在乾燥情形下，會乾縮而形成小球狀，此種乾燥的菌泥也可以殘存很久，在靠近 0% 的相對濕度下，溫度 10°C 以下可殘存 420 天以上，20°C 可殘存 330 天，30°C 則有 150 天 (表二)，陽光對病菌在菌泥內之殘存也有很大的影響，在 27~43°C 溫室下，相對濕度 30% 時照射陽光者可殘存 30 天，但沒有照射到陽光者可殘存到 100 天。在相同溫度而濕度提

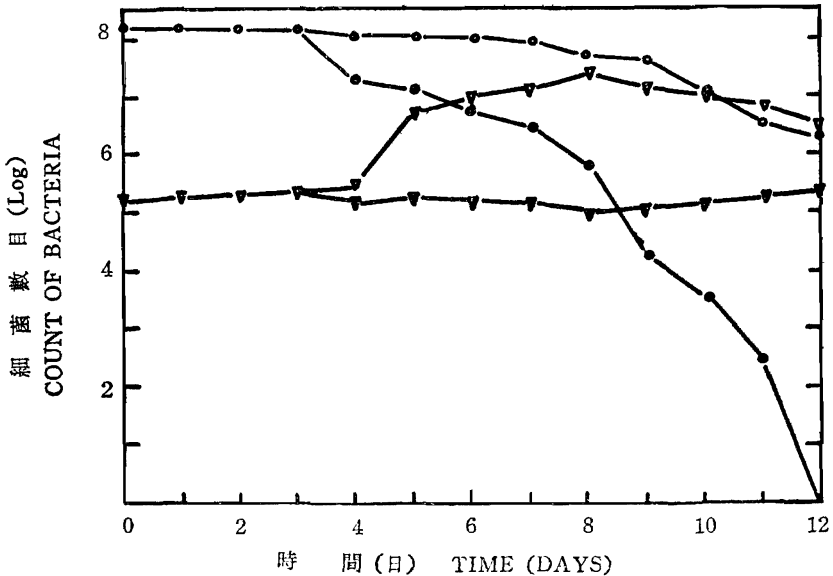


圖 2. 灌溉水中白葉枯病菌和腐生細菌在 20°C 之消長情形。縱座標為每毫升之細菌數目 (Log_{10})。空心圓為白葉枯病菌單獨存在時；實心圓為白葉枯病菌和腐生菌在一起時；空心三角為腐生細菌和白葉枯菌在一起時；實心三角為腐生細菌單獨存在時。

Fig 2. Population changes of *Xanthomonas oryzae* and other bacteria in paddy irrigation water at 20°C. Ordinate numbers represent Log_{10} of the bacterial cells per ml sample. Open circles, *X. oryzae* alone; solid circles, *X. oryzae* when mixed with saprophytes; open triangles, saprophytes when mixed with *X. oryzae*; solid triangles, saprophytic bacteria alone.

高68%時，照射到陽光者只殘存15天，沒有照射到陽光者可殘存40天。由於菌泥是有極端的吸濕性，遇到水後馬上溶化而不再成小球狀，並很快地被其他腐生細菌或腐生真菌所佔據，在此種條件下，病菌在菌泥內很快失去其生活力，故相對濕度愈大，殘存能力愈短，如在 20°C，相對濕度20%以下可殘存 330天，54%可殘存 90天，76%可殘存60天，100%則只能殘存 5天（表二）。由此可見菌泥內之病菌很難殘存到可當為下季稻作之第 1 次感染源。

水稻收割後，稻稈不是堆積在田間就是散放在田裏，病原菌在稻稈堆內也可以殘存相當時間。受雨及陽光照射得到的稻稈，病菌之殘存很短，但堆積在中央的稻稈，雨水及陽光皆不會達到，病菌殘存較長。白葉枯病菌在稻葉內之殘存也

表 1. 水稻白葉枯病菌在土壤內之殘存
Table 1. Survival of *Xanthomonas oryzae* in soil

溫度 Temperature (°C)	殘存日數 Period of survival (days)		
	土壤含水量 Water content in soil(%)		
	0	20	40
1-4	175	160	92
10	125	120	80
20	30	33	32
30	15	8	4

表 2. 溫度與濕度對白葉枯病菌在菌泥內殘存之影響
Table 2. Effect of temperature and relative humidity on the survival of *Xanthomonas oryzae* in ooze droplets

相對濕度 Relative humidity (%)	殘存日數 Period of survival (days)			
	溫度 Temperature (°C)			
	1-4	10	20	30
0	>420	>420	330	150
20	—*	—	330	
30	—	—		210
54	—	—	90	
68	—	—		90
76	—	—	60	
100	—	—	5	5

* 該條件下沒有試驗

No test was conducted.

受氣溫及相對濕度之影響，下表 3 為筆者⁽⁶⁰⁾就溫度及相對濕度對白葉枯病菌之殘存能力所做之結果。

由以上可知白葉枯病菌無論是以游離狀態存在於土壤或灌溉水內，或在病組織內，在高溫多濕下皆無法長時間的殘存，爲了防治本病之嚴重發生，似乎可以於移植前把土壤翻犁，並浸滿水維持 10~20 天，以減低田中之病菌，農民常於移植前才翻犁稻田，而沒有提前灌水來消滅可能存在之病菌，因此前作所殘存之

表 3. 溫度與濕度對白葉枯病菌在病葉內殘存之影響

Table 3. Effect of temperature and relative humidity on the survival of *Xanthomonas oryzae* in diseased leaves

相對濕度 Relative humidity (%)	殘 存 日 數 Period of survival (days)			
	溫 度 Temperature (°C)			
	1-4	10	20	30
0	>420	>420	360	242
20	—*	—	340	—
30	—	—	—	200
54	—	—	125	—
68	—	—	—	40
76	—	—	110	—
100	185	110	40	10

* 該條件下沒有試驗

No test was conducted.

病菌可能仍存活，移植後病菌可能由於傷口侵入細菌，造成傷害。

七、種子傳播

水稻白葉枯病是否能經種子傳播，至今尚在爭論。水稻種子曾大量的從一個地方或國家運送到另外一個國家，因此了解病菌是否能經種子傳播，是一個重要而急需解決的問題。利用間接的噬菌體增殖方法在日本首先於1955年，認為水稻種子可能帶有白葉枯病菌⁽³⁵⁾，後來經多位學者用同法研究，證實病菌在種子之殘存^(3,9,22)。直接由種子分離病菌的報告，則一直到最近才由數位印度學者提出^(48,50,72,73)，但他們分離的方法值得懷疑，因為他們把種子直接放在 Nutrient agar (NA) 平板上，而稱可以分離到病原細菌之比例很高。事實上，白葉枯病菌在 NA 上生長很慢，而用種子直接放在 NA 平板上，在 24~48 小時的培養時間內，只能分離到生長很快的黃色腐生細菌^(68,61,63) Reddy 和 Ou⁽⁷⁰⁾比較白葉枯病菌之特性時，也認為他們由水稻種子分離的所謂白葉枯病菌值得懷疑。

新近比較可靠的報告是利用毛細管分離法 (Micropipette method)，用毛細管直接在顯微鏡下吸取由病組織溢出之菌流 (Streaming)，然後移到適當的培養基培養，長出的菌落經接種確定其病原性⁽⁶⁸⁾，利用此法測出病菌在收穫後的種子內可殘存 2 個月。

利用白葉枯病菌之抗鏈黴素 (Streptomycin) 突變種，謝等⁽⁶¹⁾提出簡便偵察白葉枯病菌在水稻種子之方法，即以抗鏈黴素突變種接種到稻穗頸基下方，三

週後把所得種子之基部離層接觸到含有鏈黴素之平板培養基上培養 4 至 5 天後，白葉枯病菌菌落可能就由接觸部位長出，利用此法可正確檢出含病菌種子，一天可以檢定數千種子。稀釋平板定量種子各部份發現，病菌主要存於稻殼之微細維管束內，此可在顯微鏡下看到細菌由稻殼內維管束切口流出，最多每個種子之殼可達 2.5×10^6 病菌，去殼之種子帶病菌數較少，最多的只有 4.9×10^3 ⁽⁵⁸⁾ 其存在部位可能只是在胚珠而非在胚乳。

病菌進入種子之途徑可能主要由穗莖或穗本身之維管束向上或四周蔓延，部份種子可能在颱風期間直接由受傷的種殼侵入，此兩法都曾用人工接種方法證實其可能性⁽⁵⁸⁾。因此種子為白葉枯病菌可能的越冬部位，在日本的冬天，病菌在自然感染的種子內可殘存達 5 個月⁽⁵⁵⁾，病菌在種子內之殘存受環境影響甚大，可能就如菌病在其他基質內之殘存：溫度和濕度可能為其主要因子，農民收穫時，常把稻殼在陽光下曬數日，再收倉，陽光使種子溫度提高，使種子中之病菌縮短其殘存能力（表四），收藏之種子含水量很低，有利病菌之殘存，但貯藏場所之溫度及濕度因地而異，殘存也隨著而變。

表 4. 臺灣農民操作下白葉枯病菌在種子內之殘存

Table 4. Survival of *Xanthomonas oryzae* in rice seeds under farmer's practice in Taiwan

收穫後天數 Days after harvest	種子帶白葉枯病菌率 Percent seeds with <i>X. oryzae</i>					
	第一期作 First crop			第二期作 Second crop		
	晒 Dried under	乾 sun*	晒 Dried under	乾 sun	陰 Dried under	乾 shade
0	48		59		59	
3	29		32		58	
20	12		18		45	
40	8		9		23	
60	0		0		13	
90	0		0		3	
100	0		0		0	

* 收穫後馬上在陽光下晒三天

Seeds were dried under sunlight immediately after harvest.

綜合以上之報告，稻種子可攜帶白葉枯病菌是毫無問題，但證實種子帶有病菌並不一定意味此病可經種子傳播，很多研究者試著各種方法播種，自然感染或人工接種所得種子以得到病菌，但都沒有成功^(52, 58, 63)，這可能是因大部份病菌存在於稻殼之維管束內而沒有和真正的種子或幼苗連接，種子催芽時，大多數的

病菌從種子溢出，在高溫下（28°C）浸種24小時後約 99%的病菌即死亡，浸種後第3天就不能由種子分離到病菌（表五），而在較低溫度下（15°C）浸種5天後也不能分離到病菌，病菌在短時間內消失可能由於種子尚有很多腐生菌及噬菌體^(58,63)。浸種時流出之病菌其命運如何，迄今尚是一個謎，成千成萬的種子浸種後，其種子內之病菌，有可能被沖走到其他地方去建立新的病害場所，因為由帶病菌種子所育出少數幼苗之葉片表面，到第6天尚可以分離到病菌，雖然這些幼苗仍然保持健康，但病菌在稻體表面可以建生成表生菌（Epiphytes）由此得到證明，儘管如此，一般皆認為白葉枯病菌經種子傳播並不重要^(52,58,68)。

由於種子可能帶有白葉枯病菌，很多學者提出各種種子處理方法：包括物理與化學方法，溫湯處理 53°C 1小時或 56°C，30分鐘即可殺死種子中之病原細菌⁽⁴⁵⁾，有機汞劑之消毒也可以用來消除種子中之病原細菌⁽⁷⁶⁾。

表 5. 白葉枯病菌在發芽種子中與浸漬水中之殘存

Table 5. Survival of *Xanthomonas oryzae* in germinating rice seeds and soak-water in relation to time of soaking.

浸種時數 Duration of soaking (hr)	10個發芽種子或毫升浸漬水中之病菌分離數			
	Cells/10 seedlings		Cells/ml soak water	
	15°C	28°C	15°C	28°C
0	8.3×10^5	8.3×10^5	—	—
2	3.8×10^4	4.0×10^4	6.4×10^5	4.9×10^5
8	2.2×10^4	3.5×10^4	3.8×10^5	4.6×10^4
24	1.8×10^4	2.1×10^3	8.6×10^4	2.8×10^2
68	5.3×10^3	1.8×10	6.7×10^3	8.6×10
72	6.8×10^2	0	4.9×10^2	0
96	1.5×10^2	0	8.1×10	0
100	0	0	0	0

八、參考文獻

1. 中澤雅典、加藤喜重郎 1958。本田における白葉枯病罹病稻の病原細菌生存部位について 關西病蟲研會報 1: 12—14。
2. 水上武幸 1956。稻白葉枯病に關する研究 稻葉における病原細菌の侵入並に増殖部位について（予報）佐賀大農學部彙報 4: 169—175。
3. 水上武幸 1961。稻白葉枯病菌に關する生態學的研究 佐賀大農學部彙報 13: 1—85。
4. 水上武幸 1964。イント發生の稻白葉枯病 植防 18: 179—180。
5. 水上武幸、關正男 1956。稻白葉枯病菌によつて汚染された雜草が 稻への傳染源と

しての價値の有無について(講要) 日植病報 21:104。

6. 井上義孝、後藤和夫 大畑貫一 1957。稻白葉枯病の越冬並に傳染経路に就て 東海近畿農試研報 栽培部 4:78—82。
7. 石山信一 1922。稻白葉枯病の研究 農事試験場報告 45の3:233—261。
8. 田上義也、久原重松、栗田年代、佐藤徹 1963。イネ白葉枯病の發病と苗代における接種苗量および浸冠水程度との關係について(講要) 日植病報 28:66。
9. 田上義也、久原重松、栗田年代 藤井溥、關谷直正、吉村彰治、佐藤徹、渡邊文吉郎 1963。稻白葉枯病の發生生態に關する研究 第1報病原菌の越冬 九州農業試験場彙報 9:89—122。
10. 田上義也、水上武幸 1962。稻白葉枯病に關する綜説 農林省振興局植物防疫課 112p。
11. 田上義也、藤井溥、久原重松、栗田年代 1960。稻白葉枯病菌の稻刈株での越冬(講要) 日植病報 25:68。
12. 田部井英夫 1967。イネ白葉枯病病原細菌の寄主體侵入経路に關する解剖學的觀察 特にイネ苗の鞘葉および本葉葉鞘部における氣孔侵入 日植病報 33:12—16。
13. 田部井英夫、草葉敏彦、渡邊實、向秀夫 1957。水稻白葉枯病菌の Streptomycin 耐性菌による分離定量について(講要) 日植病報 22:9。
14. 伊阪實人 1970。イネ白葉枯病菌檢出のための噴出菌泥檢鏡法 (bacterial exudation method) 日植病報 36:313—318。
15. 伊阪實人、宮越盈 1967。イネ白葉枯病低濃度菌檢出の一實驗(講要) 日植病報 33:110。
16. 伊阪實人、宮越盈 1967。イネ白葉枯病病菌の保菌雜草について 日植病報 33:330。
17. 向秀夫、吉田孝二 1951。稻白葉枯病の新しい接種方法について(講要) 日植病報 15:179。
18. 向秀夫、草葉敏彦、渡邊實、田部井英夫 1957。稻白葉枯の發病に關する2、3の要因(講要) 日植病報 22:10。
19. 向秀夫、草葉敏彦、渡邊實、田部井英夫 1957。稻白葉枯の發病に關する2、3要因について 關東病蟲研究 4:7—8。
20. 吉村彰治 1959。北陸地方における稻白枯病について 植防 13:395—399。
21. 吉村彰治 1962。イネ白葉枯病の土壤中における生存期間(講要) 日植病報 27:60。
22. 吉村彰治 1963。稻白葉枯病の發生生態に關する診斷學的研究 北陸農試報告 5:27—182。
23. 吉村彰治、森橋俊春 1959。バクテリオファージによる稻白葉枯病系統菌の分類と病原性について(講要) 日植病報 21:6。
24. 吉村彰治、森橋俊春、鈴木幸雄 1959。北陸地方における稻白葉枯病菌の主要越冬雜草の分布と發病狀況(講要) 日植病報 24:6。
25. 朱啓魯、簡錦忠 1975。稻白葉枯病菌之中間寄主——李氏禾 中華農業研究 24:20—22。

26. 後藤正夫 1969。イネ白葉枯病 *X. oryzae* (Uyeda et Ishiyama) Dowson, における phagebacteria interaction の生態 静岡大學農學部研究報告 19: 31—67。
27. 後藤和夫、井上義孝、深津量榮、大畑貫一 1955。稻白葉枯病の發生並に消長に關する圃場觀察 東海近畿農試報告 栽培部 2: 53—68。
28. 後藤和夫、深津量榮、大畑貫一 1953。稻白葉枯病の稻及び雜草による越冬(予報) 農園 28: 207—208。
29. 後藤和夫、深津量榮、大畑貫一 1953。稻白葉枯病の雜草との自然發病(講要) 日植病報 17: 154。
30. 後藤和夫、深津量榮、大畑貫一 1953。常發地の稻白葉枯病と雜草發病との關係 植防 7: 365—368。
31. 後藤和夫、深津量榮、大畑貫一 1956。稻白葉枯病の發病と氣象との關係(講要) 日植病報 20: 175—176。
32. 栗田年代、久原重松、田部井英夫、佐藤徹、田上義也 1965。イネ白葉枯病菌のイネ刈株における越冬と増殖(講要) 日植病報 30: 72—73。
33. 脇本哲 1954。稻白葉枯病菌フェージの生物學的、物理學的性質 九大農學藝誌 14: 485—393。
34. 脇本哲 1954。フェージによる稻白葉枯病菌の生存の檢定 九大農藝誌 14: 495—498。
35. 脇本哲 1955。稻白葉枯病の種籽での越冬(預報) 農業與園藝 30: 1501。
36. 脇本哲 1956。稻白葉枯病菌の土壤中での越冬 農業與園藝 33: 1413—1414。
37. 脇本哲 1957。植物根と稻白葉枯菌との關係 九州病蟲研會報 3: 2—5。
38. 脇本哲 1957。バクテリオフェージによる簡易細菌數比較法 日植病報 22: 159—163。
39. 脇本哲、吉井甫 1955。Bacteriophage による Bacteria の定量(講要) 日植病報 20: 101。
40. 脇本哲、吉井甫 1955。Bacteriophage による Bacteria の定量 九大農學藝誌 15: 161—169。
41. 脇本哲、向秀夫 1963。ストレプトマイシン耐性イネ白葉枯病菌の自然界における分布 日植病報 28: 153—158。
42. 祝迫親志 1965。イネ白葉枯病に關する研究 第5報 植栽密度およびそれに基因する微氣象が イネ白葉枯病の侵入および擴大抵抗におよぼす影響(講要) 日植病報 30: 73。
43. 渡邊實、草葉敏彦、田部井英夫、向秀夫 1957。水稻白葉枯病に對する品種間抵抗性の差異第6報 針接種における病原菌の稻體での増殖經過(講要) 日植病報 22: 10。
44. 橋岡良夫 1951。稻の白葉枯病とその防除法 農業與園藝 26: 644—648。
45. 謝式浬 1973。水稻白葉枯病菌之種子侵入及其與發病之關係(摘要) 植物保護會刊 15: 183—184。
46. 關正男、草葉敏彦、向秀夫 1957。二三禾本科植物に於ける稻白葉枯病菌の増殖(講要) 日植病報 22: 10。

47. Bakr, M. A. and S. A. Miah. 1975. New weed hosts of *Xanthomonas oryzae* (Uyeda & Ishiyama) Dowson in Bangladesh. FAO International Rice Commission Newsletter 24:16-18.
48. Charkravarti, B. P. and M. Rangarajan. 1967. A virulent strain of *Xanthomonas oryzae* isolated from rice seeds in India. Phytopathology 57:688-690.
49. Chattopadhyay, S. B. and M. Mukherjee. 1968. Occurrence in nature of collateral hosts (*Cyperus rotundus* & *C. deformis*) of *Xanthomonas oryzae*, incitant of bacterial blight of rice. Curr. Sci. 37:441.
50. Chattopadhyay, S. B. and M. Mukherjee. 1971. Seed transmission of *Xanthomonas oryzae* (Uyeda & Ishiyama) Dowson, the pathogen of bacterial leaf blight of rice. Int. Rice Comm. Newsl. 20:41-47.
51. Daimacio, S. C. and O. R. Exconde. 1967. Host range of *Xanthomonas oryzae* in the Philippines. Philippine Agr. 51:283-289.
52. Emachit, Sunetra and S. H. Ou. 1970. Some studies on the transmission of bacterial blight of rice through seed. Philippine Agr. 56:33-45.
53. Fang, C. T., H. C. Ren, T. Y. Chen, Y. K. Chu, H. C. Faan and S. C. Wu. 1957. A comparison of the rice bacterial leaf blight organism with the bacterial leaf streak organisms of rice and *Leersia hexandra* Swarzen. Acta Phytopath. Sinica. 3:99-124.
54. Goto, M. 1964. "Kresak" and pale yellow leaf, systemic symptoms of bacterial leaf blight of rice caused by *Xanthomonas oryzae* (Uyeda & Ishiyama) Dowson. Plant Dis. Repr. 48:858-861.
55. Goto, M. 1972. The significance of the vegetation for the survival of plant pathogenic bacteria, Wageningen, Centre for Agr. Pub. & Doc. p. 39-53.
56. Goto, M., S. Serizawa, and M. Morita. 1970. Studies on citrus canker disease. II. Leaf infiltration technique for the detection of *Xanthomonas citri* (Hasse) Dowson, with special reference to the comparison with the phage method. Bull. Fac. Agri., Shizuoka Univ. 20:1-19.
57. Have, H. ten. and H. E. Kauffman. 1972. Effect of nitrogen and spacing on bacterial leaf blight of rice. Indian Farming, January.
58. Hsieh, S. P. Y. 1973. Ecological studies of *Xanthomonas oryzae*, the causal organism of bacterial blight of rice. Ph. D. Thesis, Univ. of Hawaii, Honolulu. 169p.
59. Hsieh, S. P. Y. and I. W. Buddenhagen. 1974. Suppressing effects of *Erwinia herbicola* on infection by *Xanthomonas oryzae* and on symptom development in rice. Phytopathology 64:1182-1185.
60. Hsieh, S. P. Y. and I. W. Buddenhagen. 1975. Survival of tropical *Xanthomonas oryzae* in relation to substrate, temperature, and humidity. Phytopathology 65:513-519.
61. Hsieh, S. P. Y., I. W. Buddenhagen and H. E. Kauffman. 1974. An improved method for detecting the presence of *Xanthomonas oryzae* in rice seed. Phytopathology 64:273-274.
62. Kado, C. I. and M. G. Heskett. 1970. Selective media for isolation of *Agrobacterium*, *Corynebacterium*, *Erwinia*, *Pseudomonas* and *Xanthomonas*.

- Phytopathology 60:969-976.
63. Kauffman, H. E. and A. P. K. Reddy. 1975. Seed transmission studies of *Xanthomonas oryzae* in rice. *Phytopathology* 65:663-666.
 64. Kauffman, H. E., A. P. K. Reddy, S. P. Y. Hsieh and S. D. Merca. 1973. An improved technique for evaluating resistance of rice varieties to *Xanthomonas oryzae*. *Plant Dis. Reprtr.* 57:537-541.
 65. Kennedy, B. W. 1969. Detection and distribution of *Pseudomonas glycinea* in soybean. *Phytopathology* 59:1618-1619.
 66. Mizukami, T. 1966. Epidemiology of bacterial leaf blight of rice and use of phage for forecasting, p. 15-32. Eleventh Pacific Sci. Congr. Pl. Dis. in the Pacific, Tokyo. 1966.
 67. Mizukami, T. and S. Wakimoto. 1969. Epidemiology and control of bacterial leaf blight of rice. *Annu. Rev. Phytopathol.* 7:51-72.
 68. Ou, S. H., F. L. Nuque, J. M. Bandong and J. P. Silva. 1968. New suscept of *Xanthomonas oryzae* in Philippines. *Philippine Phytopathol.* 4:12-13. (Abstr.).
 69. Rao, P. S. and H. E. Kauffman. 1971. A new Indian host of *Xanthomonas oryzae*, incitant of bacterial leaf blight of rice. *Curr. Sci.* 40:271-272.
 70. Reddy, C. R. and S. H. Ou. 1976. Characterization of *Xanthomonas oryzae* (Uyeda & Ishiyama) Dowson, the bacterial blight pathogen of rice. *Ann. Phytopathol Soc. Japan* 42:124-130.
 71. Reddy, P. R. and P. Nayak. 1974. A new host for bacterial leaf blight pathogen of rice. *Curr. Sci.* 43:116-117.
 72. Srivastava, D. N. 1967. Epidemiology of bacterial blight of rice and its control in India. *Proc. Symp. Rice Disease and Their Control by Growing Resistant Varieties and Other Measures*, Tokyo, p. 11-18.
 73. Srivastava, D. N. and Y. P. Rao. 1964. Seed transmission and epidemiology of the bacterial blight disease of rice in North India. *Indian Phytopathol.* 17:77-78.
 74. Tabei, H. and S. Eamehit. 1974. Infection source of the bacterial leaf blight of rice in Thailand. *Japan Agr. Res. Quarterly* 8:123-125.
 75. Watanabe, Y. 1975. Ecological studies on kresek phase of bacterial leaf blight of rice. *Bul. Tokai-Kinki Nat. Agr. Exp. Sta.* 28:51-123.

Ecology of *Xanthomonas oryzae*, the causal organism of bacterial blight of rice plant

Shih-pan-yu Hsieh

Department of Plant Pathology, National Chung
Hsing University, Taichung, Taiwan 400

Summary

This review deals with the ecology of *Xanthomonas oryzae* in respects

to the techniques used in such studies, the effect of environment on disease development, sources of initial inoculum, host range, survival of the bacterium, and seed transmission.

The techniques for ecological studies must be sufficiently sensitive to detect low population levels of pathogenic bacteria in nature. Three techniques, namely, the multiple needle-prick inoculation with bacterial suspension from natural sources, the phage increase method and the use of streptomycin-resistant isolates or mutants have been used for detection of the bacterium in studies of the ecology of *X. oryzae*. The detection level, advantage and disadvantage of these techniques are discussed.

High temperatures of 25–30°C are favorable for disease development. The disease rarely occurs at 17°C. Heavy rainfall resulting in flooding and the presence of high humidity increase disease incidence. Typhoons accompanied by heavy rains at the tillering stage usually result in an epidemic. Narrow plant spacing provides favorable condition for disease spread, and heavy nitrogen application increases host susceptibility.

Sources for the initial inoculum of bacterial blight are various. Rice stubble which remains alive to the next crop is claimed to be the source of initial inoculum in the tropic. Alternative hosts, *Leersia sayanuka* and *L. oryzoides* found along irrigation ditches in Japan, are usually infected with *X. oryzae* which is released to the irrigation water during the early growing stage of rice.

Many species of weeds and grasses can be infected with *X. oryzae* by artificial inoculation and only a few of them are naturally infected.

In general *X. oryzae* survives longer under conditions of low relative humidities and temperatures. The bacterium in diseased leaves may survive long enough to attack a succeeding crop in some areas. In free state in the soil *X. oryzae* survives a much shorter period of time than in diseased leaves buried in soil. In irrigation water, *X. oryzae* cannot compete well with other bacteria and it declines very rapidly. Sunlight has a distinct effect on the viability of *X. oryzae*. The bacterium survives less than one-half the time in diseased leaves or in ooze droplets exposed to sunlight than when they are under shade.

A large number of *X. oryzae* are detectable from rice seeds collected from infected plants. Most are present in the hulls, with relatively few located in the brown rice. *X. oryzae* declines rapidly in soaked seeds during

germination as they readily ooze away from the seeds. The bacterium in seed is reduced about 99% in 24 hr and it cannot be detected from the seeds 5 days after soaking in water. No diseased plants are produced from infested seeds, therefore seed transmission is considered to be unimportant. However, because of the large number of the bacterium existing in seeds, indirect transmission and introduction to new areas or to old fields in new seasons are possible.

邱人璋主編

水稻病蟲害：生態學與流行學

農復會1978年12月刊行 p. 185—198。

影響水稻白葉枯急性萎凋病徵發生之因子

謝式坤¹

目 錄

- 一、前言
- 二、菌株間引起急性萎凋之能力
- 三、不同品種發生急性萎凋之情形
- 四、致病力不同菌株混合接種與急性萎凋之發生
- 五、溫度對白葉枯急性萎凋發生之影響
- 六、稻齡與急性萎凋發生之關係
- 七、不同葉序感染白葉枯病菌與急性萎凋之關係
- 八、傷口癒合時間之長短與急性萎凋之發生
- 九、氮磷鉀肥料之用量與急性萎凋之發生
- 十、引起急性萎凋之最低病菌數
- 十一、白葉枯病菌由葉片及根部侵入後在稻株內移動的途徑
- 十二、直播和移植與急性萎凋之發生
- 十三、參考文獻
- 十四、英文摘要

一、前 言

急性萎凋 (Kressek) 為水稻白葉枯病三種病徵型之一，另兩種病徵型為典型葉片成條狀波浪病斑和蒼白黃色條紋 (Pale yellow)⁽⁸⁾，急性萎凋首先在印尼發現⁽⁹⁾ 主要為害插秧不久之幼苗，為一種系統性感染，幼苗罹此病在短期間內 (1~3 週)，可能全部枯死，近地際腐爛，枯死株飄浮水面。當時認為是一種新細菌性病害，而把其病原菌命名為 *Xanthomonas kressek* Schure⁽⁸⁾，後來經分離和接種證明急性萎凋只不過是白葉枯病菌 *X. oryzae* 所引起的另一種病徵型⁽⁸⁾。

典型的葉部病徵在大都水稻栽培地區皆發生，包括溫帶和熱帶地區⁽⁶⁾但急性

¹ 國立中興大學植物病理研究所教授

萎凋很少在溫帶發生，主要在亞洲之熱帶地區，因此熱帶地區受白葉枯病為害所造成之損失常常比溫帶嚴重。

本省白葉枯病最早紀錄為由橋岡氏⁽⁴⁾在 1951 年之報告，但急性萎凋一直到 1974 年當嘉農秈 11 和嘉農秈 8 號推廣後才在嘉南地區大發生，後來這兩品種栽培面積受此病害之限制而沒有進一步推廣，此急性萎凋型病徵也很少再出現。

本報告主要根據張勝祺君⁽¹⁾在筆者指導下在植物保護中心所研究之未發表結果，計劃進行中，並得農復會資助經費，一併誌謝。

二、菌株間引起急性萎凋之能力

菌株間引起急性萎凋能力差別很大，有些菌株對極感病品種如嘉農秈 11 號也不引起急性萎凋。引起葉部病斑愈長的菌株其引起急性萎凋能力也愈大（表一），熱帶地區的菌株病原性較強，田間急性萎凋發生也較為普遍。引起急性萎凋之菌株，其致病性是否較強？學者間意見不一。有些報告認為引起急性萎凋的菌株，其致病性並不特別強而係具有普通致病性(Ordinary virulence)^(10,13)，有的則認為致病性強者才能引起急性萎凋而致病性弱者只引起葉部之典型病徵⁽²⁾，另外一些則稱對急性萎凋之致病性與典型葉部病斑之致病性不一定一致^(8,14)。

表 1. 不同白葉枯病株引起水稻急性萎凋之能力

Table 1. The induction of kresiek by different isolates of *Xanthomonas oryzae*

菌 株 Isolate	病斑長度(公分) Length of lesion(em)	急性萎凋率 Percent kresiek
B-8	18.5*	91
B-9	18.1	88
Xos	17.8	83
B-1	6.5	0
B-2	5.3	0
B-6-2	5.5	0

* 用剪葉接種法，供試品種為嘉農秈 11 號，接種後九天測量病斑長度。
Chianung Sen 11 was inoculated by clipping method.
Length of lesion was measured 9 days after inoculation.

三、不同品種發生急性萎凋之情形

品種間對急性萎凋之反應差別很大，葉片表現抵抗性之品種對急性萎凋也大都表現抵抗性，但也有例外⁽¹³⁾，近年本省推廣之品種中，高雄選一號、臺南五號、臺中 187 號、臺中 188 號、和臺中 65 號等稈稻接種兩個本省分離之菌株皆不出現急性萎凋病徵，相反的，嘉農秈 11 號、嘉農秈 8 號、臺中秈 2 號、臺中秈 3 號和臺中在來一號等秈稻於接種後 2 ~ 3 週皆發生程度不同之急性萎凋（表二），

表 2. 不同品種發生急性萎凋之情形

Table 2. The occurrence of kresek on different rice varieties inoculated with two isolates of *Xanthomonas oryzae*.

品 種 Variety	菌 株 Isolate	
	B-8	Xos
高雄選一號 Kaohsiung 1	0/40(0)*	0/40(0)*
臺南5號 Tainan 5	0/40(0)	0/40(0)
臺中187號 Taichung 187	0/40(0)	0/40(0)
臺中188號 Taichung 188	0/40(0)	0/40(0)
臺中65號 Taichung 65	0/40(0)	0/40(0)
嘉農秈8號 Chianung Sen 8	34/40(85)	15/40(38)
嘉農秈11號 Chianung Sen 11	30/40(75)	28/40(70)
臺中秈2號 Taichung Sen 2	40/46(87)	18/46(39)
臺中秈3號 Taichung Sen 3	40/46(87)	28/46(61)
臺中在來1號 Taichung Native 1	26/42(62)	10/42(24)

* 分母為接種數，分子為急性凋萎發生數，括弧內為急性萎凋率。

Number of plants with kresek symptom/number of plants inoculated.

Figures in parentheses are percentages of inoculated plants with kresek.

其中尤以嘉農秈11號最感病，其急性萎凋率無論是那一菌株皆達70%以上，由此可看品種抵抗力是一個最重要因子，其影響急性萎凋之發生最大，本省未推廣嘉農秈11號前，田間從沒有嚴重發生過急性萎凋，今後對此型病徵之防治，首在抗病育種，栽種抵抗力品種將可以解決此問題，不過品種對急性萎凋型之抵抗力並不穩定，換言之，急性萎凋之發生是決定於品種與菌株間的交互作用的結果，只要任何品種能允許菌株繁殖與蔓延到莖基部即可引起急性萎凋⁽¹⁾。

四、致病力不同菌株混合接種與急性萎凋之發生

在田間經常有不同致病力之菌株同時存在，致病力強的與致病力弱的有同等機會侵入寄主，把引起急性萎凋之強致病力菌株 B-8 和 B-9 以及不會引起急性萎凋的弱致病力菌株 B-1 和 B-2 配成 1:1, 1:4 和 1:19, 並以蒸餾水當作弱致病力菌株和強致病力菌株配成相同的比例做對照，接種在嘉農秈11號之幼苗

上，結果發現致病力弱病菌對致病力強者有抑制作用（表三），弱致病力病菌所佔比例愈高，對病徵出現之抑制愈大，當其強與弱比例為1：1時並不影響急性萎凋之進展，但為1：4時對急性萎凋之罹病率由48%降到20%，1：19時由40%降到10和15%，為何致病力弱菌株會抑制致病力強菌株？其機構尚未完全清楚，但已知當致病力弱菌株和致病力強菌株混合接種時前者會抑制後者在稻體內之繁殖⁽⁵⁾，而致病性弱菌株能誘使寄主產生絲狀物質，在短時間內（接種後三天），此物質能將病菌包圍，而致病性強菌株雖也會誘使寄主產生類似物質，但通常在侵入寄主後20天才產生⁽⁵⁾。

表 3. 弱致病性菌株對強致病性菌株產生急性萎凋之抑制效果
Table 3. Inhibitory effect of the less virulent isolate on kresek symptom induced by the virulent isolate

接種源濃度 強致病性：弱致病性 Final inoculum conc. (cells/ml) virulent: less virulent	急性萎凋數/接種數 No. kresek/ No. inoculated	急性萎凋率 Percent kresek
5×10 ⁸ (B-9)*:0	25/40	63
5×10 ⁸ (B-9):0	23/40	58
5×10 ⁸ (B-9):5×10 ⁸ (B-1)	20/40	50
5×10 ⁸ (B-8):5×10 ⁸ (B-1)	22/40	55
5×10 ⁸ (B-8):5×10 ⁸ (B-2)	25/40	63
2×10 ⁸ (B-9):0	19/40	48
2×10 ⁸ (B-9):8×10 ⁸ (B-1)	8/40	20
5×10 ⁷ (B-8):9.5×10 ⁸ (B-1)	4/40	10
5×10 ⁷ (8-8):9.5×10 ⁸ (B-2)	6/40	15
5×10 ⁷ (B-8):0	16/40	40
0:10 ⁸ (B-1)	0/40	0
0:10 ⁸ (B-2)	0/40	0

¹⁾ B-9 和 B-8 為強致病性菌株可引起某些品種之急性萎凋。而 B-1 和 B-2 為弱致病性菌株不能引起急性萎凋。

Isolates B-9 and B-8 are virulent which induce kresek on certain varieties while B-1 and B-2 are less virulent which are unable to cause kresek.

五、溫度對白葉枯急性萎凋發生之影響

白葉枯病比較適合於高溫發生，急性萎凋型之病徵表現也以高溫較適合，由葉部接種時，28°C 發病率最高達 80%，而由根部接種時則以 34°C 之發病率最高為 75%（表四）這可能說明為何急性萎凋在熱帶地區較猖獗，而在溫帶地區發生較少。

表 4. 溫度對急性萎凋發生之影響

Table 4. Effect of temperature on the occurrence of kresek

接 種 部 位 Plant part inoculated	溫 度 Temperature (°C)	急性萎凋數/接種數 No. kresek/ No. inoculated	急性萎凋率 Percent kresek
葉 片 Leaf	16	0/16	0
	20	5/20	25
	24	12/20	60
	28	16/20	80
	34	14/20	70
根 部 Root	16	0/16	0
	20	2/20	10
	24	7/20	35
	28	10/20	50
	34	15/20	75

六、稻齡與急性萎凋發生之關係

一般幼齡稻株較易發生急性萎凋，成長株則不易，由表五可知無論用何種方

表 5. 不同稻齡接種白葉枯病菌與急性萎凋之發生

Table 5. Plant age at inoculation with *Xanthomonas oryzae* and its relation to the occurrence of kresek

稻 齡 (日) Rice age (days)	接 種 法 Methods of inoculation		
	剪 葉 法 Leaf clipping	浸 根 法 Root immersion	噴 葉 法 Leaf spraying
10	45/60* (75)	30/55(55)	40/60(67)
21	44/48(92)	56/66(85)	48/60(80)
35	21/77(27)	13/36(36)	14/60(23)
50	1/30(3)	0/30(0)	0/30(0)
64	0/30(0)	0/30(0)	0/30(0)

* 分母為接種數，分子為急性萎凋數，括弧內數目為急性萎凋率。

No. kresek over no. inoculated. The figure in parenthesis is the percentage of kresek.

式接種，皆得到相同的結果。由剪葉接種法侵入者，罹急性萎凋率較高，稻齡64天皆不發生急性萎凋而稻齡愈小其潛伏期也愈短。此為嘉農秈11號用臺灣菌種接種的結果，在熱帶地區某些品種如 JC-70非常感病，用菲律賓強致病性菌株，無論稻齡多大，皆可產生急性萎凋型病徵。

田間急性萎凋大都發生於移植後1~3週，這些病株通常在秧田期受感染^(11,13)，因此對秧田選擇應加注意，秧田用水最好引自沒有病菌之水源，以減少幼齡期感染白葉枯病菌導致急性萎凋之可能。

七、不同葉序感染白葉枯病菌與急性萎凋之關係

尚未張開的葉片不算，愈幼嫩葉片感染病菌，產生急性萎凋也愈多，病菌在幼嫩葉片之繁殖可能較快，其移動速度也可能較快。這可能因為幼嫩葉片之維管束之活動較強，其所含之體液比較適合病菌之繁殖。

表六、為嘉農秈11號在四片葉全展開時，每片單獨接種所得結果，最下葉片接種時只發生20%急性萎凋，接種葉片愈往上，發生急性萎凋率愈高，最上葉接種得90%。

表 6. 不同葉片接種白葉枯病菌與急性萎凋發生之關係

Table 6. The occurrence of kresek in relation to leaf position inoculated with *Xanthomonas oryzae*

接 種 部 位 Leaf position inoculated	急性萎凋率/接種數 No. kresek/ No. inoculated	急性萎凋率 Percent kresek
第一葉片 1st leaf*	12/60	20
第二葉片 2nd leaf	45/60	75
第三葉片 3rd leaf	50/60	83
第四葉片 4th leaf	54/60	90

* 由最低下葉片算起

Counted from the lowest leaf.

八、傷口癒合時間之長短與急性萎凋之發生

稻苗移植時之割秧可能對根部、葉部造成很多傷口，而可能成為病菌侵入之主要途徑，但傷口形成後會產生癒合組織。到底多少時間的癒合才能完全阻礙病菌之侵入？嘉農秈11號和嘉農秈8號分別剪去葉尖和根尖然後經0，3，7，12，24，48和72小時之癒合時間，浸入病菌懸浮液1小時，再移植到植鉢中，結果發現癒合時間愈長，急性萎凋發生率愈少（表七）但到72小時乃有少部份發生萎

凋，此說明葉片和根部受傷後癒合組織之完全形成有些要超過72小時或病菌可能由其他部位侵入寄主，田間要利用癒合時間來防治此病可能有困難，因為秧苗剷後不能放置太久，會影響秧苗之成活率。

表 7. 接種前傷口癒合時間之長短與急性萎凋發生之關係

Table 7. Duration of wound healing before inoculation and the occurrence of kresek

傷口癒合時數 Wound healing (hr)	嘉農和11號 Chianung Sen 11		嘉農和8號 Chianung Sen 8	
	葉片 Leaf	根部 Root	葉片 Leaf	根部 Root
0	57/70* (81)	30/70 (43)	52/75 (69)	33/75 (44)
3	61/75 (81)	21/70 (30)	64/80 (80)	15/70 (21)
7	39/65 (60)	23/70 (33)	34/75 (45)	18/75 (24)
12	47/78 (60)	13/70 (19)	40/78 (51)	8/60 (13)
24	43/80 (54)	18/81 (22)	19/75 (25)	12/80 (15)
48	16/75 (21)	17/80 (21)	5/75 (7)	1/75 (1)
72	12/80 (15)	10/80 (13)	—	—

* 分母為接種數，分子為急性萎凋數，括弧內數目為其百分率。

No. kresek over no. inoculated.

The figure in parenthesis is the percentage of kresek.

九、氮磷鉀肥料之用量與急性萎凋之發生

三要素肥料中，只有氮肥之使用量與急性萎凋有關。Hsu⁽⁷⁾利用水耕法發現培養液含氮量 10ppm 以下不會引起急性萎凋，如含 20ppm 則只有部份發生急性萎凋，40ppm 以上則所有接種株皆表現急性萎凋，利用盆栽施用不同量之氮磷鉀肥，發現不施用氮肥只發生 2% 之急性萎凋，隨著氮肥施用量之增加，急性萎凋率也有顯著之增加，當施用量達到每盒 3 克以上時，就不再增加，另一方面鉀肥與磷肥不管施用多少，對急性萎凋似乎不影響（表八）。因此幼苗期氮肥之施用量在發病區不宜太多，以免誘發急性萎凋型之白葉枯病。

表 8. 氮磷鉀肥料施用量對急性萎凋發生之影響

Table 8. Effect of nitrogen, phosphorus and potassium levels on the occurrence of kressek

氮：磷：鉀每盆用量(克)* N:P:K (g/pot)	急性萎凋數/接種數 No. kressek/ No. inoculated	急性萎凋率 Percent kressek
0:1:1	2/90	2
0.5:1:1	9/90	10
1:1:1	20/90	22
2:1:1	53/90	59
3:1:1	64/90	71
4:1:1	65/90	72
5:1:1	54/90	60
3:1:1	50/80	63
3:2:1	48/80	60
3:3:1	53/80	66
3:4:1	57/80	71
3:5:1	48/80	60
3:1:1	62/90	69
3:1:2	65/90	72
3:1:3	63/90	70
3:1:4	64/90	71

* 每盆(16×9×23公分)盛2.5公斤土壤氮磷鉀分別為硫酸銨、過磷酸鈣、和氯化鉀。
Each pot (16×9×23cm) contained 2.5kg soil. The fertilizers used were ammonium sulfate, calcium phosphate and potassium chloride.

十、引起急性萎凋之最低病菌數

造成急性萎凋病徵需要多少病菌？當然病菌之致病力和品種之抵抗力對此影響很大，以感病性品種嘉農袖11號接種本省分離的強致病力菌株發現，接種部位不同，所需病菌數也有差異，以剪葉法接種只要4~60個病原細菌即可造成急性萎凋（表九），但如以浸根法接種根部則所須病菌在200~1,000個之間（表九），且相似病菌數目約 10^4 侵入葉部比侵入根部所造成之急性萎凋要高很多；前者達75%而後者只有16%，很顯然地寄主之防禦本能在根部要比葉部強。或葉部維管束較適合於病菌之繁殖與移動，因此幼苗移到本田時如葉尖剪去所造成的傷口，可能變成病菌侵入主要途徑，而急性萎凋發生率可能會提高。此外如以致病力較強之熱帶地區分離之病菌接種，所需最低病菌數可能還要低。

表 9. 引起水稻急性萎凋所需白葉枯病菌之最低數目

Table 9. The lowest number of *Xanthomonas oryzae* cells needed to induce kresek

接 種 部 位 Portion inoculated	接種源濃度 Inoculum cells/ml	接種部位病菌數 No. bacterium* on inoculated site	急性萎凋數/接種數 No. kresek/ No. inoculated	急性萎凋率 Percent kresek
葉 片 Leaf	5×10^8	2×10^4	31/40	78
	10^8	—	25/42	60
	5×10^7	9×10^3	31/50	62
	10^7	—	26/45	58
	5×10^6	6×10	18/45	40
	5×10^5	4	0/45	0
根 部 Root	10^9	8×10^4	10/64	16
	5×10^8	—	7/64	11
	10^8	7×10^3	5/64	8
	5×10^7	10^3	2/64	3
	10^7	2×10^3	0/64	0

* 接種抗鏈黴素菌株，病菌數為接種後立即分離所得者。

The test plants were inoculated with streptomycin resistant mutant. *Xanthomonas oryzae* cells were isolated immediately after inoculation.

十一、白葉枯病菌，由葉片及根部侵入後在稻株內移動的途徑

白葉枯菌經由葉部傷口侵入，於接種後第 5 天於侵入處產生水浸狀病斑，此時病菌已達到離接種點 5~7cm 處，接種後 7 天，葉片尖端變灰白且向內捲縮，此時病菌已達到離接種點 16~18cm，接種後 9 天接種葉片捲縮枯萎，病菌侵入到葉鞘 4~8cm 處；接種後 13 天，病菌侵入到莖基部且蔓延到同一分蘗株的新葉葉鞘，此時根部及相鄰分蘗的莖基部亦被侵入；接種後 15 天所有分蘗的新葉皆被感染且呈捲縮變色，而接種分蘗株的其它葉片的葉鞘部亦被病菌侵入；接種後 17 天，其它分蘗的葉鞘被感染，有的已出現捲縮變色，而當初出現病徵的新葉此時已枯死下垂，表現急性萎凋之徵狀（圖 1）。

從根部傷口侵入的病菌，於接種後 5 天，往上蔓延到離接種點 5 cm 處，於第七天到達 12cm 處，到第 10 天細菌已侵入莖基部及展開新葉的葉鞘，13 天以後新葉已完全被病菌侵入且出現捲縮變灰綠色病徵，而其它葉片葉鞘亦侵入，以後所有葉片均被侵入而萎凋枯死（圖 2）。

十二、直播和移植與急性萎凋之發生

幼苗移入本田時，根部及地上部皆會受傷而增加病菌侵入的途徑，另一方面

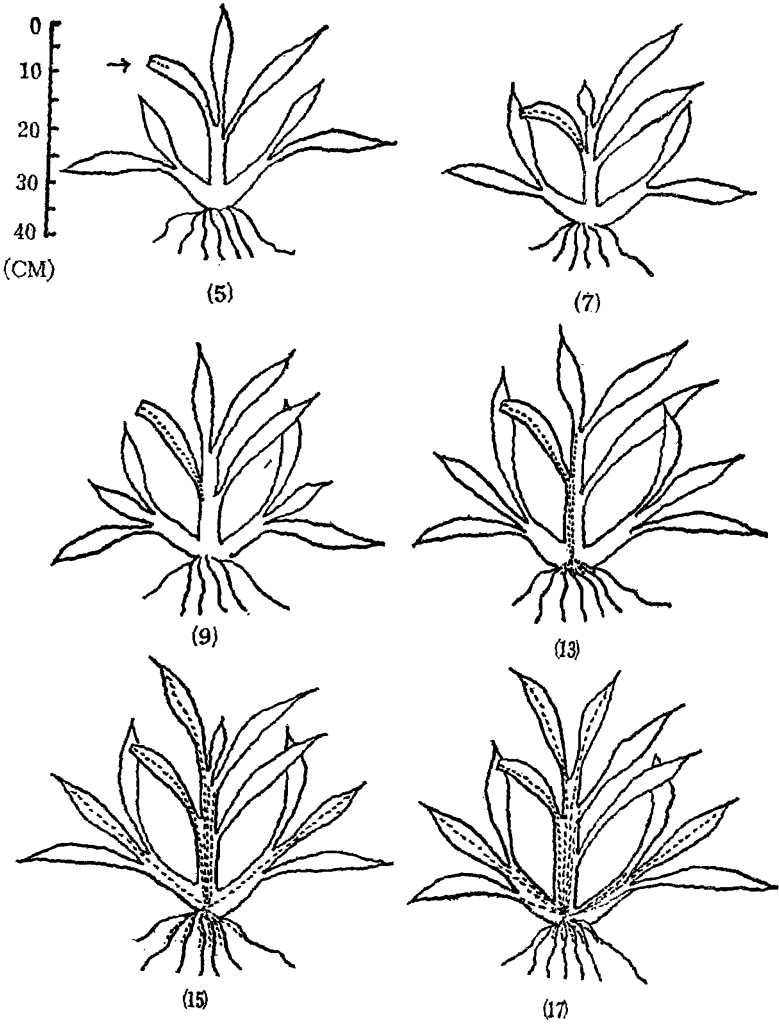


圖 1. 白葉枯病菌由葉部侵入 (箭頭所指) 後在稻株內移動的途徑和速率。括弧內數字為接種後日數，虛線表示病菌可分離到的部位。

Fig. 1. Vascular transport of *Xanthomonas oryzae* in rice seedling inoculated through leaf wounds (pointed by an arrow). The figures in parentheses are days after inoculation. Dotted lines indicate where the pathogen is detectable.

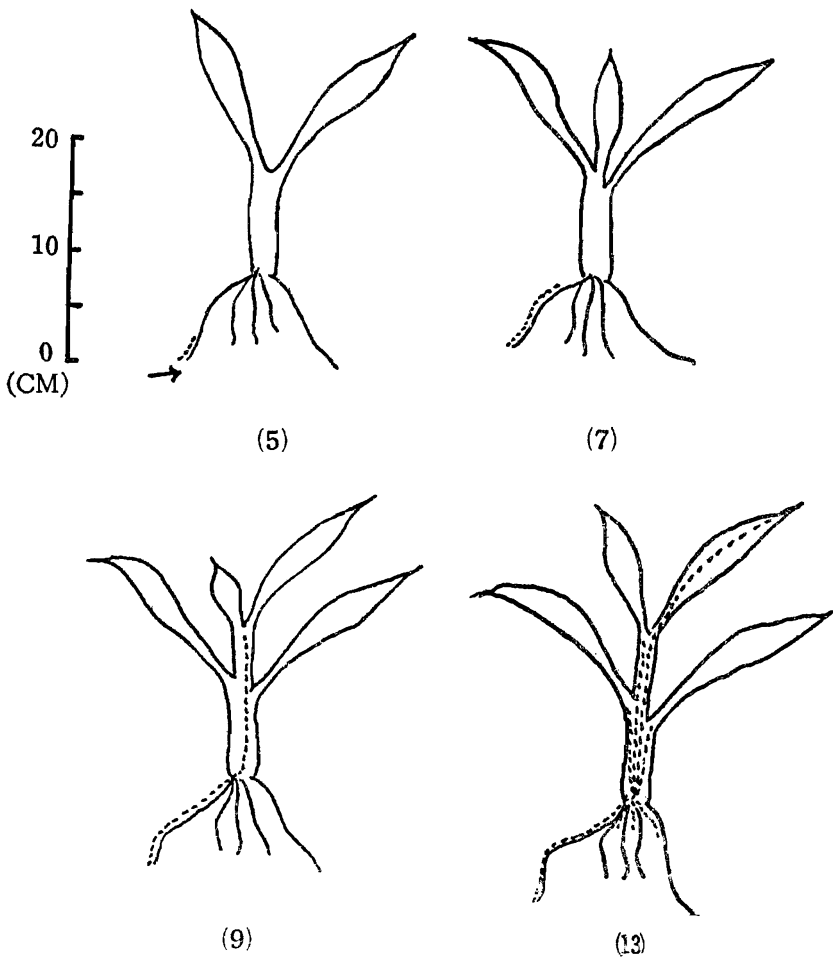


圖 2. 白葉枯病菌由根部侵入（箭頭所指）在稻株內移動的途徑和速率。括弧內數字為接種後日數，虛線表示病菌可分離到的部位。

Fig. 2. Vascular transport of *Xanthomonas oryzae* in rice seedling inoculated through root wounds (pointed by an arrow). The figures in parentheses are days after inoculation. Dotted lines indicate where the pathogen is detectable.

斷根改變了稻株的生理條件，因而減低了對白葉枯的抵抗力，水稻切根後減少地上部蛋白質之含量而增加非蛋白質的氮量⁽¹²⁾，特別是氨基酸的含量增加很多，白葉枯病菌在切根植株的汁液內之繁殖量比在沒有切根的要高很多⁽⁸⁾，這可能解釋切根後稻株變成較感病之原因。從田間調查 B9 34~6得知直播只發生 0~3.5%，而移植可高達 3.5~36.5%，急性萎凋。另一試驗顯示：IR8 接種病菌後再移植比不再移植者，增加急性萎凋發生率⁽¹³⁾，因此在發病地區，爲了減輕此病之爲害，可以直播方式來減少此病之發生。

十三、參 考 文 獻

1. Chang, S. C. 1977. A study of factors affecting the occurrence of kresek symptom on rice infected with *Xanthomonas oryzae*. M.S. Thesis, Nat. Chung Shing Univ., Taichung, Taiwan. 76p.
2. Devadath, S., and A. Premalatha Dath. 1970. Mechanism of wilt (Kresek phase) in bacterial blight of rice. *Oryza* 7:5-12.
3. Goto, M. 1964. "Kresek" and pale yellow leaf, systemic symptoms of bacterial leaf blight of rice caused by *Xanthomonas oryzae* (Uyeda and Ishiyama) Dowson. *Plant Dis. Repr.* 48:858-61.
4. Hashioka, Y. 1951. Bacterial leaf blight of rice and its control. *Agr. and Hort.*, Tokyo 26:644-648.
5. Horino, O. 1976. Induction of bacterial leaf blight resistance by incompatible strains of *Xanthomonas oryzae* in rice. In Tomiyama, K., T. M. Daly, I. Uritani, H. Oku, and S. Ouchi (edi): *Biochemistry and Cytology of Plant-parasite Interaction*. p. 43-55. Kodansha, Tokyo & Elsevier Sci. Publ Co., Amsterdam, Oxford, and New York.
6. Hsieh, S. P. Y. 1973. Ecological studies of *Xanthomonas oryzae*, the causal organism of bacterial blight of rice. Ph. D. Thesis, Univ. of Hawaii, Honolulu. 169p.
7. Hsu, S. T. 1967. Nutritional aspect of host-pathogen relationship in bacterial leaf blight of rice. *J. Agr. & For.*, NCHU (Taichung) 21:1-22.
8. Mizukami, T., and Y. Murakami. 1960. Studies on the bacterial leaf blight disease resistance of rice plant. (1) On the relationships between the growth of *Xanthomonas oryzae* in a rice plant leaf and the free amino acids in it. *Sci. Bull. Fac. Agric Saga Univ.* 11:75-82.
9. Reitsma, J., and P. S. J. Schure. 1950. "Kresek", a bacterial disease of rice. *Centr. Gen. Agr. Res. Sta.*, Bogor 117:1-17.
10. Shigemura, C. and H. Tabei. 1969. Measures to control "Kresek" disease of rice in Ceylon. *Int. Rice Comm. Newsl.* 18:12-22.
11. Tabei, H. 1968. Anatomical studies of rice plant affected with bacterial leaf blight, with special reference to wilt symptom. *Ann. Phytopathol. Soc. Japan* 34:137-139.
12. Togari, Y., and T. Oritani. 1960. Studies on the physiological function of the crop roots. *Proc. Crop Sci. Soc. Japan.* 29:69-74.

13. Watanabe, V. 1975. Ecological studies on kresek phase of bacterial leaf blight of rice. Bull. Tokai-kinki Nat. Agric. Exp. Sta. 28:50-123.
14. Yamamoto, T., and S. Yoshimura. 1969. Comparison among the manifestation of varietal resistance to bacterial leaf blight of rice, determined by root dipping and other methods of inoculation. Ann. Phytopathol. Soc. Japan 35:115 (Abstr).
15. Yoshimura, S., K. Iwata, and K. Tahara. 1965. On the abnormal growth of rice plant caused by bacterial leaf blight(2). Proc. Assoc. Plant Prot. Hokuriku 13:40-42.

Factors affecting the expression of kresek symptom on rice infected with *Xanthomonas oryzae*, the causal organism of bacterial blight

Shih-pan-yu Hsieh

Department of Plant Pathology, National Chung Hsing University, Taichung, Taiwan 400

Summary

The host, pathogen and environment factors which affect the occurrence of kresek symptom on rice following infection with *Xanthomonas oryzae* Dowson were studied. Virulent isolates B-8, B-9 and Xos were capable of inducing kresek symptom on susceptible varieties while less virulent ones, B-1, B-2 and B-6-2, were unable to do so. Irrespective of isolates from Taiwan used, no kresek symptom could be induced on resistant varieties such as Kaohsiung 1, Tainan 5, Taichung 187, Taichung 188 and Taichung 65. On the contrary, Chianung Sen 8, Chianung Sen 11, Taichung Sen 2, Taichung Sen 3 and Taichung Native 1 showed various degrees of kresek after infection with the pathogen.

When a virulent isolate was mixed with a less virulent one and inoculated on a rice plant, the percentage of kresek was less as compared with those inoculated with the virulent isolate alone. High temperature 28-34°C was more suitable for kresek development, and there was no kresek when inoculated plants were kept at or below 16°C. Young rice plants under 21 days after sowing were more susceptible than old ones. Infection on different leaves caused different degrees of kresek, more kresek was found on those inoculated on upper leaves. A prolonged period of wound healing of leaves and roots before inoculation reduced the incidence of kresek. If allowed 48 hours of healing, the percentage of kresek decreased from 81% to 21% in

those plants inoculated by clipping on leaves, and from 43% to 21% in those inoculated by clipping on roots.

Heavy nitrogen application increased the percentage of kresek. However, potassium and phosphorus seemed to have no effect on the occurrence of kresek. Transplanted seedlings not only were providing wounded entries for the bacterium to get infection but also became more susceptible to the pathogen physiologically. Therefore, more kresek was found in transplanted fields than those in directly sown fields.

The multiplication of *X. oryzae* and its movement in vascular bundles of a susceptible variety, Chianung Sen 11, were traced by isolation technique. After the pathogen invaded the rice from a leaf tip, it moved downward and multiplied in vascular bundles very rapidly. It reached meristem of stem 10 days after inoculation, and then translocated to vascular bundles of other upper leaves. About 17 days after inoculation, the meristem and all the lower portion of leaf vascular bundles were filled with the pathogen and the rice plant wilted and showed a typical kresek symptom. The number of *X. oryzae* cells needed to infect and cause kresek was 60 cells when the pathogen invaded the wounded leaves and 1,000 cells when the bacterium entered the wounded roots.

邱人璋主編

水稻病蟲害：生態學與流行學

農復會1978年12月刊行 p. 199—212。

稻熱病菌感染前之行爲¹

謝式坤² 梁文進³

目 錄

- 一、前言
- 二、產胞
- 三、孢子釋放
- 四、孢子傳播
- 五、寄主表面孢子之着落
- 六、孢子發芽
- 七、附著器之形成
- 八、侵入
- 九、討論
- 十、參考文獻
- 十一、英文摘要

一、前 言

稻米爲臺灣最重要農產物，也是我們的主食，而稻熱病却又是本省水稻最重要病害之一。目前每年稻作期間對稻熱病的防治花了不少金錢與人力。其對策除推廣抵抗性品種、勸導農民適當的使用肥料之外，主要乃是利用殺菌劑來減少此病所造成之損失。然而稻熱病之所以會嚴重的發生，除了水稻本身的抗病特性，及稻熱病菌菌系之致病性外，尙大大受氣象因子之影響⁽⁴⁾。

稻熱病發生之最初感染源，大多來自上年餘留田間之罹病稻稈⁽²⁾，病菌在此罹病稻稈上越冬，並於第二年環境適合時產生分生孢子，傳播到當年種植的稻株上，經發芽、侵入、潛伏，而後出現病斑，由病斑產生大量的分生孢子，再重複的感染鄰近的水稻或稻田，如此在短期間內多次的重複侵入感染，完成多次的疾病環，最後造成廣面積的流行性病害。在每一疾病環中的每一步驟包括產生分生孢子、孢子、飛散、着落、發芽、產生附着器、侵入及病斑之形成，都和氣象條

1 本研究承農復會經費補助在台灣植物保護中心完成。

2 國立中興大學植物病理學研究所教授。

3 省立屏東農專植物保護科講師。

件發生密切關係。本文僅就氣象條件直接對稻熱病菌感染前的孢子產生、傳播、發芽、附着器形成和侵入等行爲的影響，做一綜合性的簡述，以供研究稻熱病流行病學或防治之參考。

二、產 胞

稻熱病菌主要靠其分生孢子來傳播與感染，孢子產生的多寡直接影響病害發生的程度，故病菌分生孢子的產生是疾病環中重要步驟。在恆溫下培養之病菌，其產生分生孢子之溫度範圍爲 12~36°C，而以 28°C 最適宜^(6,40)；在被感染的稻節上產胞，其溫度範圍爲 15~35°C，而以 25~28°C 最適宜⁽²⁵⁾。如把新鮮病斑放在高濕下經15小時，其產胞溫度範圍爲 12~32°C，而以 28°C 之產量最高，18~20 和 30°C 約爲 28°C 產量之一半，14~16 及 32°C 約爲 28°C 之四分之一⁽²⁰⁾。不同溫度下所形成之病斑具有不同的產胞潛能(Sporulation potential)，比較 16, 20, 25 和 32°C 四種溫度，以 20°C 最高，依次爲 25, 32°C 而以 16°C 最低；而產胞之高峯，32°C 是在病斑出現後第 3 天，25°C 在第三至第 9 天之間，20°C 在第 9 天，16°C 下產生之病斑則沒有明顯之高峯；但各溫度下產胞的持續日數都可達 25 到 30 天之間，但以溫度越高，其產胞潛能越低，而其達到高峯越快。

若變化日夜不同溫度來培養稻熱病菌，日間以 20, 24, 28 或 32°C 4 種溫度維持 11 小時，夜間則以 16, 20 或 24°C 3 種溫度處理 13 小時配合成各種組合，在變換溫度下培養 10 天，結果以 28/24°C (分子爲日間溫度，分母爲夜間溫度) 產胞量最高，20/16°C 產胞量最少，但不管那 1 組合都比維持在恆溫 28°C 少^(42,41)。若以病斑出現後之盆栽稻株，以日夜各 12 小時的不同溫度 (32/25, 32/20, 25/16 或 20/16°C) 交換下培育，則 32/25 和 32/20°C 兩處理之產胞高峯都出現在病斑產生後第 3~5 天之間，產胞達到高峯後立即降低；25/16°C 之處理在第 5 天出現產胞高峯，20/16°C 處理則沒有明顯的高峯出現。就全期之產胞能力，以 25/16°C 之處理最高^(10,20)。

產胞所需相對濕度最低限度爲 89%，而以 93% 以上較易產生，且濕度越高，產胞量越多^(8,27)。但如病斑上或其附近有足夠的水份供給，雖空氣中相對濕度很低，該病斑亦可產生分生孢子⁽¹⁶⁾。由此可見露水時間的長短可以影響產胞的時間。將稻熱病急性型病葉放置在高濕條件下，約經 4 小時即可看到分生孢子柄由病斑表面伸出，6 小時後在顯微鏡下就很容易可以看到孢子柄，7 小時後孢子柄頂端開始形成第 1 個分生孢子，其後 40 分鐘該分生孢子即生長到其特定的大小，然後在第 1 個分生孢子下方的胞柄很快地又產生分枝，並於其分枝上面長出第 2 個分生孢子；如此大約每隔 1 小時就可以產生一個分生孢子，一個胞柄可連續產生 7~9 個分生孢子⁽³⁷⁾。在田間，孢子的產生大都發生在晚間高濕條件下，清晨產生的分生孢子柄及分生孢子，因太陽出來後，濕度降低，未能發育至成熟，而

餘留於病斑上，直到太陽下去後，濕度再度增高，才又繼續發育^(9,16)。但在陰天或雨天由於濕度仍能保持很高，分生孢子繼續在白天成熟或形成，反之，在乾燥而有風的夜晚，分生孢子就無法形成⁽¹⁶⁾。培養基上的稻熱病菌，其產孢量可隨光照強度之增加而增加^(29,32)。

三、孢子釋放

孢子釋放 (Spore release) 即是分生孢子脫離其母體組織的過程⁽¹¹⁾。稻熱病菌孢子的釋放為孢子脫離分生孢子柄的步驟。在 10~35°C 溫度範圍內，孢子釋放能力沒有明顯差別⁽⁵⁾，但低溫 (15°C) 似較高溫 (30°C) 為佳⁽¹⁹⁾。接近 100% 的相對濕度及水滴的存在是孢子釋放所必須的條件⁽³⁰⁾。遇到水後 30 秒鐘內，病斑上的孢子就可以釋放 54%，1.5 分鐘後，就可達 80% 左右。這種釋放方式，是因為孢子柄頂端 Denticle 細胞與孢子基部 Hilum 細胞間的隔膜之細胞壁於孢子成熟時就先行破裂，而其間含物 Hyaloplasm 在遇水後立即膨脹，而造成斷裂，孢子即脫離分生孢子柄⁽³⁵⁾。田間孢子之釋放，多在晚間進行，可能是因為濕度很高及有露水^(18,26)。在熱帶地區的午後陣雨常造成該時間的另一孢子釋放高峯，或在雨季常常造成一天有數個高峯的現象⁽¹⁸⁾，這更說明了水滴對孢子釋放的重要性。風可以幫助孢子之釋放，風速每秒 5 公尺時，於通風後 30 秒內，孢子釋放量高達釋放總量的 70% 以上，1.5 分鐘內達 94%，3.5 分鐘後就很難再見其釋放⁽³⁰⁾。光線也會影響孢子之釋放，日夜明暗週期亦是孢子釋放的重要決定因子，自然光照情形下，黑暗開始後，釋放量開始增加，約 6~8 小時後，達到釋放高峯。白天孢子釋放最少或甚至不釋放^(3,15,30)，若以連續光照或黑暗處理，則孢子釋放受抑制或影響其釋放之週期性。

四、孢子之傳播

稻熱病菌分生孢子成熟後，由分生孢子柄上自然釋放出來的距離僅達 1 毫米以內⁽⁷⁾。釋放後的孢子，多數浮游於病斑周圍 10~20 公分以內之空中⁽³⁰⁾。因此發病田裏，孢子的濃度就以稻株高的三分之一處的空間最高。空中孢子的濃度多寡，當然與孢子釋放多少有關，所以一天內孢子散播多寡的時刻就與釋放多寡時刻相當，一般仍以夜間為最多，但白天時間亦可測到空中孢子的傳播^(18,15,30)。雨水會將空中的孢子洗落，影響孢子之傳播，每小時 1.5mm 以上的雨量，其洗落的孢子量最大⁽³⁶⁾。通常孢子的傳播，仍以風為主，風速越大，孢子被吹送距離越遠，越高；但發病田空中之孢子濃度，隨風速之增強而降低，風速 1.3 公尺以上，則明顯地降低⁽³⁰⁾。

五、寄主表面孢子之着落

空氣中浮游的分生孢子，必須要降落在水稻體感病部位，才能算為有效的傳

播，而達到病菌產生孢子的意義。孢子着落量主要受風速之影響，風速越小，着落數越多，反之，風速增大則減少⁽³⁰⁾。着落於稻體表面上之分生孢子，亦可能被雨水沖洗掉落或被較強大的風吹走⁽³⁰⁾。較小的雨水可能把浮游於空中之分生孢子帶下，而着落於稻葉表面上⁽¹⁶⁾。夜間釋放於空中之分生孢子，往往先着落於葉表面上之小露水或點泌液上，然後再直接和葉表面接觸，完成附着。晝間之孢子直接着落於葉片表面，要等到夜裏被水膜覆蓋後，才能達到完全附着於葉表面^(16,17)。

六、孢子發芽

着落於稻葉表面之分生孢子，在適當的環境下，逐漸膨脹，伸出發芽管，完成侵入前之行動。稻熱病菌分生孢子之發芽溫度範圍在 10~35°C 之間，而最適溫度範圍為 25~30°C⁽¹⁴⁾。若以病斑上所釋放的孢子做成懸浮液，無論置於載玻片或 3~4 週稻齡之葉片上皆可於 12~36°C 間發芽，其發芽率都很高⁽³⁹⁾，尤其在切葉片上的發芽最好；在 16~32°C 的溫度下保持 6 小時，其發芽率皆可高達 90% 以上；8 小時後甚至達 95~100%；而 12°C 亦達 81%；處理 10 小時後，12°C 也能達 95% 以上之發芽率（表一）。由此可見由病斑上釋放的孢子，在其能發芽的溫度範圍內，皆可達高成數之發芽率^(14,39)。孢子發芽對相對濕度的需求很高，必須在靠近 100% 時方能發芽（表二），因此水滴的存在成爲稻熱病菌孢子發芽所必須的條件^(24,38,39)。病斑上釋放之孢子在 25°C 加水 2 小時後，孢子發芽率達 78%，3~4 小時後可達 90% 以上（表二）。但如不加水，直接放

表 1. 稻熱病菌在不同溫度下之發芽率

Table 1. Spore germination of *Pyricularia oryzae* at different temperatures

溫度 Temperature (°C)	時間 Duration (hr)					
	玻片上 On slide		切葉片上 On detached leaves			
	6	14	3	6	8	10
12	58*	81	12	31	81	99
16	90	94	73	90	99	100
20	89	96	82	93	100	100
24	90	97	88	93	100	100
28	92	97	94	99	100	100
32	76	95	89	96	95	100
36	60	78	53	58	54	63

* 發芽率，孢子來源爲臺南5號病斑上收集者。

Percent of germination. Conidia used for this test were collected from lesions on Tainan 5.

表 2. 濕度對孢子發芽之影響

Table 2. Effect of relative humidities on the germination of conidia of *Pyricularia oryzae*

經過時數 Hours after incubation	蒸餾水內 In dist. water	相 對 濕 度 Relative humidity(%)				
		100	95	90	85	80
0.5	0*	0	0	0	0	0
1	0	0	0	0	0	0
2	78	11	0	0	0	0
3	91	58	0	0	0	0
4	94	91	0	0	0	0
5	97	99	0	0	0	0
24	98	99	0	0	0	0

* 發芽率，利用臺南5號病斑上形成之孢子在載玻片上，25°C所做之試驗。

Percentage of germination. The test was conducted on slide at 25°C.
Conidia were collected from lesions on Tainan 5.

入不同的相對濕度下，一定要等到玻片上形成水膜後，有足夠水份供應，孢子方能發芽⁽³⁹⁾。

孢子之不同來源也會影響孢子之發芽，如比較由病斑上釋放之孢子，稻稈節上培養所得孢子和 Misato's 平板培養基所得之孢子，則病斑上自然釋放所得之孢子，無論在何種溫度下，其發芽率最高，以稻稈節培養者次之，而以 Misato's 平板所得者最差⁽⁴¹⁾。這可能是因病斑上自然釋放之孢子，都完全成熟，而後兩者所得之孢子，可能部份尚未成熟。

不同品種之葉片上做發芽試驗，其發芽率也有很大的差別，一般在感病性品種葉片上之發芽率要比在抵抗性品種之葉片上高很多⁽⁴¹⁾。是否抵抗性品種之葉片上有某些物質可抑制孢子之發芽，值得進一步的探討。

七、附着器之形成

在水稻表面發芽後之稻熱病孢子，在其發芽管之頂端形成淡褐色的附着器，再由附着器產生侵入菌絲，直接侵入稻細胞，完成侵入之過程^(21,85)。因此附着器之形成，是決定此病菌是否能引起感染寄主的條件。在有水滴的存在下，孢子於遇水後2小時就開始發芽，3小時後就開始形成附着器，形成數隨浸水時間之增長而增加(表三)⁽³⁹⁾。分生孢子產生附着器之數目，因下雨而增加⁽³²⁾，這可能是雨水除增加葉面水滴外，尚增加相對濕度，因而延長水滴在葉面的時間。附着器形成之溫度範圍與孢子發芽之溫度範圍相似，在12~36°C之間，而以16~24°C最適合，這比其發芽及產胞之最適溫度低，28°C次之，而36°C只有極少

表 3. 稻熱病菌孢子在游離水內時間之長短對其發芽，附着器形成和侵入之影響

Table 3. Effect of wet period on spore germination, appressorial formation and penetration of *Pyricularia oryzae*

在水中時數 Wet period (hr)	發 芽 Germination		附着器形成 Appressorial formation		侵 入 Penetration	
	嘉農和8號 Chianung sen 8	臺南5號 Tainan 5	嘉農和8號 Chianung sen 8	臺南5號 Tainan 5	嘉農和8號 Chianung sen 8	臺南5號 Tainan 5
	2	70*	56	0	0	0	0
3	90	—	35	—	0	—
4	94	88	57	53	0	0
6	99	92	93	62	0	4
8	99	93	97	69	9	12
10	100	96	100	73	14	31
12	100	98	100	80	26	67
24	100	94	100	84	45	63

* 百分率，把稻熱病菌孢子懸浮液滴在切葉上，經一定時間後，用吹風機把水份吹乾，放回原培養環境到全部時間達24小時再染色、鏡檢。

In percent. The spore suspension of *Pyricularia oryzae* was pipetted onto detached leaves for a given wet period, after that free water around spores was dried by a hair-dryer and then the leaves were kept in the same condition until they were examined under a microscope.

孢子可以形成附着器⁽³⁹⁾ (表四)。

八、侵 入

在適當的環境下，形成於稻體表面的附着器，可由其底部伸出侵入菌絲，直接穿入寄主表皮細胞，附着器內之原生質隨着侵入菌絲，轉移入寄主細胞內，因此侵入工作完成時，附着器內之原生質完全消失而移入侵入菌絲⁽³⁵⁾，這種不含原生質之附着器不被棉藍染色，反之，如侵入尚未完成，即附着器內尚含有原生質，則此附着器可被棉藍染成藍色 (圖一)⁽³⁹⁾。因此利用此染色方法可以辨別附着器是否已伸出侵入菌絲，完成侵入工作。以不同溫度放置接種過之切葉，然後隔一定時間用棉藍染色，結果發現在 20~28°C 溫度範圍內，接種 6 小時後就可以侵入寄主；32°C 則須 8 小時後方能侵入；16°C 須 10 小時後；12°C 則要到 24 小時方能看到有侵入現象。由此可見 20~28°C 是最適宜侵入的溫度範圍，16°C 次之。侵入寄主的成數，隨着時間的增長而有增加之趨勢。在 20~28°C 間，經

表 4. 溫度對稻熱病菌在葉片上形成附着器之影響

Table 4. Appressorial formation of *Pyricularia oryzae* on detached leaves at different temperatures

溫 度 Temperature (°C)	經過時間 Incubation period (hr)							
	2	3	4	6	8	10	12	24
12	0*	0	3	0	3	18	12	10
16	0	9	15	18	43	82	91	95
20	0	9	20	22	55	64	68	90
24	0	15	19	26	48	84	81	89
28	0	11	20	24	46	55	73	66
32	0	11	13	21	26	30	36	32
36	0	2	5	3	1	1	0	1

* 形成率，孢子採自臺南5號之病斑，供試葉片也用臺南5號。

In percent. Conidia were collected from lesions on Tainan 5 and germinated on detached leaves of same variety.

10小時約有 10%附着器完成侵入，12小時後，增加到 17~18%；24 小時後，24°C 為 37%；20°C 為 26%；28°C 為 24%（表五）。

稻熱病菌侵入寄主最短時間，亦為需水最短時間，換言之，在此最短時間內如缺乏水份，就不能完成侵入工作^(4, 8, 23, 28, 36)。在最適宜的侵入溫度範圍 20~

表 5. 稻熱病菌在不同溫度對葉片之侵入

Table 5. Penetration of *Pyricularia oryzae* into detached leaves of Tainan 5 as affected by temperature

溫 度 Temperature (°C)	經過時間 Incubation period (hr)					
	4	6	8	10	12	24
12	0*	0	0	0.1	0.2	4
16	0	0	1	5	14	25
20	0	3	10	9	17	26
24	0	2	11	12	18	37
28	0	7	10	11	19	24
32	0	0	6	5	13	10
36	0	0	0	0	0	0

* 侵入率，孢子採自臺南5號之病斑，供試葉片也是臺南5號。

In percent. Conidia were collected from lesions on Tainan 5. Penetration was ascertained by staining with cotton blue.

28°C內，僅6~8小時；10~15°C為最低侵入界限，需要24時才能完成侵入，34~36°C為最高限。水滴的存在時間愈長，侵入的數目愈多。這個結果可由接種後出現病徵或接種後以染色方法鑑定，而兩者之結果是一致的。在自然情況下，露水常為水份的主要來源，其在葉面上維持的長短，影響侵入甚大^(1,34)，露水

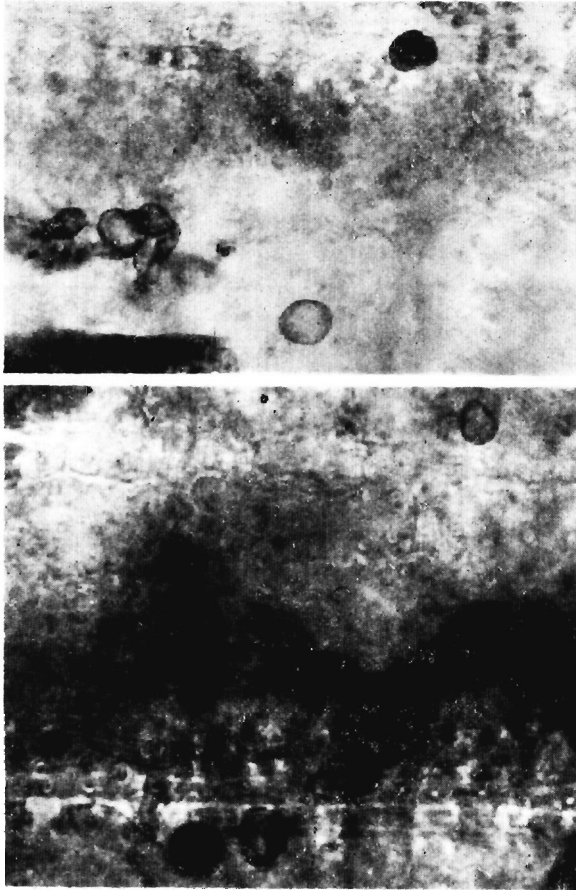


圖 1. 稻熱病菌在葉片上形成之附着器，附着器經用棉藍染色深染者原生質仍在附着器內表示尚未侵入，淺色或不被染色者原生質已移入稻葉，表示已侵入寄主。

Fig. 1. Appressoria of *Pyricularia oryzae* on rice leaf surface. Appressoria were stained with cotton blue, and those deeply stained ones contained cytoplasm, indicating that penetration had not been accomplished, and those lightly stained ones contained no cytoplasm, indicating that penetration had been completed.

時間長，有利於侵入，連續12小時以上之露水，侵入率要比只有8小時以內者高很多，雨水亦有利於病菌之侵入^(18,32)。但雨量太大反而降低侵入率，這可能因雨水太大的沖洗，會把葉面上的孢子洗掉。

由此可見，稻熱病菌孢子之發芽，附着器之形成及侵入寄主之過程，都要有游離水存在下方能順利進行。在最適宜的溫度下，分生孢子可以在浸水後2小時發芽，3小時後產生附着器，6小時達到侵入寄主細胞內。若水份存在時間少於侵入所需的時間，則分生孢子一旦浸過水份，而在沒有侵入前失去水份，則孢子的活力大大受影響^(30,31,33)。稻熱病菌之分生孢子若浸水30分鐘或1小時後，把孢子周圍水份吹乾而維持1~24小時，然後再供應水份，則其發芽率都有顯著地降低；若已浸水2個小時，再乾燥7小時，則已發芽孢子之發芽管常常失去繼續伸長或產生附着器之能力（表六），而尚未發芽之孢子，大多失去發芽能力。若經3~4小時之浸水，再乾燥1小時；所有的孢子都失去其活力，即不能繼續生長其發芽管或不能產生附着器。反之，孢子釋放後如不遇到水份，在乾燥情形下，其發芽及產生附着器的能力，可保持1年或更長時間⁽²⁾。

表 6. 稻熱病菌孢子短時間潮濕後乾燥處理對其發芽之影響

Table 6. Effect of dryness after a short period of moistening on the spore germination of *Pyricularia oryzae*

乾燥時數 Duration of dryness (hr)	預濕時數 Prewet period (hr)										
	0	0.5		1		2		3		4	
		A	B	A	B	A	B	A	B	A	B
0	93										
1		0	30	0	22	52	61	76	76	72	72
2		0	23	0	29	54	61	72	72	74	74
3		0	26	0	37	46	52	78	78	71	71
4	90	0	11	0	21	51	57	68	68	77	77
5		0	35	0	23	50	56	70	70	75	75
7		0	57	0	27	49	51	—	—	—	—
10	96	0	24	0	25	48	48	70	70	69	69
24	90	0	4	0	6	56	56	70	70	78	78

- * 發芽百分率，前面數字為預濕期之發芽率，後面數字為預濕並乾燥後再經10小時在水中之發芽率，本試驗利用臺南5號病斑上孢子在載玻片上進行。

In percent. The figures on columns A refer to the germination percentages immediately after prewetting while the figures on columns B are the germination percentages obtained 10 hours pre-wetting and drying treatments. This experiment was conducted on slide using conidia from lesions on Tainan 5.

這種短時浸水而影響分生孢子活力的現象，在田間幾乎天天都可能發生，晨間稻葉上的露水因太陽上升而乾燥，就會發生此現象⁽⁸⁰⁾。這種現象在自然界，擔任降低稻熱病菌感染率之重要角色。稻熱病菌之分生孢子在早晨 2~6 點釋放量很多，這些孢子被傳播到具有露水的葉面上，就開始發芽，產生附着器及侵入，但葉面上之露水常因白天的來臨而消失，露水維持時間不足以完成侵入寄主的工作，而使這段高量釋放之分生孢子大都喪失感染能力；反觀，晝間無水份時所釋放之孢子，雖然數目不多，但這些孢子一到晚上，就可以接觸到露水，其浸水時間延到第 2 天太陽上升以後，其維持時數很足夠完成侵入行動，所以白天釋放之孢子之感染率可望較高。由此可知，以往不太受重視晝間所形成之分生孢子，實在有重新評估之價值。熱帶地區常因有午後陣雨，而使稻熱病變成不太嚴重⁽¹²⁾。其原因之一可能就是晝間陣雨，使晝間傳播的孢子有了短時間的浸水而影響其活力，並降低感染。另外，降雨可能將着落於葉表面之分生孢子洗落。

九、討 論

稻熱病菌由分生孢子之產生、釋放、傳播、着落、然後發芽、附着器之形成，到侵入寄主之過程，都在寄主體外進行，除孢子產生可能略受寄主本身之影響外，其他的侵入前行動都受外界氣象因子之影響。

溫度影響侵入前每一行動，病斑產胞之最適宜日夜溫度為 25/16°C；溫度 16~32°C 範圍內孢子之發芽率皆很高；16~24°C 和 20~28°C 分別為形成附着器及侵入寄主之適宜溫度範圍。因此溫度對這些行為之影響應以夜溫 16~20°C 及日溫 25~28°C 間之季節最為有利。相對濕度主要在 93%~100%，持續 6~8 小時就能促進孢子之產生與釋放。

水滴其來源包括露水、雨水及點泌液，在其存在下有利於產胞之進行，促進釋放。亦為孢子發芽，附着器形成，及侵入寄主所必須的，其存在的長短影響很大，時間愈長，愈有利於這些行為之進行，提高侵入率而有利於稻熱病之發生。但雨量太大，雖可以供應足夠水份，但因會帶落空中浮游之孢子，影響孢子長距離之傳播。大雨水更能洗掉附着於葉面上之孢子，減少侵入之機會。不過長期的毛毛細雨，則大大地增進產胞及其釋放⁽¹³⁾，增長葉面水滴存在的時間，增加侵入率。如臺灣梅雨期，是此病嚴重發生之季節。在晴天日子，露水存在時間之長短及其存在量，影響侵入甚鉅⁽¹⁾。如在氣溫 24°C 條件下，露水在下午 7 點開始出現，而孢子亦在下午 7 點開始着落於葉面，則第 2 天上午露水消失時，孢子在露水時間共有 12 小時，其侵入率約為 50%。若露水延後至上午 10 點才消失，則孢子在露水時間共有 15 小時，則侵入率增加到 80%；而若孢子在清晨 1 點着落於葉面，則到 7 點露水消失時，孢子接觸露水時間只有 6 小時，其侵入率只有 1% 左右，露水如延長 3 小時，即孢子在露水中 9 小時，則侵入率可達約 15%^(9,20)。清晨 1 點常為孢子釋放高峯之前期，而高峯時或高峯後期所釋放之孢子，就可能因

露水時間不足，而不能達成侵入，更而喪失活力。如深谷地區之稻田，山谷東邊之稻田，因上午陽光遲，下午去的亦遲，則發病中等；西邊田，早上暴露在陽光較早，下午陽光也較早消失，發病較輕微，而谷中之稻田，上午暴露在陽光下較遲，下午也提早失去陽光，露水存在的時間最長，所以谷中常常發病較為嚴重⁽³⁰⁾。

強風雖能將孢子吹送到較遠的距離，但却影響葉面上水滴存在時間與存在量，並可能吹走葉面的孢子，降低侵入率。微風則有利短距離孢子之傳播，加速區域性的病害流行⁽³⁰⁾。

十、參 考 文 獻

1. Asai, G. N., M. W. Jones, and F. G. Rorie. 1967. Influence of certain environmental factors in the field on infection of rice by *Piricularia oryzae*. *Phytopathology* 57:237-241.
2. Asuyama, H. 1965. Morphology, taxonomy, host range, and life cycle of *Piricularia oryzae*. In *The Rice Blast Disease. Proc. Symp. at IRRI*. 1963 p. 9-22. Johns Hopkins Press, Baltimore, Maryland.
3. Barksdale, T. H. and G. N. Asai. 1961. Diurnal spore release of *Piricularia oryzae* from rice leaves. *Phytopathology* 51:313-317.
4. Hashioka, Y. 1950. Studies on the mechanism of prevalence on the rice blast disease in the tropics. *Tech. Bull. Taiwan Agric. Res. Inst.* 8:1-255.
5. Hashioka, Y. 1965. Effects of environmental factors on development of causal fungus, infection, disease development, and epidemiology in rice blast disease. In *The Rice Blast Disease. Proc. Symp. at IRRI*. 1963. p. 153-161. Johns Hopkins Press, Baltimore, Maryland.
6. Henry, B. W., and A. L. Andersen. 1948. Sporulation by *Piricularia oryzae*. *Phytopathology* 38:265-278.
7. Ingold, C. T. 1964. Possible spore discharge mechanism in *Piricularia*. *Trans. Brit. Mycol. Soc.* 47:573-575.
8. The International Rice Research Institute. 1974. Annual Report. p. 181-183.
9. Kato, H. 1974. Epidemiology of rice blast disease. *Rev. Plant Prot. Res.* 7:1-20.
10. Kato, H., and T. Kozaka. 1974. Effect of temperature on lesion enlargement and sporulation of *Piricularia oryzae* in rice leaves. *Phytopathology* 64:828-830.
11. Meredith, D. S. 1973. Significance of spore release and dispersal mechanisms in plant disease epidemiology. *Annu. Rev. Phytopathol.* 11:313-343.
12. Ou, S. H. 1972. Rice diseases. Commonwealth Mycol. Inst. Kew, Surrey, England. 368pp.
13. Ou, S. H., V. A. Awoderu, and T. T. Ebron, Jr. 1974. Daily periodicity of the conidial release of *Piricularia oryzae* over a rice blast nursery. *Plant Dis. Repr.* 58:544-548.
14. Suzuki, H. 1941. Influence of physical and chemical factors upon the formation

- of appressoria in the conidia of *Pyricularia oryzae* II. Influence of temperature. Japanese J. Botany 11:357-376.
15. Suzuki, H. 1969. Diurnal periodicity in spore discharge of rice blast fungus. Rev. Plant Prot. Res. 2:64-65.
 16. Suzuki, H. 1970. Interrelationship between the occurrence of rice blast disease and meteorological conditions. Rev. Plant Prot. Res. 3:1-11.
 17. Suzuki, H. 1975. Meteorological factors in the epidemiology of rice blast. Annu. Rev. Phytopathol. 13:239-256.
 18. 千葉末作、千葉順逸、島田慶世、太田恵二 1973。人工降雨の時刻、強度および時間数といもち病 日本植物病理學會報 39:187。
 19. 三澤正生、松山宜明 1960。稻熱病菌分生胞子の傳播に關する研究 (I) 日本植物病理學會報 25:3。
 20. 加藤肇、佐佐木次雄 1974。イネいもち病の疫學的研究——とくにイネ體上におけるいもち病菌の増殖過程と穂いもち發生量の數値予測 農業技術研究所報告 C28:1-61。
 21. 吉井甫 1936。稻熱病に關する研究 II 病原菌の侵入法に就て 日本植物病理學會報 6:205-218。
 22. 吉野嶺一 1973。イネいもち病菌の侵入に關する予察的研究 II。接種溫度と侵入率の經時變化 日本植物病理學會報 39:186。
 23. 安部卓爾 1930。稻熱病菌の寄主體侵入と溫度並に時間の關係 日本植物病理學會報 2:277-278。
 24. 安部卓爾 1933。稻熱病菌の寄主體侵入と空氣濕度との關係に就きて濕度胞子發芽關係 植物病害研究 2:98-124。
 25. 栗林數衛 1928。稻熱病菌の越年及第一次發生の原因と其防除に關する研究 日本植物病理學會報 2:99-117。
 26. 栗林數衛、市川久雄 1952。稻熱病の發生予察に關する研究 長野縣立農事試驗場報告 13:1-229。
 27. 逸見武雄、井村純三 1939。稻熱病菌分生胞子の形成と空氣溫度との關係 並に病原菌を異にせる菌系分生胞子發芽の特性に就きて 日本植物病理學會報 9:147-156。
 28. 逸見武雄、安部卓爾 1931。稻熱病菌寄主體侵入と溫度並に時間の關係 植物病害研究 1:33-45。
 29. 逸見武雄、安部卓爾、井上義孝 1931。稻熱病防除に關する研究 農林省1930年度研究經過大要報告 P.1-36。
 30. 鈴木穗積 1969。いもち菌胞子の動態およびそれによる發生予察法 北陸農業試驗場報告 10:1-118。
 31. 鈴木穗積 1971。いもち菌胞子懸濁液の乾燥による發芽率の變動と濕度との關係 日本植物病理學會報 37:399。
 32. 鈴木穗積 1974。いもち菌胞子の附着器形成と雨量 日本植物病理學會報 40:188-189。

33. 鈴木幸雄、吉村彰治 1963。いもち菌の孢子形成に及ぼす光線の影響 日本植物病理學會報 28: 26。
34. 橋本見、酒井孝雄、平野喜代人 1975。試作結露汁における水滴附着時間といもち病の發病 日本植物病理學會報 41: 243。
35. 橋岡良夫 1976。いもち病感染機構の電子顯微鏡的研究 日本植物病理學會報 42: 237—238。
36. 關口義兼、古田力 1970。いもち病の發病に及ぼす接種温度の影響 日本植物病理學會報 36: 350。
37. 豊田榮、鈴木直治 1952。稻熱病斑の組織化學的研究 I。同一品種上における病斑の進度と病斑上における孢子形成に關する觀察 日本植物病理學會報 17: 1—14。
38. 梁文進、謝式坤鈺 1976。水份對稻熱病孢子發芽及感染之影響 植物保護學會會刊 18: 401。
39. 梁文進、謝式坤鈺 1977。稻熱病菌孢子發芽、附着器的產生與水份及溫度之關係 (未發表結果)。
40. 謝式坤鈺、藍清隆、梁文進 1974—1975。水稻稻熱病流行學之基本研究 臺灣植物保護中心年報 2: 78—85。
41. 藍清隆 1976。水稻稻熱病流行病學之基本研究 國立中興大學 碩士論文 104P。

The pre-infection behaviors of the rice blast fungus

Shih-pan-yu Hsieh and Wen-jinn Liang

Department of Plant Pathology, National Chung Hsing University
Taichung, Taiwan 400 and Plant Protection
Center, Taichung, Taiwan 431

Summary

This paper reviews the sporulation, spore release, transmission, deposition, germination, appressorial formation and penetration of *Pyricularia oryzae*, the causal organism of rice blast. All these preinfection behaviors of the rice blast fungus are greatly influenced by environmental factors especially, temperature, relative humidity, duration of free water on host plant, etc.

The temperature range for sporulation is 12-36°C, with 28°C as optimum. Of varying day/night temperatures, 28/24°C is the most favorable for sporulation. The minimum relative humidity for spore to discharge from conidiophores is 89%. The amount of conidia produced is positively correlated with duration of high humidity.

The presence of free water or a relative humidity near 100% is necessary

for spore to release. There is not much difference in spore release when the spores are exposed in the temperature range between 10 to 35°C. The wind accelerates spore discharge.

Most of conidia are suspended in air 10-20 cm around the lesions after discharge. Rain water may wash off these conidia from the air. Transmission of spore is mainly by wind. On the contrary, the deposition of conidia on the host plant occurs much more easily on calm days than windy days. The spores once deposited on the host plant may later be washed off by rain water or carried away by strong wind.

Spore germination takes place at temperatures from 10 to 35°C with optimum at 25-30°C, when the relative humidity approaches 100% or when free water is available. Under optimum temperature, spore germination is observable 2 hours after wetting with water. The formation of appressoria usually takes place 1 hour after germination. The temperature range for appressorial formation is 12-36°C with optimum at 16-24°C which is lower than that for sporulation and spore germination.

Penetration is achieved by formation of penetrating hyphae from appressoria which penetrate into host cells directly. After penetration, the cytoplasm of the appressorial cells migrates to the penetrating hyphae in the host plant. This can be differentiated by staining the appressoria with cotton blue; appressoria without cytoplasm are not stained while appressoria with cytoplasm are deeply stained. The penetration is completed in 6 hours after inoculation at 20-28°C; 8 hours at 32°C, 10 hours at 16°C and 24 hours at 12°C. From spore germination to penetration, the water is required in all processes; the longer the water exists, the more penetration is obtained. However, the discontinuousness of water supply at any steps from germination to penetration may have some detrimental effects on infection by blast fungus.

邱人璋主編

水稻病蟲害：生態學與流行學

農復會1978年12月刊行 p. 213—224。

水稻抗稻熱病之類型

吳 信 淦¹

目 錄

- 一、前言
- 二、直式、橫式抗病性
- 三、水稻的直式抗病性
- 四、水稻的橫式抗病性
- 五、稻抗稻熱病育種的展望
- 六、參考文獻
- 七、英文摘要

一、前 言

作物的抗病性在過去15年中常被區分為直式和橫式兩種，並強調使用橫式抗病性的重要性。主張最烈的是南非聯邦植物病理學者 Van der Plank^(17,18,19)。聯合國糧農組織的 Robinson 曾著文討論這兩種抗病性^(13,14)，且於1975年提出一個國際性計劃試以橫式抗病性防治植物的病虫害⁽¹⁵⁾。水稻方面，我國病理學者歐博士首先實驗並提倡使用橫式抗病性防治稻熱病⁽⁷⁾。1971年10月南美哥倫比亞的熱帶農業中心曾舉辦一次國際性學術討論會，主題是水稻對稻熱病的橫式抗病性⁽⁵⁾。橫式抗病性雖於近年來受到重視，吾人也不能盲目跟進，在使用它之前必須充份了解它。本文在簡要介紹作物的直式、橫式抗病性之後，透析水稻是否也有此兩型抗病性抵抗稻熱病的為害。

二、直式、橫式抗病性

橫式抗病性這個名字是 Van der Plank 氏⁽¹⁷⁾所創，原意是為某作物的一品種對一病原的諸小種有同一程度 (horizontal) 的抗病性，雖則這些品種對同批小種的抗病程度不盡相同。假設三個品種 D、E 及 F 對三個小種 d、e 及 f 的反應均為感病，則用 Van der Plank 氏橫式抗病性的原意表示品種的抗病性強度時如表一。Robinson 氏⁽¹⁴⁾ 與 Nelson 氏⁽¹¹⁾則認為橫式抗病性不僅在不同品種間

1 中央研究院植物研究所研究員。

表 1. Van der Plank 的橫式抗病性⁽¹⁷⁾
 Tehble 1. Horizontal resistance in Van der Plank's view

品 種 Variety	小 種 Race		
	d	e	f
D	3*	3	3
E	4	4	4
F	2	2	2

* 發病等級
 Seriousness of disease

有強弱之分，同一品種對不同小種間也然，但兩者強弱順序均為一定，如表二所

表 2. Robinson 與 Nelson 兩氏的橫式抗病性^(11,14)
 Table 2. Horizontal resistance in Robinson and Nelson's view

品 種 Variety	小 種 Race		
	d	e	f
D	3*	2	1
E	4	3	2
F	5	4	3

* 發病等級
 Seriousness of disease

示。直式抗病性的含義在諸學者間似無異議，即一品種對病原一小種間的反應，不是抗病型即是感病型。換言之，一品種對某些小種為抗病，對另些小種則為感病，如表三所示。無論橫式直式抗病性均由基因控制，一般認為橫式抗病性由微

表 3. 直式抗病性、衍 Robinson⁽¹³⁾
 Table 3. Vertical resistance after Robinson

品 種 Variety	小 種 Race		
	d	e	f
D	5*	0	0
E	0	5	0
F	0	0	5

* 發病等級
 Seriousness of disease

效基因控制，而直式抗病性由主效基因控制。基因的數目也不一，控制前者的較多，故為量的性狀，後者的較少，常為一、二個，為一質的性狀。生物的性狀，常有由主效及微效兩種基因控制。如水稻植株的高矮，通常是量的性狀，一個矮性主效基因就可使植株矮了一大截⁽⁴⁾。作物的抗病性也可能由主效及微效兩種基因控制。

就效果而言，直式抗病性能使發病延遲⁽¹⁸⁾，設田間自然發病的初始接種原由若干個小種等量混合而成，而一具有直式抗病性的品種能抗其中多個小種，則初始接種原之量無形減少，而此品種發病的日期較對每一小種均感病的品種延後。橫式抗病性的效果為延遲病勢的進展，因其能使病斑的發育緩慢、孢子的生成較晚且少。換言之，栽種橫式抗病性品種的田區，因感染率減低，病勢的進展緩慢。具直式抗病性品種一旦發病，因其不能減低感染率，病勢的進展非常猛烈。

直式抗病性的抗病程度較為完全，即具有此種抗病性的品種雖也能被病原侵入，但不形成感病型病斑。相反的具橫式抗病性的品種則形成感病型病斑，但病斑形狀較小，孢子較少等等，故抗病程度較不完全。由於直式抗病性由少數主效基因控制，易為病原菌因由突變、有性、無性世代等發生的變異而突破。所謂突破，是病原菌的一個新毒性基因賦予病原菌攻破寄主一抗病基因的功能，故直式抗病性不能持久，一個新品種推廣至大面積栽培後不久其抗病的基因型雖未改變而原有抗病性常已褪色。橫式抗病性由多個微效基因所控制，不易為病原菌的變異所突破，故能持久。

抗病性的測定或選拔，以直式的較為簡單，在病圃篩選所得的抗病品系可能主要具有直式抗病性，或以人工接以已檢定的若干小種而選拔抗病者亦是如此。橫式抗病性的測定需要考慮以多行小區取代測定直式抗病性所用的二行小區，因為在多行小區內觀察一品種感染率的大小遠較在二行小區為合理。其次是調查一品種病勢的進展需要在一較長的生育期內間隔一定日數，分數次實施。為了避免 *Vertifolia* 效應⁽¹⁸⁾，比較若干品種間橫式抗病性的大小，需限於該等品種皆無直式抗病性的，或是所用小種與每一參加比較的品種間均為感病反應。由於小種的種類需要加以限制，參試品種就得栽種在一隔離的地方⁽¹¹⁾。在田間比較品種間的橫式抗病性，不易做到隔離，一旦與自然發病地區隔離，往往就不易發病。人工接種室內可以達到隔離的目的，但空間往往太小。

三、水稻的直式抗病性

在病圃或田間，一水稻品種對稻熱病抗病或感病的意義常是籠統的，因為品種與小種間的抗、感反應，常無從知悉。1974年我們曾將病圃參試品種（系）的抗感記錄⁽²⁾與人工接種（即以人工將病圃已檢定的若干小種分別接於同一批品種（系））的結果⁽¹⁾比較，發現一品種在病圃抗病是由於病圃內無一小種能與其發生感病反應。反之，嚴重感病者乃由於彼與多數或全部小種間的反應為感病。

又人工接種的結果顯示，一水稻品種與一稻熱病小種間的反應，非抗即感，抗感等級在各品種與小種間均無順序，故可稱此種抗病性為直式。

本省對稻熱病的抗病育種始於1950年，統一病圃的設立始於1956年⁽⁹⁾，在這篩選制度下，確曾選出若干抗病品種，如臺南5號、高雄139號、臺南6號、臺中秣3號以及最近命名的台農62號等。據我們最近人工接種的結果，已有小種使其中若干品種感病(表4)。很明顯的，在實用的立場，如稱一品種為抗病，必須說明其確抗那些小種。因此，在抗病育種的步驟中，需要將已知的流行小種，一一接於在病圃篩選當選的品系後，再決取捨，以確保其當選為新品種後的抗病性。

表 4. 本省優良品種與流行小種間的反應

Table 4. Reaction of local rice varieties to some physiological races of rice blast fungus

品 種 Variety	稻熱病原小種 Physiological race					
	II-1	IH-1	IG-2	IF-4	IC-18	IO-26
臺南 5 號	S	S	S	S	R	R
高雄139 號	R	S	S	R	R	R
臺農 62 號	R	S	R	R	R	R
臺南 6 號	R	R	R	R	S	S
臺中秣3 號	R	R	R	R	R	R

S: 感病 Susceptible

R: 抗病 Resistant

就目前的一般栽培而言，臺南5號已因感病而漸遭淘汰，而高雄139號及台農62號也已發現偶有感病者。從選拔抗病品種的方式，以及彼等迅又感病推論，這些品種有直式抗病性。

日本學者 Kiyosawa⁽⁹⁾利用一組七個代表性的稻熱病菌系統檢定水稻品種，前後發現13個抗病基因，座落於七個基因座。換言之，若干基因座上有一個以上同位基因(allele)。例如品種 Aichi Asashi 有一抗病基因 Pi-a，對稻熱病系統 Ina-72 及 Ina-168 均為抗病反應，對其他五系統(P-26、Ken-53-33、Hoku-1、Ken-54-20 及 Ken-54-04)則為感病反應。彼假設 Ina-72 及 Ina-168 各有一非毒性基因 AV-a，故 Pi-a 基因能抗 Ina-72 及 Ina-168，而其他五系統均有一毒性基因 V-a，故 Pi-a 基因不抗此五系統。於本省，Woo⁽²⁰⁾、Hsieh⁽⁸⁾等也曾研究水稻對稻熱病抗病性的遺傳行為，彼等利用一抗某小種(設為小種 x)及一不抗此小種的兩親雜交，得第二代(F₂)個體，再用同一小種接於此等後代個體，觀察各個體的抗感反應，推論一抗親的抗病性常由一對顯性基因 Pi-x、Pi-x 所控制。上述兩例說明水稻若干品種的抗稻熱病是由少數主效基因所致，故可視為

直式抗病性。

傳統上，稻作學者認為一個抗稻熱病菌的基因，抵抗一個小種^(6,30)或一毒性基因⁽⁸⁾。因此，要使一個品種對若干小種抗病，必須將對此若干小種的抗病基因，一一導入該品種。就本省目前流行的 6~8 個小種而言，要用雜交方法集此等抗病基因於一身實非易事，何況，用八個判別品種判別時，理論上可有 256 (2⁸) 個小種，用十二個判別品種時，則有 4,096 個小種。判別品種的數目愈多，抗病育種的工作可能愈是不易着手。倘若改用另一個制度。如表明馬鈴薯 (*Solanum tuberosum*) 及其晚疫病原 (*Phytophthora infestans*) 間之關係所用者，則簡便得多。此制度中，一抗病基因，設為 R₁，對小種 (1)、(1,2) 等為感病反應，對小種 (2)、(3) 及 (2,3) 等則為抗病反應，詳見表 5。

表 5. 馬鈴薯品種與其晚疫病原小種間的抗感關係⁽¹⁸⁾

Table 5. International system of designating interrelationships of genes and races of *Phytophthora infestans*

品 種 Variety	小 種 Race										
	(0)	(1)	(2).....(1,2)	(1,3)	(2,3).....(1,2,3).....(1,2,3,4)						
r	S	S	S S	S	S	S S	S	.....	S	.....	S
R ₁	R	S	R S	S	S	R S	S	.....	S	.....	S
R ₂	R	R	S S	R	R	S S	S	.....	S	.....	S
R ₃	R	R	R R	S	S	S S	S	.....	S	.....	S
R ₄	R	R	R R	R	R	R R	R	.....	R	.....	S
R ₁ R ₂	R	R	R S	R	R	R S	S	.....	S	.....	S
⋮	⋮	⋮	⋮	⋮	⋮	⋮	⋮	⋮	⋮	⋮	⋮
R ₁ R ₂ R ₃	R	R	R R	R	R	R S	S	.....	S	.....	S
⋮	⋮	⋮	⋮	⋮	⋮	⋮	⋮	⋮	⋮	⋮	⋮
R ₁ R ₂ R ₃ R ₄	R	R	R R	R	R	R R	R	.....	R	.....	S

S : 感病 Susceptible

R : 抗病 Resistant

從使用抗病基因的歷史探討，無論小麥、馬鈴薯或燕麥，育種家常一次用一個抗病基因抵抗病原菌的為害⁽¹⁹⁾，可見一個直式抗病基因常足以抵抗當地該時期流行的諸小種。從人工接種的結果推論，表 4 中水稻品種台農 62 號至少有一抗病基因 H (因其對小種 IH-1 為感病，而 IH-1 為僅對判別品種 H 為感病)，抗小種 IH-1 以外的諸小種。故當 IH-1 的頻度低時，台農 62 號為一通常所稱的抗病品種，IH-1 的頻度高時，則將淪為一感病品種。台農 62 號的抗病基因型不變，變的將是 IH-1 的頻度。目前，IH-1 在本省的分布頻度為 2.2%⁽¹⁾，如今後維持此一頻度，台農 62 號將維持其為一中抗品種。臺中 3 號亦至少有一個抗病基因，基因的名稱因尚未發現有任一小種能突破其抗病性而未能制定，但無疑地能抗本省目前流行的小種，即在一般栽培的田間表現其極為抗病。高雄 139 號及臺

南 5 號的抗病基因頗為複雜，可能多已被流行的小種所突破。

直式抗病性延遲發病的效果，如不仔細觀察不易察覺。據吳等⁽¹⁾在稻熱病圃調查 50 個品種（系）的結果，IR 661 號，南秈育 24 號及嘉農秈 11 號三品種（系）的發病延遲 3 天，臺中育 199 號、臺中秈試 184 號及嘉農秈 8 號等的延遲 6 天，臺中早育 122 號及南秈育 34 號的延遲 9 天，臺中秈試 207 號延遲 12 天，另有臺中育 200 號、臺中秈試 189 號、臺中秈試 204 號、南秈育 32 號、花育 111 號、台農 62 號、嘉農秈育 7 號、嘉農秈育 13 號、系比 621360 號及系比 621373 號等 10 品種（系）在病圃發病後第 15 天調查時，仍未有病斑出現，即延遲發病的日數在 15 天以上。這 19 個品種（系）在病圃的記錄均屬抗病（抗或中抗等級）⁽²⁾，且現知與本省流行的 6 個小種間的反應為抗病，偶有少數例外（即與流行小種之一的反應為感病），顯示此等品種（系）有延遲發病的效果，故彼等的抗病性為直式。

Van der Plank 稱抗病基因對小種有選擇作用，使小種的族羣趨於平衡，稱為穩定選擇⁽³⁾，穩定選擇對無不必要毒性的小種有利，即如小種(1)僅在具抗病基因 R_1 的品種上最為適存，在具別的抗病基因，如 R_2 的品種上因有一個不必要毒性而欠適存。 R_1 基因的選擇力量愈大時，小種(1)愈稀有。換言之，選擇力量愈大，基因愈強，抗病愈有效。故直式抗病基因的強弱，初步可從其相對小種類度的分布推測之。本省稻熱病菌小種的分布，64 年一期作時以 II-1 最廣，IG-2 次之，IH-1 又次之，IF-4 最少⁽⁴⁾。II-1 不能使任一判別品種感病故假設其無病原性，祇有無直式抗病基因的品種才受其害。其餘三個抗病基因間強弱的關係似可列為 $F > H > G$ 。精密的測定，有待於日後。國際病圃中的若干品種，如 Tetep 及 Tadukan 等經過連續數年在世界各產米地區篩選，極為抗病⁽⁵⁾，可能各有直式的強基因，為抗稻熱病育種的優良材料。惟在使用之前，尚需再經人工接種測定。又在若干少數地區，此等品種上也偶有病斑，如能將此等病斑分離，檢定其屬於何一小種，則可進一步制定彼等的抗病基因，且可為他地區引作抗病親本時的參考。

水稻對稻熱病有否直式抗病性可綜合上述的資料探討之。(一)水稻多數品種在田間對稻熱病非抗即感，即各品種與各小種間發病的等級顯然無一定順序。(二)多數抗病品種的抗病性很完全，但不持久。(三)抗病性的遺傳分析結果顯示一水稻品種對稻熱病的抗病性常由少數基因控制。(四)若干水稻品種的發病確有延遲的跡象。因此，水稻對稻熱病菌的侵害，在目前可以說主要是依賴著它的直式抗病性，問題是我們至今尚未確定那些直式抗病基因是強基因。

四、水稻的橫式抗病性

橫式抗病性的測定要符合前述的種種條件（本文第二節）故遠較直式抗病性的困難，因此，水稻對稻熱病的抗病性有否橫式，如何測定，如何利用等均還滯留在研究階段。國際稻米研究所早於 1969 年報導稻熱病病圃內若干品種病勢進展

的快慢⁽⁷⁾，彼等將抗病及感病品種相間栽種，每品種10行，行間10公分。每隔兩天調查每一品種 100株稻苗上的感病型病斑數，發現感病品種病斑數目增加的速率遠較抗病品種的為快。抗病品種中，病斑數的增加以 Tetep 最慢，11天時，100株稻苗上的病斑數不及10個，Tadukan 的病斑數近乎100，而H 5 的超過100，同一時期內感病品種100株稻苗上的病斑數在3,000 及 10,000之間。另一相似的試驗為人工接種代替自然發病。感病品種100株稻苗上的病斑數在13天內由100左右增至6,000 至 10,000之間。抗病品種病斑數的增加較慢，Tetep 從40左右增至300，而 Carreon 約從12增至30，但 Katakara DA2 從1增至500 左右。彼等認為這些病勢進展緩慢的抗病品種具有橫式抗病性。Latterell⁽¹⁰⁾ 以20個病原性較廣的稻熱病小種接於 Tetep 等12品種，發現 Tetep 對 IB-1、IB-33、IC-1 及 ID-5 等四小種的反應為中間型（美制的 3⁻ 至 3⁺ 級）也稱 Tetep 有橫式抗病性。從橫式抗病性有延緩病勢進展的本質考慮，確可認為 Tetep、Carreon 等有橫式抗病性。另一方面，Tetep 可能同時具有直式抗病性，因其在病圃也表現了發病初始的延遲⁽⁷⁾，又在 Latterell 的同一實驗結果中，Tetep 除對四小種的反應為中間型外，抗其餘16個小種，其中 IA-65 能使國際判別品種 A、C、D、E、F、G 及 H 等感病，IB-47、IB-5 及 IB-49 等均能使國際判別品種 B 感病。依馬鈴薯與其晚疫病原菌的關係（表 5）推論，Tetep 必須具有抗病基因 A、B、C、D、E、F、G 及 H 才能抵抗上述這些小種。Tetep 之能在國際病圃中極為抗病，很可能因其所具的一套完整的直式抗病基因與些微的橫式抗病基因共同防禦的結果。Kozaka⁽⁹⁾ 特別強調測定稻種的橫式抗病性時，所用的小種必須對每一參試品種均為感病反應者。在這大前提下，他分別在溫室、病圃及田間以人工接以已知小種，測定日本稻種的橫式抗病性。溫室及病圃接種時的苗齡均為 7~9 葉。田間的小區為 40~50 株，接種期為插秧後 10~20 天。該試驗連續 3 年（1966~1968）在各國立農業試驗所進行。結果顯示屬於同一感病反應羣的品種間有顯著不同的橫式抗病性，這些品種與感病品種比較，表現出較少或較小的感病型病斑，尤以 St-1 系統為甚，它對日本已知各小種的多個系統表現很高的橫式抗病性。但據 Kozaka 所記，St-1 對從廣島縣收集的若干系統表現極度感病，即其感病型病斑數與最感病品種的相同，故 St-1 不僅具有橫式抗病性，也顯然具有直式的。

Toriyama⁽¹⁶⁾ 認為比較品種間橫式抗病性大小的有無意義，端視該等品種有無相同的直式抗病基因型而定，有相同直式抗病基因型者，才有價值。Ezuka⁽¹⁶⁾ 等測定若干稻種的橫式抗病性即以此為原則，彼等將具同一直式抗病基因的兩組品種（系）分別在 Akana 及 Kisa 兩地的水田比較。同具 Pi-a 基因的一組品種（系）中 St-1、Ginga 及 Norin 22 在上述兩地均極抗病，Norin 17、Norin 18 及 Jukkoku 均感病，另一組具 Pi-k 的品種中兩地均以 Chugoku 31、Tatsami-mochi 及 Kanto 51 為抗病，Senshuraku、Yuukara 及 Kusabue 為感病。彼等

所稱的抗病者，乃指每株的感病型病斑數在 5 以下，感病者每株的感病型病斑數在 20~50 之間，故抗病者的抗病性屬於橫式。同兩組品種（有 Pi-a 基因或 Pi-k 基因的）也曾在稻熱病圃比較其每日病斑面積率的增加，於 6 月~8 月的三個月中重複六次。具 Pi-a 基因的品種中，Moko-ine、Norin 22 及 Ginga 自播種後第 17 天開始發病，再過 6 天至 12 天病斑面積率即達 100%，而 St-1 的發病初始在播種後第 24 天，且於其往後 12 天內保持其病斑面積率於 5% 左右。具 Pi-k 基因的品種中，Kusabue、Senshuraku 及 Tatsumi-mochi 於播種後第 21 天~24 天開始發病，除 Kusabue 的病斑面積率於發病後的 13 天內達 100% 外，Senshuraku 及 Tatsumi-mochi 於實驗終了時各仍未達 80% 及 50%，Chugoku 31 於播種後第 29 天才開始發病，且於發病後 7 天內保持其病斑面積率於 2% 左右。Ezuka 等稱 St-1 及 Chugoku 31 兩品種（系）有橫式抗病性，病圃與田間的結果相比較，甚為相符。實驗的結果來自不同的生長季節的六次重複，故頗為可信，且從病勢進展的緩慢考慮，確可認為此兩品種（系）的抗病性屬於橫式。但彼等並未指出 St-1 及 Chugoku 兩品種（系）皆可能具有直式抗病性，因彼等的發病初始日期均較同組內的品種為晚。又因具 Pi-a 基因或 Pi-k 基因品種在該病圃均不抗病，故 St-1 及 Chugoku 31 所具的直式抗病性顯然乃為 Pi-a 及 Pi-k 基因以外的基因所控制。事實上，從 Kisa 採集的若干系統能使 St-1 及 Chugoku 31 出現與感病品種同數的感病型病斑，證實此兩品種（系）有由直式抗病基因控制的直式抗病性。

吳等⁽¹⁾在本省稻熱病圃隨機抽取 50 個品種（系），觀察其抗病性的型式。方法是在病圃的傳佈品種 Lomello 上出現感病型病斑時，標記參試品種（系）主葉上新葉下一葉的葉片，每一品種五株，共三重複，且於若干參試品種（系）出現少數感病型病斑（即於插秧後第 45 天）時定為 0 天，開始記錄標記葉上的感病型病斑數，以後每隔三天記錄一次，連續五次。病圃發病後 15 天（即插秧後 60 天）時，50 品種（系）中約有 20% 安然無恙，40% 的病情輕微，其餘 40% 則為嚴重或極嚴重。安然無恙的 10 個品種（系）均無感病型病斑，故可認為具有直式抗病性。另外 9 個品種（系）的 15 標記葉平均只有 0.1~1 個感病型病斑，病斑的出現延遲 3~12 天，且病斑數目幾無增加，故認為這些品種（系）具有直式抗病性另加少許橫式的。感病型病斑平均數在 1~2 或 2~5 個的，也有 9 個品種（系），其中 4 個的病斑出現延遲 3 天，病斑數目的增加仍緩慢，故認為這些品種（系）的抗病性主為橫式，祇有少許直式抗病性。感病型病斑平均數在 5~10 個的有 6 個品種（系），其中 2 個的病斑出現延遲 3 天，病斑數目的增加較快，這些品種可能只有中等橫式抗病性而幾無直式的。另兩組感病型病斑數在 10~20 個及 20~40 個的各有 11 及 5 個品種（系），祇有 1 個品系病斑的出現僅延遲 3 天，而病斑數目的增加均極速，即在發病後 15 天內每一標記葉上感病型病斑的平均數從 0 個增至 15 個、20 個、30 個或 40 個以上。當一葉的感病型病斑數增至 20 個以上時

常易乾枯捲合成一葉條。若以感染率表示，則其大小的變異自0.04/日~0.45/日，與標記葉上15天內感病型病斑數目的多少成正比。如經測定的品種（系）確有上述的直式抗病性及橫式抗病性，則此處感染率的大小不能作為衡量橫式抗病性大小的依據，因一品種橫式抗病性的表現常受直式抗病性同時存在的影響⁽¹⁸⁾。

綜合上述，水稻對稻熱病橫式抗病性的研究，雖已有少數工作者着手，但測定的方法，均尙未能滿足每一必要的條件。例如有利用在苗期病圃測定橫式抗病性者^(7,9,12)，吾人已知稻的苗期適於測定直式抗病性，是否也能充份表現其橫式抗病性似尙有疑問。又在田間測定的抗病性未必純是橫式，尤其是受測的諸品種未曾判定其有否相同的直式抗病基因型者，或在自然發病的地區工作者未能控制致病的小種時^(4,7)。或是橫式抗病性的測定確是在田間實施，但感病型病斑數目或病斑面積率的增加未曾定時間隔予以記錄，如 Ezuka 及 Kozaka 所為⁽⁹⁾，則甚難以延遲發病及延緩病勢的進展區別抗病性為直式或橫式。Kozaka⁽⁹⁾在田間接種的一小區內栽植 40~50 稻株，而其餘工作者稀有如此，小區過小，小區外的孢子有飛入小區混淆結果的可能。無論如何，上述工作者的結果雖未完美，至少已初步顯示水稻對稻熱病的抗病性，除直式的外，可能還有橫式的，且這兩種抗病性可能常同時存在於一品種（系）內，如 St-1 及 Chugoku 31 等，Tetep 也可能如是。水稻工作者有了以上的經驗對日後進一步的研究必有所裨益。

五、稻抗稻熱病育種的展望

水稻既有直式抗病性及可能而被忽略了的橫式抗病性，今後如何利用這兩種抗病性，頗有商榷的餘地。水稻是否宜於利用直式抗病性抵抗稻熱病，可從多方面討論之。水稻為一年兩季的作物，育種所需的年數較多年生的為短，故就選育具有直式抗病性的品種而言，尙稱合宜，但稻為自花授粉作物，品種的遺傳組成常均一，大面積栽種具同一抗病組成的品種時，易受病原一小種的感染而全軍覆沒，再加休閒期短，亞熱帶及熱帶地區幾乎整年有水稻可供稻熱病菌的繁殖，似不宜使用直式抗病性。再加稻熱病菌病原性的變異很大⁽¹²⁾，致使部份病理學家及育種家認為水稻無望於使用直式抗病性。持相反意見的却覺得毋須如此失望，因稻熱病菌病原性的變異，未見得是出乎尋常的大，Latterell 的實驗證明若干系統的孢子經過16年的保存，其病原性依舊不變，又在人工誘變選拔結孢子能力特強的系統時，僅偶或發現其病原性發生變異⁽¹⁰⁾。在我們實驗室內一人工誘變所得缺失 Adenine 的突變體，經過多次移接，其後代的諸單胞系統仍保持其原來的缺失。是故，如果我們確能找到幾個強基因，直式抗病性還是值得利用的。事實上，自從人類選育抗稻熱病的品種以來，選到的恐怕多屬直式抗病性。這些品種的抗病性不能持久，往往在 3~5 年內淪為不抗病，此可能由於水稻品種與稻熱病小種間的天擇，可利用多品系品種⁽¹⁸⁾補救之。此外，如果一地區能經常明瞭分布於該地區的小種種類及其類度，以及該等小種與該地區優良品種間的抗感

關係，則可實施優良品種的輪作，即3~5年輪換栽種一優良品種，使能攻擊某一品種的小種不致無限地增大其族羣，造成嚴重的病害。

國際病圃中的 Carreon、日本的 St-1 及 Chugoku 及本省的花育117等均可能具有橫式抗病性，使水稻的抗稻熱病育種更爲樂觀。橫式抗病性在選育時，其抗病性不十分明顯，一旦大面積栽培則抗病效果極爲顯著，故如何發掘、測定水稻品種的橫式抗病性可列爲未來五年間稻作工作者的重要工作。一旦測定那些品種有優良的橫式抗病性，則可單獨使用，也可把直式抗病性加於已具此優良橫式抗病性的品種，以求完全而持久的抗病性。

六、參 考 文 獻

1. 吳信淦、陳正次、謝維德 1976。水稻對稻熱病抗病型式的研究 科學發展月刊 4: 2447—2459。
2. 嘉義農業試驗所 1975。水稻稻熱病統一病圃檢定結果綜合報告。
3. Chang, H. S. 1959. The rice breeding program and its recent development in Taiwan. *In* Rice Improvement in Taiwan. p. 11-22.
4. Chang, T. T. 1964. Present knowledge of rice genetics and cytogenetics. International Rice Research Institute Technical Bulletin. Los Banos, Laguna, Philippines.
5. Galvez, E. E. (Ed.) 1975. Proceedings of the Seminar on Horizontal Resistance to the Blast Disease of Rice. Cali, Colombia, Oct. 8-12, 1971. Cali, Colombia.
6. Hsieh, S. G., M. H. Lin and H. L. Liang. 1967. Genetic analysis in rice. VIII. Inheritance of resistance to races 4, 22 and 25 of *Pyricularia oryzae*. Bot. Bull. Academia Sinica 8:255-260.
7. International Rice Research Institute. Annual Report 1969. p. 48-50.
8. Kiyosawa, S. 1974. Studies on genetics and breeding of blast resistance in rice. Miscel. Pub. Natl. Inst. Agr. Sci. Series D. No. 1 p. 1-58. Tokyo, Japan.
9. Kozaka, T. 1975. Recent advances in studies on horizontal resistance to blast disease of rice in Japan. *In* E. E. Galvez (Ed.): Proceedings of the Seminar on Horizontal Resistance to the Blast Disease of Rice. p. 101-116.
10. Latterell, F. M. 1975. Phenotypic stability of pathogenic races of *Pyricularia oryzae*, and its implications for breeding of blast resistant rice varieties. *In* E. E. Galvez (Ed.): Proceedings of the Seminar on Horizontal Resistance to the Blast Disease of Rice. p. 199-233.
11. Nelson, R. B. 1975. Horizontal resistance in plants; Concepts, controversies and applications. *In* E. E. Galvez (Ed.): Proceedings of the Seminar on Horizontal Resistance to the Blast Disease of Rice. p. 1-20.
12. Ou, S. H. and M. R. Ayad. 1968. Pathogenic races of *Pyricularia oryzae* originating from single lesions and monoconidial cultures. Phytopathology 58:179-182.
13. Robinson, R. A. 1971. Vertical resistance. Rev. Pl. Path. 50:233-239.

14. Robinson, R. A. 1973. Horizontal resistance. *Rev. Pl. Path.* 52:483-501.
15. Robinson, R. A. and L. Chiarappa. 1975. The proposed FAO international programme on horizontal resistance to crop pests and diseases. *FAO Pl. Prot. Bull.* 23:125-129.
16. Toriyama, K. 1975. Recent progress of studies on horizontal resistance in rice breeding for blast resistance in Japan. *In* E. E. Galvez (Ed.): *Proceedings of the Seminar on Horizontal Resistance to the Blast Disease of Rice.* p. 65-100.
17. Van der Plank, J. E. 1963. *Plant Diseases: Epidemics and Control.* Academic Press, New York and London.
18. Van der Plank, J. E. 1968. *Disease Resistance in Plants.* Academic Press, New York and London.
19. Van der Plank, J. E. 1975. *Principles of Plant Infection.* Academic Press, New York, San Francisco, London.
20. Woo, C. S. 1965. Some experimental studies on the inheritance of resistance and susceptibility to rice leaf blast disease, *Piricularia oryzae* Cav. *Bot. Bull. Academia Sinica* 6:208-217.

Types of Resistance to Rice Blast Disease

Hsin-kan Wu

Institute of Botany, Academia Sinica
Nankang, Taipei 115

Summary

This paper discusses the various aspects of blast resistance in rice. Vertical resistance to blast fungus in rice is considered to have the characters of : 1) a clear-cut resistant or susceptible response to races, 2) a complete but not lasting resistance, 3) being controlled by a few major genes, and 4) displaying a considerable delay in the start of the observed epidemic in comparison to varieties without such resistance. Although rice workers have long been using vertical resistance in breeding, no one is positive about which gene being the strongest.

The use of horizontal resistance to protect crops from diseases has been emphasized in the past fifteen years by many plant pathologists. In practice, rice workers have been trying hard to find it. So far only a few varieties have been claimed, with uncertainty, to have horizontal resistance. Perhaps, the most important thing at present is to study the methodology of identification rather than identifying horizontal resistance.

There is some evidence that both vertical and horizontal resistance can sometimes be traced in a variety, thus optimizing the use of both types in rice breeding, if we could identify, separate and recombine them effectively.

邱人璋主編

水稻病蟲害：生態學與流行學

農復會1978年12月刊行 p. 225—245。

稻熱病抗病程度對田間流行之關係

簡 錦 忠¹

目 錄

- 一、前言
- 二、本省第一期作業稻熱病發生狀況
- 三、種植品種的變遷
- 四、種植品種與稻熱病之流行
- 五、秧苗期與本田稻熱病抗病性之關係
- 六、稻品種在不同地區之感病反應
- 七、稻熱病菌生理型的分佈
- 八、參考文獻
- 九、英文摘要

一、前 言

本省水稻受各種災害，所引起的損失量相當可觀，每年第一期稻作的減收原因均以稻熱病為主。在田間稻熱病之流行程度，主要受稻品種對稻熱病菌之抵抗力，病菌繁殖場所（寄主）之量，稻熱病菌之繁殖力，以及氣象等因子之影響。欲防治病害之發生，特別是種植面積最廣的農作物如水稻，應將當務之重點放在育成或栽培免疫性或抗病性較強之品種上。在本省據 Hashioka⁽³¹⁾ 測定 200 餘水稻品種，對稻熱病之抗病性結果，證明粳稻 (*Japonica* type) 品種比秈稻 (*Indica* type) 品種對葉稻熱病之抗病性弱，同時又認為可將後者之抗病因子導入前者。本省各地區農業試驗機構也實際從事抗病品種之育成，獲得良好的結果。例如嘉南 8 號、臺北 309 號、光復 401 號、臺中 187 號、臺農 61 號、臺南 5 號、臺南 6 號等均為導入印度型稻抗病因子之粳稻品種。至於印度型稻種互相雜交而育成之品種則有臺中在來 1 號、臺中秈 2 號、嘉農秈 8 號等豐產之優良稻種。但一般認為抗病強之品種在部份地區推廣數年後，會漸次降低其抗病程度。基於此現象，推測本省稻熱病菌可能有生理型之存在⁽³²⁾。洪氏等⁽¹⁵⁾曾自主要栽培地區採集標本，並經測定結果，證明本省稻熱病菌確有生理小種之存在，並可類別

1 台灣省農業試驗所技正

成七羣，包括55種不同生理小種^(28,29,30)，在抗病育種或稻種推廣上，提供重要的基礎及貢獻。

二、本省第一期作葉稻熱病發生狀況

臺灣水稻稻熱病的流行，第一期作比第二期作為嚴重。據農林廳統計⁽²⁰⁾，每年第一期作葉稻熱病之發生面積（圖一）佔水稻種植總面積的十分之一以上（發生程度輕、重之總和）（表一）。

過去12年間（民國五十四年至六十五年）曾有二次發生嚴重之年份（五十五年及六十二年），發生面積達水稻種植總面積之20%以上。據圖二，五十五年第一期作葉稻熱病之發生面積達 70,576公頃（佔總面積20.77%）之多，以北區宜蘭、中區臺中、南投、南區雲林、嘉義、高雄等縣之發生（病斑面積0.5%以上）最為嚴重。當年該等地區大多種植嘉南8號（該期作嘉南8號種植面積佔全省硬

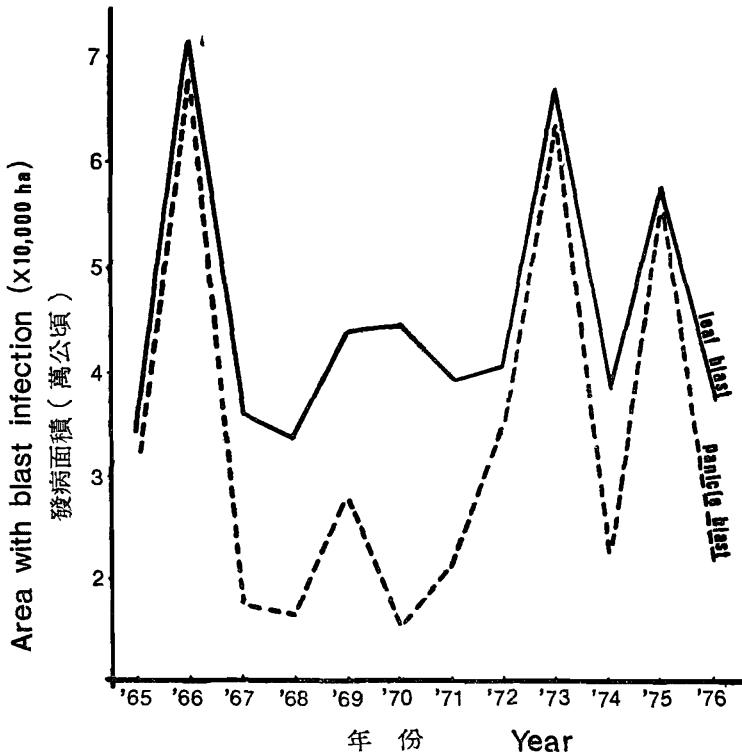


圖 1. 1965—1976年稻熱病發生面積（第一期作）

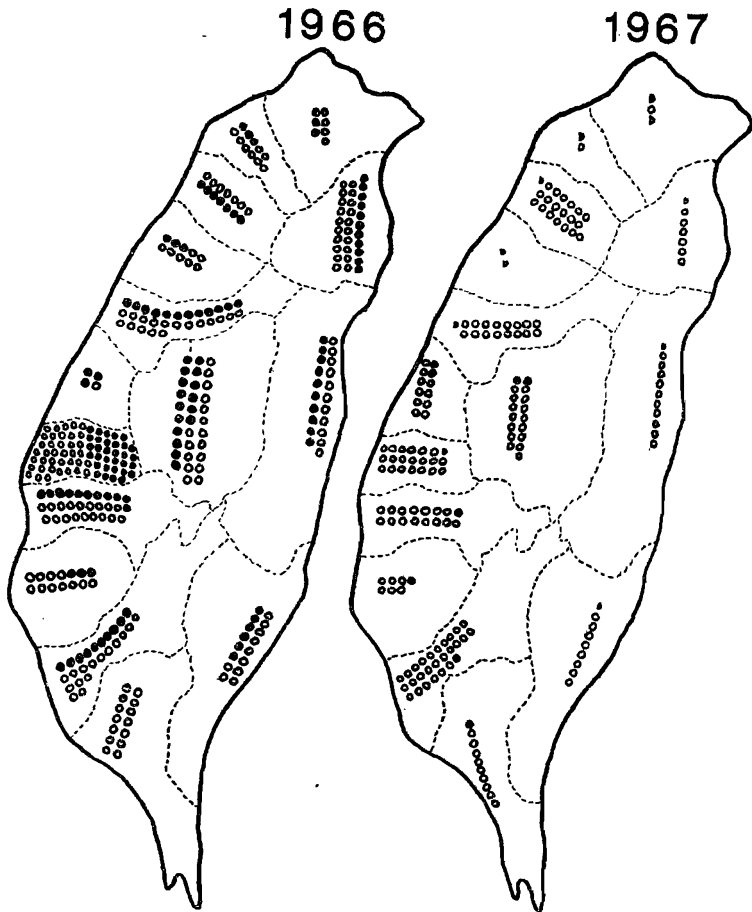
Fig 1. Incidence of rice blast disease from 1965 to 1976 (First crop)

表 1. 1965—1976年葉稻熱病之發生面積 (第一期作)⁽²⁰⁾
 Table 1. Incidence of rice leaf blast disease during 1965-1976 (First crop)

年 度	1965	1966	1967	1968	1969	1970	1971	1972	1973	1974	1975	1976
發生面積(公頃) Area of disease occurrence (ha)	34,349	70,576	36,084	33,886	43,968	44,435	39,239	40,872	66,695	38,010	57,010	37,147
發病率(%) Level of incidence	10.42	20.77	10.70	9.96	12.86	13.02	11.76	12.40	20.56	11.01	15.94	10.27

表 2. 1965—1976年稻品種之變遷 (第一期作)⁽²¹⁾
 Table 2: Changes of rice varieties in the years 1965-1976 (First crop)

年 度	1965	1966	1967	1968	1969	1970	1971	1972	1973	1974	1975	1976
硬 稻 <i>Japonica</i> type												
品種總數 No. varieties	46	45	57	61	57	60	61	59	56	49	50	
五千公頃以上品種數 Varieties over 5,000 ha	9	9	9	9	9	10	8	7	8	6	7	8
面積百分率 % of rice area	61.87	64.86	66.95	64.57	68.14	70.31	71.07	72.13	74.56	78.95	79.82	
秈 稻 <i>Indica</i> type												
品種總數 No. varieties	12	40	48	39	39	32	31	32	35	28	27	
五千公頃以上品種數 Varieties over 5,000 ha	4	4	4	3	3	3	3	3	3	3	5	4
面積百分率 % of rice area	36.33	32.70	30.40	31.17	28.39	25.68	25.30	24.35	21.79	19.75	16.92	



● and ○ denote above and below 5% infection level of blast, respectively. Each mark represents 1% of rice area for the prefecture concerned.

圖 2. 1966—1967年第一期作各縣葉稻熱病發生面積率

Fig 2. Percentage of rice area with leaf blast incidence in the first crop in various prefectures during 1966—1967

稻種植總面積的21.06%)，臺南 5 號全省僅有 6,000 餘公頃。因稻熱病之猖獗，翌(五十六)年嘉南 8 號之種植面積降低至 16.03%，而臺南 5 號則上升到 12.76% 之多。五十五年稻熱病發生如此猖獗，農民得此經驗後，翌(五十六)年已提高警覺，而選種較為抗病之臺南 5 號，並認真防治，始抑制該病之再度猖獗。此為選擇水稻品種種植之重要例證。

三、種植品種的變遷

本省水稻品種甚多，過去種植水稻皆屬在來稻（秈稻），日人據臺後引進日本稻種，後改稱蓬萊（稷）稻。首次雜交育成的是臺中65號（民國十八年），隨後各區農業試驗機構努力從事育新品種，皆獲得良好的成果。據農林廳統計⁽²¹⁾，本省第一期稻作稷稻種植面積逐年增加。五十四年佔水稻種植總面積約61.87%（203,982公頃），至六十四年已增加到79.82%（285,831公頃），亦即11年間增加17.95%之多。反之，秈稻之種植面積逐年遞減，五十四年佔水稻種植總面積之36.33%，六十四年降低至16.92%，11年間減少19.41%之多。此一趨勢與國民之生活水準提高，嗜好之改變以及政府保證價格之稷稻高於秈稻有關。每年第一期作之種植稷稻多達45~61個品種，但其中種植面積在5,000公頃以上者，僅有6~10個品種（表二）。五十四年種植面積最廣的品種為嘉南8號（佔稷稻種植面積21.44%），其次依序為新竹56號、臺南1號及嘉農242號、臺中65號、高雄53號、臺北306號、高雄122號等。該年度臺南5號僅有333公頃而已，但五十五年第一期作臺南5號增加到6,165公頃，其後逐年上昇，至六十四年已達175,192公頃（佔61.29%）之多。新竹56號主要種植地區為新竹區以北，每年均保持20,000公頃左右。嘉南8號於五十五年栽培面積46,407公頃，但至六十五年已降為6,458公頃（圖三）。其他品種之平均種植面積亦逐年減少，如高雄22號（自五十五年開始）、臺北306號（五十八年）、嘉農242號、高雄64號（六十年）、臺中65號、高雄53號、臺南1號（六十一年）之種植面積已降至5,000公頃以下。另臺北309號（自五十九年開始）、高雄選1號（六十年）、臺中178號（六十一年）、臺東27號（六十四年）、臺南6號（六十五年）、高雄139號（六十五年）均超過5,000公頃以上。

秈稻之栽培品種數，五十六年是48個品種，嗣後逐年遞減種植品種數，但至六十四年尚有27個品種（表二）。11年來臺中在來1號、臺中秈2號（自五十五年開始）、矮腳尖等三個品種一直保持5,000公頃以上，而臺中在來1號一直是最優勢的品種（圖四）。六十三年度因嘉農秈8號及11號之推廣，使臺中在來1號栽培面積降低，但因該兩品種曾受稻熱病及白葉枯病之為害，翌年之種植面積並未增加，六十五年第一期作僅有部份地區繼續種植嘉農秈8號。每年第一期作總種植面積約33~34萬公頃，而栽培之稷稻與秈稻品種合計常有數十種之多，參雜種植於各地區，故使稻熱病之發生，更為複雜。例如嘉農秈8號及11號兩品種均屬豐產，且後者又是抗虫的品種，惜在六十三年第二期作中發生極嚴重之稻熱病，因而影響其推廣⁽²⁷⁾。

四、種植品種與稻熱病之流行

在植物羣中，某種植物如祇有一株或極少的數株存在，則侵害該植物的病原

菌，繁殖機會將受到很大的限制，因此對該植物的生存，並無嚴重的威脅。反之若該植物大規模的種植，對寄生菌而言，無異提供了最適當的繁殖環境，使之易於大量繁殖及傳播。但對寄主植物而言，該病原菌就成爲決定其生存的重要因素。水稻方面，亦具有相同的情形。如某品種大面積種植，而該地區又有對該品種

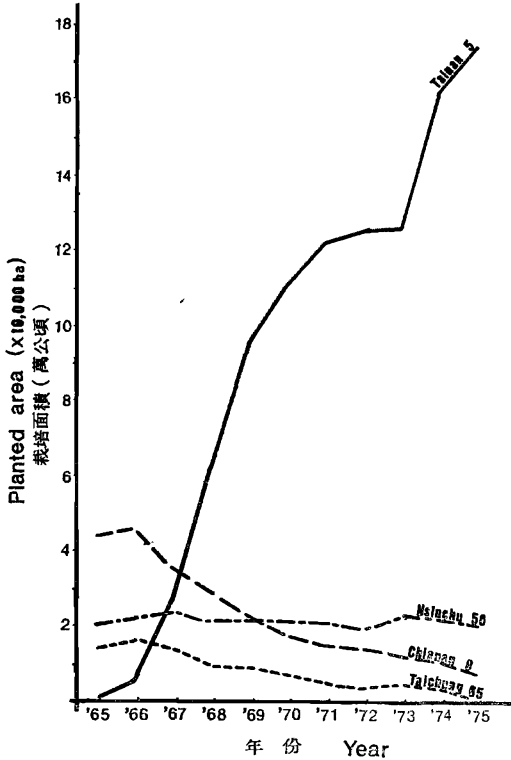


圖 3. 主要梗稻品種之變遷

Fig 3. Acreage changes of main rice varieties of Japonica type

具病原性的生理型存在，病菌會大量繁殖漸次增加密度而侵害該品種，造成災害。稻品種對稻熱病之抵抗性雖有強弱之別，但據黑崎氏指出⁽¹⁶⁾，過去認爲抗病性品種之病斑爲褐點型，而感病性品種爲大形病斑之說法與事實不符。仔細觀察感病性品種，亦可見爲數甚多的褐點小病斑，故感病性的寄主組織也具有抵抗病菌之能力，感病性與抗病性之差異，端視維持抵抗的時間長短而區別（圖五）。假如供試極抗病品種（Te-tep）與感病性品種（Asahi）測定病斑長之分佈（圖六），最初大部份均爲小病斑，爾後抗病品種之小病斑不會擴大，但感病品種之小病斑中，部份擴大而成大病斑，其餘維持原狀。自發現稻熱病菌有生理型以後，育種學家均針對各地區之主要生理型而育成抗病品種。如日本最初證明N羣之

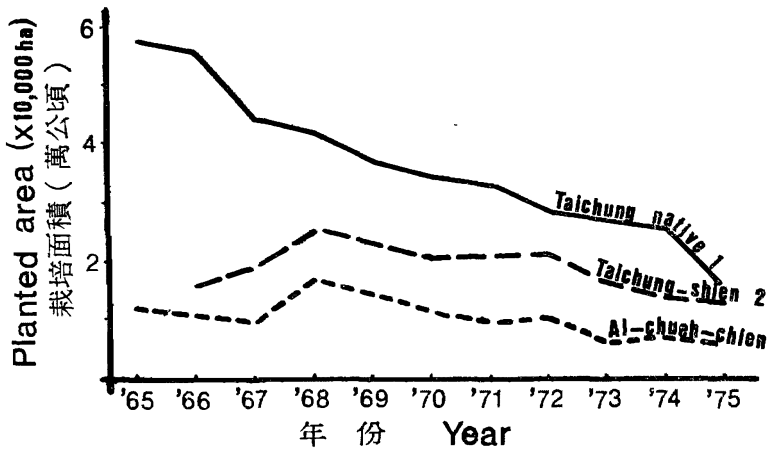


圖 4. 主要秈稻品種之變遷

Fig 4. Acreage changes of main rice varieties of *Indica* type

稻熱病菌生理型的分佈最廣，故導入抗N羣強的外國稻抗病因子，而育成抗N羣生理型稻品種並推廣之。最初這些品種尚稱抗病，但種植面積增加後，病原性強之C羣生理型的發生量逐年增加，成爲災害。此現象之產生與同一系統品種之栽植年數及種植面積具有密切之關係⁽⁶⁾。故稻熱病之流行，受品種在同一地區內種植面積多寡，以及當年流行的主要病菌生理型所影響。蓋稻熱病菌生理型對不同水稻品種有不同的病原性反應；反之，同一品種對各種生理型亦有不同的反應。另外當年的氣象因子，人爲的因素（如施肥量，施肥期，插秧期等）皆會直接影響當年的稻熱病流行。如果推廣品種或新育成的品種在推廣前，能先了解其對各種生理型之反應，對預防稻熱病之流行亦大有幫助。又稻熱病菌生理型對稻品種之反應，可爲類別羣之依據，對育種工作以及探討抗病性遺傳也極有幫助。成田氏等⁽⁹⁾曾將 142個供試品種，用人工方法接種七種主要生理小種，而將 142個品種類別爲七羣，其中三羣具有外國稻系之抗病性遺傳因子，其餘四羣包括日本稻品種。山田氏等⁽⁵⁾曾用 1,316個品種，接種六個生理小種，結果將品種類別成八羣。筆者⁽⁸⁷⁾亦曾測定本省主要推廣品種對主要生理型的抗病反應，詳如表三。

五、秧苗期與本田稻熱病抗病性之關係

種植抗病品種以預防稻熱病，乃經濟上最理想之方法。自多數稻品種中，欲選拔抗病性品種或自雜交後代選拔抗病系統，可利用秧苗期與本田葉稻熱病之相關特性，不但節省勞力及時間，並且可收事半功倍之效。一般而言，播種25天之秧苗，較容易受稻熱病菌之侵害，但生長達三個月之稻株葉片則不易受侵害⁽¹⁸⁾。在本省，據李氏⁽¹¹⁾測定稈稻52種及秈稻38種的結果，認爲秧苗與本田期葉稻熱病有密切之關係。在苗期呈現感病反應者，於本田無一品種具中間或抗病反應，同時在本田顯示感病反應者，於苗期亦少有呈中間或抗病反應之品種（詳如圖七）

表 3. 本省主要稻熱病菌生理小種對稻品種之致病反應
 Table 3. Reactions of some major commercial rice varieties to Taiwan races of *P. oryzae*

品 種 Variety	生理型 Race											K	N			
	P	J	I					T								
	12	13	16	5	20	22	23	40	24	25	26	35	37	38	17	3
<i>Japonica</i> type																
Taipei 306	S*	S	S	S					S	S	S				S	
Hsinchu 56	S	S	S	R					S	S	S				S	
Taichung 65	S	S	S	S	R	S	S	S	S	S	S	S	S	S	S	S
Taichung 150	S				R	R	R		S	R	R				R	R
Taichung 155	S				R	S	S		S	R	R				R	R
Taichung 178	S	S	S	S	R	R	R		S	R	R				R	R
Taichung 186	R	R	R	R	R	R	R		R	R	R				R	R
Chianan 8	S	S	S	R	R	S	S	R	S	R	R	R			R	R
Chianung 242	S	S	S	S	R	S	S	S	S	R	S	R	S	S	R	R
Tainan 1	S	S	S	R	R	S	R	R	S	R	S	S	R		S	
Tainan 5 (A)	S	S	S	R	R	S	S	R	S	R	S	R	R		R	
Tainan 5 (B)	S	S	S	R	R	S	R	R	R	R	S	R	R		S	
Kaohsiung huan 1	R				R	R	R	S	R	R	R	R	S			
Kaohsiung 10	S	S	S	R	S	R	S	S	S	R	R	R		R		R
Kaohsiung 64	S	S	S	R	R	S	S		S	S	S			S	S	S
Kaohsiung 137	S	S	S	R	S	S	S	S	R	R	R	R	R	R	R	R
Tainung 61	S				R	S	R	R	S	R	R	R	S			
<i>Indica</i> type																
Taichung native 1	R	R	S	R	R	R	R		S	R	R				R	R
Taichung shien 2	R				R	R	R		R	R	R				R	R
AI-chueh-chien	R	R	S	S	R	R	R	R	R	R	R	R	R	R	R	R
Pai-mi-fen	R	R			R	R	R	R	R	R	R	R	R	R	R	R
Chung-lin-chung	R	R			R	R	R	R	R	R	R	R	R	R	R	R

* S = 感病 Susceptible; R = 抗病 Resistant

。民國六十四年度第一期作，分別在本省常發稻熱病之五個地區，本田期栽植145個品種(系)，同一材料另於嘉義農業試驗分所栽植於旱田式病圃中，測定葉稻熱病抗病性反應。本田病圃的發病情形除宜蘭區發病程度較輕微外，其餘地區包括南投、嘉義、屏東及臺東等四個病圃之罹病率均高，而且發病均勻。旱田式比本田病圃之罹病程度嚴重，並且明顯(表四)。旱田式病圃中，抗~中抗之品種(系)佔供試品種(系) 22.3%，本田五個病圃之平均為38.9%，而中感~極感之品種，前者達77.7% (屬五級者達48.9%)，而後者平均為61.1% (屬五級者僅有18.1%)⁽¹⁹⁾。由此可知，在秧苗時期進行抗病品種的選拔工作具有相當程度之可靠性，無論財力、人力、土地及時間等皆能節省很多。在日本亦有類似的報告⁽¹⁰⁾，在本田與秧田病圃測定比較抗病性的結果，本田呈現抗病強~中之品種，於秧苗病圃的激發條件下，皆呈感病反應，所以秧苗病圃檢定為抗性時，也可以代表本田的抗病能力。淺賀氏等⁽¹⁷⁾曾以不同生理小種 [N-2 (北-373) 及 C-1 (研60-19)] 接種於 3~4 葉期的幼苗及幼穗形成期的水稻，並測定病斑型，認為在102個品種中，N-2 區呈感病性 (S) 反應者有65個品種，其中於成稻時41個品種變弱感病性 (M) ~抗病性 (R)，而 C-1 區呈感病性 (S) 反應者有 99個品種，其中51個品種亦呈 M~R 反應。雖然幼苗時期之抗病反應與成稻 (幼穗形成期) 之反應稍有差異，但在幼苗時期測定，較能早日淘汰感病品種。根據古田氏等⁽⁹⁾以122個品種 (自 FAO, IRC 及其他國家索取) 在旱田式病圃或離病圃 2 公里的本田測定抗病程度，結果發現旱田式病圃之感病性 (S) 品種數比本田為多，且其中部份品種之發病狀況自 R 反應進展至 S 反應，或得相反之結果。故認為病原菌生理型之種類及其密度，稻本身之抗病性，地區環境之差異等，皆會影

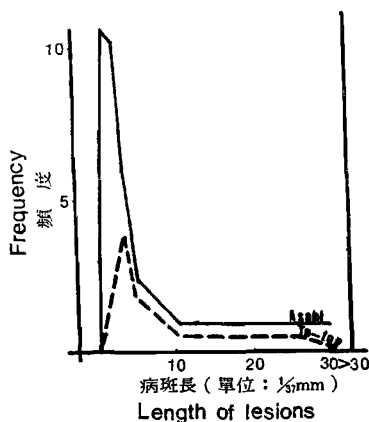


圖 5. 抵抗性的經時變化
(黑崎, 1960)⁽¹⁶⁾

Fig 5. Change of disease resistance with time following inoculation (Kurozaki, 1960)

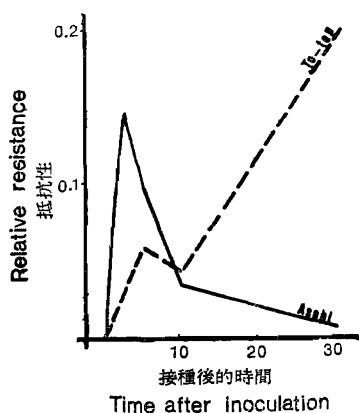


圖 6. 病斑長之分布
(黑崎, 1960)⁽¹⁶⁾

Fig 6: Distribution of length of lesions (Kurozaki, 1960)

表 4. 旱田與本田病圃之葉稻熱病抵抗性分佈百分率 (%)⁽¹⁹⁾
 Table 4. Comparative distribution of leaf blast resistance groupings in the upland and lowland conditions

地點	等級 Class		HR*	R	MR	Total	MS	S	HS	Total
	Locality									
Lowland blast nurseries										
Ilan			2.8**	52.5	8.5	63.8	15.6	7.1	13.5	36.2
Nantou			0.0	13.1	10.8	23.9	23.8	20.8	31.5	76.1
Chiayi			0.0	7.2	31.9	39.1	18.1	27.5	15.2	60.8
Pingtung			0.0	10.8	29.2	40.0	29.2	22.3	8.5	60.0
Taitung			0.0	5.1	22.5	27.6	32.6	18.1	21.7	72.4
Average			0.6	17.7	20.6	38.9	23.9	19.2	18.1	61.1
Upland beds										
Chiayi			0.0	5.0	17.3	22.3	14.4	14.4	48.9	77.7

* HR=極抗 Highly resistant; R=抗 Resistant; MR=中抗 Moderately resistant; MS=中感 Moderately susceptible;
 S=感 Susceptible; HS=極感 Highly susceptible

** 百分率 Percentage

響稻品種之感病程度。如果能更提早在稻種子發芽時即先行測定該個體之感病程度，對抗病檢定工作將更為有利。據橋岡氏等^(23,24)指出，當稻種子發芽長達 1.0~1.5 公分時，接種高濃度之孢子懸浮液，置於 28°C，測定病菌侵入子葉鞘表皮細胞的程度，換算其侵入度所得結果與幼苗（6~9 公分）之人工接種（噴霧接種方法）結果完全一致。又不同菌型對稻品種的葉片罹病度與子葉鞘感染度（25°C 下，3 天後）之相關性，菌型 T-2 ($r=0.51$) 相關性較低，但 C-1 ($r=0.91$)，N-2 ($r=0.93$)，N-2x ($r=0.78$) 相關性均高，可見利用子葉鞘感染法，測定稻品種之抗病反應，較為方便。

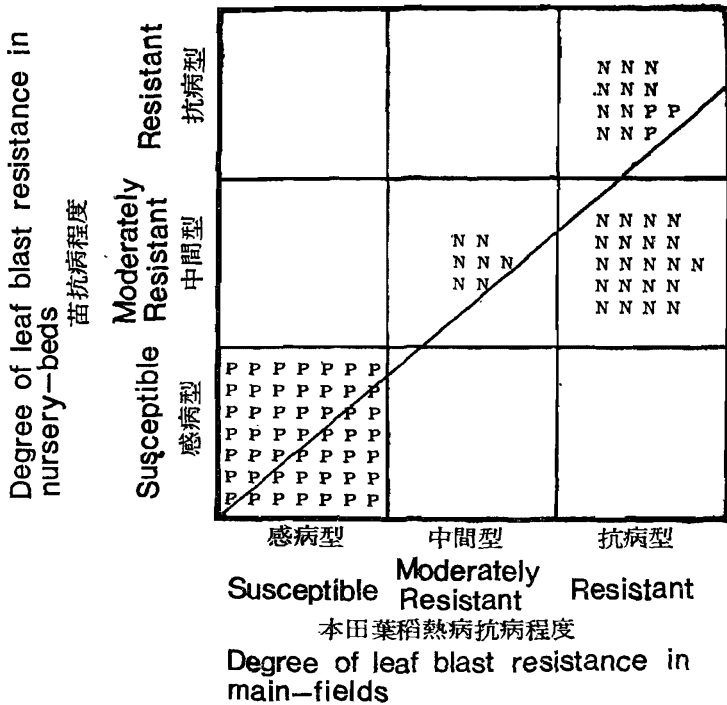


圖 7. 稻苗抗病性與其本田葉稻熱病抗性之相關 (李氏, 1954)⁽⁴¹⁾
 (P=稷稻; N=秈稻)

Fig 7: Relationship of leaf blast resistance between nursery beds and main-fields (P=*Japomica* varieties; N=*Indica* varieties)

雖然秧苗期檢定葉稻熱病與本田葉稻熱病之感病反應，有密切之關係，但也偶有例外情形。如嘉農秈 8 號及 11 號，均係豐產品種，特別是後者之抗虫性（對褐飛虱）甚佳，為近年來育成品種中最成功之稻種。該兩品種於六十二年第一期作，經嘉義分所旱田式病圃測定葉稻熱病反應，前者顯示中感（MS），後者顯示中抗（MR）。翌（六十三）年推廣至中、南部，於第二期作在臺南、嘉義、雲林及南投等四縣，均發生嚴重的穗稻熱病。從發生經過得知，在生育前期葉稻

熱病並未發生，或極輕微；但至抽穗前，劍葉伸長後，其葉節首先受病原菌之侵害（即所謂葉節稻熱病），受害稻穗中，90%以上之葉鞘部位皆被感染⁽²⁷⁾。故在秧苗期測定抗病反應時，仍需留意葉節稻熱病之發生狀況，以供抗病反應測定之參考。

六、稻品種在不同地區之感病反應

稻熱病抗病檢定工作，開始於民國四十五年，檢定病圃設置在經常發病的地區，即宜蘭（壯圍）、臺中（東勢）、嘉義（嘉義分所）、屏東（萬巒）及臺東（關山）等五處。最初幾年檢定推廣品種及優良品種，以後各場所新育成的新品種（系）均互相交換，參加統一病圃測定抗病程度。民國五十七～六十二年暫取消統一步驟，由各區農業試驗場所分別自設病圃繼續此項工作。但一般咸認抗病檢定工作殊屬重要，有加強辦理之必要。六十三年乃再恢復統一病圃檢定，並將檢定結果列為新品種命名前之重要參考資料。參加品種或品系在避免增加工作量之原則下，顯示感病反應之品種（系），當年或第二年即予淘汰，以便容納新育成的品種（系）。

稻熱病病圃係施用重肥，每公頃硫酸銨1,200公斤（N=240公斤），過磷酸鈣300公斤（ $P_2O_5=54$ 公斤），氯化鉀100公斤（ $K_2O=60$ 公斤），以誘發病害，故較一般水田之發病程度嚴重。自民國四十五年至五十二年之發病程度，如臺中65號除五十二年第一期作於宜蘭、嘉義呈中抗，屏東呈抗之外，其餘年度於四處（宜蘭、臺中、嘉義、屏東）皆表現感～極感。嘉農 242號，一般顯示抗病反應，但在臺中呈中感～感（四十五年呈中抗），嘉義呈感（四十九年及五十一年），屏東呈中感反應（四十九年）。該品種在北部及南部呈現抗病反應，而在中部則呈感病反應。秈稻（白米粉、臺中在來1號）無論於不同地區或年度皆顯示中抗～極抗反應（表五）。民國六十三年第一期作之稻熱病發生程度除臺中之外，均較五十四、五十五年略輕，稈稻（新竹56號、臺中65號、嘉農 242號、嘉南8號及臺南3號）在不同地區及年度之罹病差異較小。但臺中在來1號於嘉義及屏東兩地區，年度間頗有差異，該品種在嘉義地區五十四年呈現感病，五十五～五十六年却顯示抗病反應。屏東地區五十四～五十五年顯示中感，五十六～六十三年顯示抗病反應（表六），此種現象可能受當年氣候環境及稻熱病菌生理型之種類及密度之影響所致。

稻熱病之發生程度與肥料施用量亦頗有關係。氮肥施用量提高三倍（每公頃240公斤）與標準施用量（每公頃 80公斤），其他磷，鉀施用同量時，一般在常發生地區，稻種間之感病程度並無顯著之差異，例如臺中65號無論氮量施用多少，在各地區之罹病反應皆顯示感～極感，嘉農 242號雖地區間之罹病程度有差異，但各地區內並未受氮肥量之影響，而臺中在來1號在嘉義及屏東，以高氮肥之罹病程度較低氮肥略為嚴重（表七）⁽²²⁾。

表 5. 1956—1963年稻品種在不同地域罹稻熱病程度之比較 (第一期作)⁽²⁸²⁾
 Table 5: Rice leaf blast readings for different varieties in blast nurseries in different regions during 1956-1963 (First crop)

地點 Locality		臺 中 Taichung															
		宜 蘭 Ilan					臺 中 Taichung										
品種 Variety	年度 Year	'56	'57	'58	'59	'60	'61	'62	'63	'56	'57	'58	'59	'60	'61	'62	'63
Taichung 65		HS*	S	S	S	HS	HS	HS	MS	S	HS	S	S	S	S	S	S
Chianung 242		MR	R	MR	R	R	R	R	R	MR	MS	S	S	MS	MS	S	MS
Pai-mi-fen		HR	R	R	R	R	MR	R	—	HR	R	R	R	R	R	R	—
Taichung native 1		—	—	—	MR	HR	R	HR	R	—	—	—	—	R	R	R	R

地點 Locality		屏 東 Pingtung															
		嘉 義 Chiayi					屏 東 Pingtung										
品種 Variety	年度 Year	'56	'57	'58	'59	'60	'61	'62	'63	'56	'57	'58	'59	'60	'61	'62	'63
Taichung 65		S	HS	HS	HS	HS	HS	HS	MR	—	S	S	S	HS	HS	S	R
Chianung 242		R	R	R	R	S	MR	S	R	—	MR	R	R	MS	MR	R	R
Pai-mi-fen		HR	R	HR	HR	HR	R	MS	—	—	R	R	R	HR	R	R	—
Taichung native 1		—	—	—	HR	HR	R	MS	R	—	—	—	R	HR	HR	MS	R

* 見表四註脚 See footnote on Table 4.

表 6. 1965—1967及1974年稻品種在不同地域罹稻熱病程度之比較 (第一期作)⁽¹⁹⁾
 Table 6. Leaf blast readings of rice varieties in blast nurseries in different regions, 1965-1967 and 1974 (1st crop)

品 種 Variety	宜 蘭 Ilan			臺 中 Taichung			嘉 義 Chiayi			屏 東 Pingtung			臺 東 Taitung		
	'65	'66	'74	'65	'66	'74	'65	'66	'74	'65	'66	'74	'65	'66	'74
Hsinchu 56	S*	S	S	S	S	S	S	S	S	S	S	MR	S	S	S
Taichung 65	HS	HS	MR	HS	HS	S	HS	HS	HS	HS	HS	S	HS	HS	HS
Chianung 242	MR	MS	MR	S	S	MS	MS	S	S	R	MS	S	MR	HS	S
Chianan 8	S	S	HS	MS	S	S	HS	HS	S	MS	S	HS	HS	MS	S
Tainan 3	HS	HS	S	HS	HS	S	HS	S	S	—	S	HS	S	S	—
Taichung native 1	R	R	MR	—	R	R	—	S	R	R	—	MS	MS	R	R

* 見表四註脚 See footnote on Table 4.

表 7. 施肥量對稻熱病發生之影響 (第一期作)⁽²²⁾

Table 7. Effect of amount of fertilizers on incidence of leaf blast (First crop)

品 種 Variety	宜 蘭 Ilan			臺 中 Taichung			嘉 義 Chiayi			屏 東 Pingtung		
	1961	1962	1966	1961	1962	1966	1961	1962	1966	1961	1962	1966
Taichung 65	H*	L	H	L	H	L	H	L	H	L	H	L
Chianung 242	HS**	HS	HS	HS	S	S	HS	HS	HS	S	HS	S
Pai-mi-fen	R	R	R	R	MS	MS	MR	MR	S	MS	MR	R
Taichung native 1	MR	R	R	R	R	R	R	MR	MS	MS	R	MR
Taichung native 1	R	R	HR	HR	R	R	R	MR	MR	MR	HR	MR

* H: N=240 kg; P₂O₅=54 kg; K₂O=60 kg/ha L: N=80kg; P₂O₅=54 kg; K₂O=60 kg/ha

** 見表四註脚 See footnote on Table 4.

七、稻熱病菌生理型的分佈

Hashioka 氏⁽⁸²⁾因觀察到同一水稻品種在不同地區有不同感病反應，而首先推測本省稻熱病菌可能有生理型之存在。省農試所⁽¹⁵⁾曾利用16個判別品種的不同感病性，自民國四十九年開始連續進行測定本省稻熱病菌之生理型。至民國六十三年止共得七羣，包括55個生理小種(表八)⁽²⁶⁾。十五年來除民國五十四及五十五年度未出現新的生理小種外，每年皆有新生理小種出現。業經判定的生理小種，並不一定年年出現；但每年出現的生理小種數至少有12種(民國五十年)，最多曾達29種之多(民國六十年)。五十五年第一期作葉稻熱病大發生，該期作所種植之品種中，種植面積達 5,000公頃以上者有嘉南 8 號、臺南 1 號、新竹56號、臺中65號、嘉農242號、高雄53號、高雄64號、臺南 5 號及臺北306號等九個品種。而該期作稻熱病菌生理小種之出現，以 race 24 之頻度最高，其次依序為 race 3, 2, 21, 20 及17等。按該九個水稻品種對 race 24 皆顯示感病(S)反應(表三)。臺南 5 號之種植面積僅 6,165公頃，而翌(五十六)年第一期作之種植面積急劇增加到28,830公頃，而其餘品種之種植面積則相對減少，例如嘉南 8 號就減少10,000公頃。另一次大發生之年度為民國六十二年第一期作，主要種植品種有臺南 5 號、新竹56號、嘉南 8 號、高雄選 1 號、臺北309號、臺中17g 號、臺中65號及臺北 306號等八個品種，而該期作稻熱病菌生理小種之出現，以 race 30 之頻度最高，其次依序為 race 24, 2, 17 及29等。上述八個品種尚未接受對 race 30 之感病反應檢定，但對 race 24 之感病反應除高雄選 1 號顯示抗病(R)反應之外，都顯示感病(S)性反應。因此推測五十五年及六十二年第一期作之大發生，可能係由稻熱病菌 race 24 及 30 之侵害所致。近年來臺灣種植硬稻之面積年有增加，但所謂硬稻品種，大多含有印度型(秈)稻的抗病因子，例如嘉南 8 號、臺南 5 號、臺南 6 號、臺北 309號、臺農61號、臺農62號及臺中 181號等皆是。同時稻熱病菌屬 I 羣(主要侵害臺灣秈稻)之生理小種，近年來有增加的趨勢，應為育種或推廣上值得重視之問題。

以往的學者認為同一個病斑上，所產生之分生孢子，其病原性都是一致的，但自開始研究稻熱病菌之菌型以來，很多學者發現自同一個病斑上所分離得到的稻熱病菌單孢子菌株，亦可類別為不同病原性之生理小種^(2,7,80,83)，並且其中同時混雜有病原性較安定及不安定之各種生理型⁽⁴⁾。自感病(S)型病斑上所獲之菌株，經單胞培養後之致病反應，不一定完全呈感病(S)性反應；而自抗病(R)型病斑上所得之菌株，亦非全部呈抗病(R)性反應。同時此兩種菌型在繼代培養中之病原性，均有逐代遞減之趨勢⁽⁸⁵⁾。此外，同一水田中(同一品種)亦存在各種不同的生理型，例如嘉義地區，自五公畝種植臺中65號水田，測定生理型之分佈結果，可得四羣之菌型，其中T羣佔 60.0%，I羣佔 11.4%，K羣佔 5.8%，A羣佔 8.5%⁽²⁹⁾。故欲調查生理型之分佈，取樣點似不必過多，應該在同一取樣點上採取多個樣本為宜。在同一塊田內，先出現的優越生理型，在其分

表 8. 1960—1974年本省稻熱病菌生理小種的分佈
 Table 8. Yearly distribution of physiologic races of *Pyricularia oryzae* characterized in Taiwan during 1960-1974

年 度 Year	P group												I group										J group								
	12	14	16	13	15	43	49	23	22	33	42	40	41	55	32	51	54	21	53	28	52	31	11	8	10	9	20	6	5	7	4	50
1960	11**6	5	6																				4	4	3						
'61	7*	23	26	4																				13	13						6
'62	7	4	11	9	5																		3	6	4		5	6	7	6	
'63	4	1	5	1			2	3									4								1	1				1	1
'64	2		1					3								5							1								3
'65	3						2	3								5									3	2					2
'66					1		2	6							10											8					
'67	1				5		3	12							9				3						1	1					
'68							1	3							2	11	5									5					
'69																2	1	6													
'70	2		10				5	21	3	29	4				2	8	1	4	1							1					
'71	2		9	2	4		6	4	6	4	9				3	4										2					
'72			8	3							1				7	6	6														
'73															1																
'74							1	7	2	1	12	1	1	4	1	4	1	4	6	9						2					1

佈之間隙，常見另一種生理型侵入乘隙蔓延⁽¹²⁾。前一年的發病程度，藥劑撒布，灌溉水，乾濕田等因素，皆與當年生理型之出現無密切之關係。蓋當年的稻熱病菌生理型之分佈及密度，主要係受當時種植品種面積之多寡所影響⁽¹⁾。但在日本抗病強之中國（大陸）系品種的栽培面積增加時，病原性強之C羣生理型發生量隨之增加，與同一系統品種之種植年數及前年的種植面積，皆具密切之關係。但當該系統品種之種植面積減少時，並未見C羣型立即減少⁽⁶⁾。多數品種在推廣初期皆表現抗病，但種植數年後漸呈罹病性，其原因正是病原菌生理型變化的緣故。茂木氏等⁽¹⁴⁾曾用儲存的 F₁₂ 及 F₁₈ 稻種，於自然發病之環境下，測定罹病程度，發現 F₁₂ 之秧苗耐病性較高。另選拔20穗系統，再測定結果，得知同一穗上的種子之間，對葉及穗頸稻熱病之罹病程度有顯著差異，但系統之間則無顯著差異。因此，對後代耐病性之降低原因頗難以解釋，據推測可能係選拔品種（系）的效果所致。另用同一材料，進行已知生理型菌株之接種測定，發現部份與田間之反應相同，部份則相反，亦有兩者之間並無差異者。高度耐病性品種（Tadakan）為雜交材料，其後代的稻株上所形成的少數感病（S）型病斑，經分離所得菌株，約有50%其病原性並未增強，而另50%菌株則對具有高度耐病性的親本，增強了病原性⁽³⁾。又當高度耐病性品種，出現極少數的感病（S）性病斑時，經分離所獲之菌株，對抗病親本或其後代皆有強病原性^(8,13)，顯示能侵害高度耐病性品種之新生理型之出現。所以今後利用高度耐病性品種作雜交材料，測定其後代抗病性程度時，應留意此一問題。

八、參 考 文 獻

1. 下山守人、遠藤忠光、澤崎彬、近藤租、島田尚光 1968。いもち病菌菌型の分布と栽培環境（講要）日植病報 34(3)：176—177。
2. 下山守人、遠藤忠光 1972。病斑上における菌型の混合と小面積ほ場におけるイネ品種と菌型との關係 發生子察特別報告 第24號 92—96。
3. 山中達 1963。いもち病菌の race に関する研究 高度耐病性系統 Pi No.1 に強病原性を示す菌株の分出（講要）日植病報 28(2)：61。
4. 山田昌雄 1964。同一圃場における菌型の年次變動，病害蟲發生子察特別報告 第18號 73。
5. 山田昌雄、松本省平、高坂淖爾 1969。いもち病菌レースに對する反應に基づいたイネ品種の類別 農業技術研究所報告 C. 第23號 37—62。
6. 三浦春夫、平山成一、田中孝、東海林久雄、伊藤弘 1972。圃場でのOレースによるいもち病の發生消長について（講要）日植病報 38(3)：174。
7. 中村啓二 1972。いもち病窓内の菌型の混在および長香稻仔型小病斑からのO菌型羣の分出について 發生子察特別報告 第24號 96—98。
8. 古田力、櫻井義郎、松本和夫、岡本弘 1965。16個國のイネの葉いもち抵抗性とその時期的變化（講要）日植病報 30(2)：70。
9. 成田武四、岩田勉 1961。稻熱病菌の菌型に関する共同研究，第一集：病害蟲發生子

察特別報告 5: 23—28。

10. 江塚昭典、柚木利文、鳥山國士、櫻井義郎 1967。イネ品種のいもち病抵抗性に關する研究、本田、畑苗代における圃場抵抗性と高度圃場抵抗性系統 St. No.1 および中國31號について(講要) 日植病報 33(2): 78。
11. 李學銓 1954。稻苗抗病性與本田葉稻熱病抗病性之相關(預報) 農業研究 2(4): 33—38。
12. 岩野正敬、山田昌雄 1971。1枚の水田におけるいもち病菌レースの分布について(講要) 日植病報 37(3): 158。
13. 茂木靜夫、柳田騏策 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(講要) 日植病報 30(5): 276。
14. 茂木靜夫、柳田騏策 1967。ハツニシキのいもち耐病性について(講要) 日植病報 33(2): 78。
15. 洪章訓、簡錦忠、林淑媛 1961。稻熱病病原生理型之研究 農業研究 10(1): 27—34。
16. 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(第一報) 日植病報 25(4): 167—171。
17. 淺賀宏一、小野小三郎 1967。異なる菌型によるイネ品種の成稻および幼苗における葉いもち病發病の差異(講要) 日植病報 33(2): 77。
18. 鈴木橋雄 1940。稻熱病菌に對する稻の感受性の差異と寄主體侵入との關係について 農業及園藝 15: 1999—2010。
19. 嘉義農業試驗分所 1975。水稻稻熱病統一病圃檢定結果綜合報告(民國六十四年第一期作) 油印。
20. 臺灣省政府農林廳 歷年(54—65) 稻作主要病蟲害發生及防治面積統計表。
21. 臺灣省政府農林廳 歷年(54—64) 水稻品種別種植面積統計表。
22. 臺灣省政府農林廳 1964。水稻抗稻熱病品種檢定試驗成績彙報(民國45—53年)。
23. 橋岡良夫、池上八郎 1964。子葉鞘の感染度によつて表現される稻品種の稻熱病抵抗性~罹病性(講要) 日植病報 29(2): 88。
24. 橋岡良夫、池上八郎 1965。いもち病菌諸菌型によるイネ品種の子葉鞘感染(講要) 日植病報 30(5): 296。
25. 簡錦忠 1968。稻熱病同一病斑所得菌株病原性之研究 農業研究 17(1): 22—29。
26. 簡錦忠 1974。稻熱病病原菌生理型之研究(1970—1972) 農業研究 23(1): 16—37。
27. 簡錦忠 1975。長粒型秈稻異常發生穗稻熱病之調查及其病菌生理型之研究 中華農業研究 24(3-4): 23—31。
28. Chien, C. C., S. Y. Lin and S. C. Jong, 1963. Studies on the physiologic race of *Piricularia oryzae* Cav. II. Agr. Res. 12(3): 29-39.
29. Chien, C. C., 1967. Studies on the physiologic race of the rice blast fungus, *Piricularia oryzae* Cav., Bull No. 26, Taiwan Agr. Res. Inst.
30. Chin, R. J., C. C. Chien and S. Y. Lin, 1965. Physiologic races of *Piricularia oryzae* in Taiwan. p. 245-255. In The Rice Blast Disease. Proc. Symp. at

- the Int. Rice Res. Inst. July 1963. Johns Hopkins, Press, Baltimore, Maryland, U. S. A.
31. Hashioka, Y. 1950. Studies on the mechanism of prevalence of the rice blast disease in the tropics. Tech. Bull. No. 8. Taiwan Agr. Res. Inst.
 32. Hashioka, Y. 1952. Annual and local variation of the varietal resistance of rice to the blast disease: A criticism of the stability of varietal resistance based upon the field experiments in Taiwan. Agr. Res. 3(3): 40-55.
 33. Ou, S. H. and M. R. Ayadr, 1968. Pathogenic races of *Pyricularia oryzae* originating from single lesions and monoconidial cultures. Phytopathology 58: 179-182.

Levels of host resistance in relation to the incidence of rice blast

Chin-chung Chien

Department of Plant Pathology
Taiwan Agricultural Research Institute
Wu-Feng, Taichung, Taiwan 431

Summary

During the years of 1965-1976, blast affected about 10-15% of the total rice area per year for the first crop, except in 1966 and 1973 when it exceeded 20%. The rice varieties planted in Taiwan include *Japonica* and *Indica* rice. The acreage of *Japonica* (ponlai) seems to increase year after year. For example, the ponlai varieties occupied 61.87% of the total rice acreage in 1965, it increased to 79.82% in 1975. On the other hand, the acreage of *Indica* rice declined from 36.33% in 1965 to 16.92% in 1975. The number of varieties planted by the farmers were about 45-60 for *Japonica* and about 27-48 for *Indica* rice. The leading ponlai variety is Tainan 5, with an acreage of 333 ha in 1965 and 175,192 ha in 1975. The major *Indica* rice varieties were Taichung Native 1, Taichung Sen 3, and Ai-chao-chien. Due to the growth of different varieties in different regions, the incidence of rice blast became complicated.

With the acreage increase for one variety and the occurrence of a specific physiologic race of blast pathogen virulent to that variety the population density of the pathogen will increase rapidly. The variety will be attacked to end up with severe damage. Hence, before variety release, the relationship between the new variety and

physiologic races should be understood. In addition, rice breeders should make efforts to develop varieties which are resistant to the major races at different regions. These work will help in the control of rice blast.

For selecting resistant plants from the segregating population, the screening technique based on seedling reactions can be used. The response of rice plant to blast at the seedling stage is positively correlated with that in the paddy field. This technique is both time saving and efficient. However, there are exceptions. For example, some rice varieties are resistant to leaf blast at seedling stage, they may become susceptible at middle and/or late stage of their growth or susceptible to neck blast after heading. These problems should be considered, if the screening technique at seedling stage is used.

Susceptibility of rice plant to blast may differ at different blast nurseries, it may differ from year to year even with same variety at same location. This phenomenon is relatively clear for those susceptible varieties, and is believed to be related to environmental conditions, type and density of the physiologic races. In blast nurseries, the climatic conditions are more important than nitrogen fertilization for the incidence of rice blast.

Based on the reaction of sixteen differential rice varieties, 55 different physiologic races have been detected and classified into seven groups. Recently, races within I group which mainly attack the *Indica* rice tend to increase, because several blast resistant genes for ponlai varieties have been introduced from *Indica* rice.

邱人璋主編

水稻病蟲害：生態學與流行學

農復會1978年12月刊行 p. 247—262。

水稻紋枯病之流行學及其對產量之影響

蔡武雄¹ · 游俊明²

目 錄

- 一、前言
- 二、感染源
- 三、感染源與溫度
- 四、感染源與酸鹼度
- 五、病原性
- 六、病原性與營養
- 七、溫濕度與發病
- 八、肥料與發病
- 九、藥劑
- 十、品種的反應
- 十一、對產量的影響
- 十二、參考文獻
- 十三、英文摘要

一、前 言

紋枯病為本省水稻主要病害之一，過去僅認為是第二期作的病害，然而根據農林廳的報告⁽⁸⁶⁾，其發生情形有時候第一期作的發生面積百分率高於第二期作，有時候第二期作之發生面積百分率高於第一期作。在田間第一期作及第二期作均適合於紋枯病病勢的進展，其產量損失往往也以第一期作大於第二期作⁽⁹⁴⁾。所以紋枯病不僅是第二期作的病害，也是第一期作的病害。

有關水稻紋枯病之綜合性報告可參閱邱人璋博士主編之稻作病害⁽⁸⁾及 Ou 氏所編之 Rice Diseases⁽⁴⁷⁾。本文僅就紋枯病流行學及產量損失方面加以討論。所謂流行學 (Epidemiology) 是研究影響作物發病率 (Disease incidence) 或發病度 (Disease severity) 的一切因子，這些因子包括感染源、環境因子及寄主等。

1 台灣省農業試驗所嘉義分所技士

2 新竹區農業改良場技正

感染源將從菌核、菌絲及擔孢子三方面加以討論，環境因子將從影響感染源、寄主及發病的溫度、濕度、營養、酸鹼度、肥料及藥劑等加以說明，寄主則討論水稻品種對紋枯病的反應。

二、感 染 源

(一)菌核

1. 菌核的形態

水稻紋枯病病原菌所形成的菌核係由 *Prosenchyma* 組成⁽¹⁸⁾。通常自然菌核會浮於水面，而培養菌核易沉於水中，此因兩種菌核之比重不同，自然菌核之比重為 0.8~0.9，培養菌核之比重為 1.1~1.3⁽¹⁾。羽榮等⁽⁶⁾更明白地報告水稻植株上所形成的菌核脫落後先沉入水中，經過一個月菌核成熟以後再浮於水面，此因浮水菌核係由內外兩層不同的構造所組成的，內層為一團生活的細胞，外層為中空的細胞，其寬度在 200 μm 以上，但下沉的菌核則寬度少於 150 μm ，周圍有菌絲狀的細胞包圍著，不過這些下沉的菌核經過一段時間以後會再逐漸上浮，浮水菌核之比重為 1.2~1.3，而培養菌核之比重為 1.6~1.7，與山口等⁽²⁾報告有出入，此因所測的方法不同之故。Hashiba⁽⁴⁰⁾更進一步說明菌核形成的過程，菌核形成初期係由緻密的菌絲細胞組成，其細胞寬約為 5 μm ，細胞壁厚約為 0.09 μm ，30小時後菌核體積最大，並且開始形成色素，此時外層的細胞開始中空，中央部份的細胞寬度增至 15 μm ，40小時後變成褐色。最初菌核緻密而沉於水中，15天內外層細胞內容物逐漸消失並且浮於水中，細胞壁厚度為 0.51 μm ，此時很清楚地可以看出內層為生活細胞，而外層包圍著中空的細胞。

2. 菌核的分佈

菌核為水稻紋枯病主要的傳染源，通常菌核附着於稻株，據調查⁽¹⁾，在施用重氮肥區，每莖約有 6.4 個（每叢約有 56.8 個）菌核附着但在標準氮肥區，每莖僅 4.5 個（每叢 35.6 個）菌核附着。這些菌核遇風、雨或人為的因素或當水稻收割後就脫落而遺留於稻田內，約有 77% 的菌核遺留在稻葉內，其餘 23% 之菌核則遺留在稻葉周圍之土壤內。在平均被害度 28.5% 之稻田內，每 30 平方公分之土壤內，自稻收割後遺留在田間土壤表面之菌核最少 26 個，最多達 129 個之多，平均為 57.5 個，由此數目估計每公頃約有 200 萬個之菌核脫落於田間為次期作之感染源⁽⁸⁷⁾。

3. 菌核的發芽

自然菌核之發芽力較差且在不同水質中之發芽率差異較大，發芽率以雨水最好，在苗床土壤經三天亦不發芽。培養菌核在各種水質中並無差異，24小時內達 100% 之發芽率，若以菌絲生長而言，自然菌核及培養菌核均於雨水中最好，水田水次之。不同碳素源中，自然菌核在 Starch, Lactose, d-Mannit 上於 24 小時內不能發芽，但 48 小時後均能發芽，培養菌核於 d-Mannit 上 24 小時內不發芽，

但48小時後達 100%之發芽率。培養24小時，自然菌核在不同氮素源溶液中，除在 Asparagine 中發芽率達100%外，其餘均不發芽，至第三天在 NaNO_3 及 NH_4PO_4 中發芽率還很差。培養菌核之發芽率在不同氮素源溶液中似無差異⁽⁸⁷⁾。菌核發芽之溫度範圍在 16~32°C之間，而以 28~30°C為最適，發芽之相對濕度在 95~96%⁽⁴⁶⁾。若將自然菌核保存在 16°C，相對濕度在 80%以上，經過200天時，其發芽率隨著保存時間而遞減。但若相對濕度在40%以下，其發芽率並不受溫度的影響而減少。當培養菌核保存在無菌狀態下，其發芽率最高，但若保存在80%以上的相對濕度時，經過 180天，其發芽率隨著保存時間而遞減^(5,18)。

(二)菌絲

菌絲之重要性，主要是引起第二次感染 (Secondary infection)^(11,46)。當菌核與稻株接觸後，就產生發芽管完成初級感染 (Primary infection)⁽¹⁰⁾，然後病勢開始向上進展 (Upward development) 及水平進展 (Horizontal development)⁽¹²⁾，前者由菌絲向上伸長，增加發病的葉片及葉鞘，後者菌絲向周圍的分蘗莖延伸，增加發病的分蘗莖。在日本⁽¹⁸⁾，早期栽培的水稻，最高分蘗期到幼穗形成期時，靠近稻株基部水面的菌絲生長良好，孕穗期以後，稻株上部的菌絲生長也很好，其菌絲伸長最適時期係在孕穗期以後到接近成熟期。普通栽培也在分蘗最盛期時在稻株基部看到菌絲生長，以後隨著水稻的發育菌絲也向上伸長，菌絲生長的最適時期是在孕穗期到齊穗期，而後菌絲生長不良，此可能是後期氣溫降低之故。當菌絲為害稻株後，在葉片或葉鞘上形成病斑，通常由接種後 3—4 天形成的病斑長出的菌絲感染力較強，病斑越老，其感染力越弱。菌絲在培養基上培養日數愈久，其病原性愈弱⁽¹¹⁾，培養 2—3 天者發病莖數達 100%，但培養 6 天者其發病莖率僅 35%。

(三)擔孢子

Ikata⁽⁴¹⁾等在日本 Okayama 的水稻田發現了水稻紋枯病菌的完全世代，其擔子為 5.6—1.2×5—8 μm ，擔孢柄 2.5—8.4×0.8—2.8 μm ，擔孢子 6.5—8.4×4.8 μm 。Tsai⁽⁵⁰⁾利用水稻紋枯病旱田式病圃亦可誘發形成完全世代，其子實層為白色粉末狀，覆蓋在被害部位附近健全部的葉鞘或葉片上，其擔子大小為 11—15×8—9 μm ，擔孢柄 7—10×2—3 μm ，擔孢子 9—12×5—7 μm 。

吉村⁽⁴⁾推測水稻不規則型發病莖的原因係由擔孢子做第二次感染源之故，但缺少試驗證明。後來中澤⁽³⁾等利用擔孢子接種於健全的葉鞘部，可以形成病斑。深津等⁽¹⁹⁾對水稻紋枯病菌之完全世代有比較詳盡的研究，擔孢子飛散時間通常從午夜到清晨^(19,48)，其發芽溫度在 15~36°C，而以 28°C為最適，發芽管伸長之適溫約在 30°C。擔孢子在蒸餾水及稻葉上的水中發芽不良，在馬鈴薯煎汁，稻煎汁及花粉上發芽率高，發芽管伸長良好。擔孢子在室內乾燥狀態下可生存 10~15天，利用殺菌的井水做成的孢子懸浮液在刺傷及無刺傷的葉鞘及葉片上接種時均不發病，但在花粉存在時可以發病，唯發病率低。利用馬鈴薯煎汁做成的

孢子懸浮液時可以發病。最近，Saksena⁽⁴⁹⁾報告在印度北部發現水稻 Banded blight 病係由擔孢子所引起，其實，此病與紋枯病相似，只是病斑多發生在地上部的葉片、劍葉、花梗及稻穗上，從發病的植株上收集的稻種子約有20%可經由種子傳染，擔孢子可在水稻及雜草上形成，其形成的夜間溫度在 24°C 以上，相對濕度94%以上，每天蒸散率在 1.5mm 以下，發病的植株上亦可產生菌核，所以此病可由種子、土壤及空氣傳染。

三、感染源與溫度

Tsai⁽⁵⁰⁾在比較 40 個單擔孢子的菌株，而依其菌絲之生長速度分為三羣，緩慢生長羣（少於 25mm/day），中間生長羣（25~35mm/day）及急速生長羣（35mm/day 以上），若依菌絲最適生長溫度可分為四羣，第一羣最適溫為 20°C，第二羣為 24°C，第三羣為 28°C，第四羣為 32°C，其中以第三羣之菌株最多。若依菌核形成之最適溫度則40個菌株可分為五羣，第一羣最適溫度在 16°C，第二羣在20°C，第三羣在24°C，第四羣在 28°C，第五羣在 32°C，其中以第四羣之菌株最多。若依菌核形成之溫度範圍則可分為三羣，第一羣溫度範圍較狹，為 24~28°C（2 個菌株），第二羣為 20~28°C（18個菌株），第三羣為 16~32°C（20個菌株）。Tu⁽⁵¹⁾及 Santos⁽⁴⁸⁾也報告不同的菌株有不同的溫度反應，有些菌株生長適溫較寬（24~36°C），有的菌株生長適溫較狹（28~36°C，24~32°C 及 28°C）。

四、感染源與酸鹼度

菌絲生長及形成菌核的酸鹼度為 4.0~8.5，酸鹼度在 3.0，3.5 及 9.0 及 9.5時生長緩慢且產生的菌核非常稀少。在 pH5.5 到 8.0 時三天就形成菌核，但 pH4.0 及 4.5時經過四天才產生菌核⁽⁵²⁾，Tu⁽⁵¹⁾比較不同的菌系從 pH2.2~8.2 菌絲之生長情形，pH3.0 時只有一個菌系可以生長，從 pH3.9~8.2時所有的菌系均可生長。培養基的 pH低於 4 時抑制菌絲的生長，但病原性在 pH低時的情況下保持較久⁽¹⁷⁾。

五、病原性

稻紋枯病菌菌核切開成 $\frac{1}{2}$ ， $\frac{1}{3}$ 及 $\frac{1}{4}$ 後其病原性和無切開菌核之差異不大，均維持強度的病原性，但其病斑大小愈切開成小塊其病斑愈小。同一菌核接種於孕穗期的葉鞘，經過 4 天形成病斑後，將該菌核取下再接種於另支葉鞘，如此連續接種者每次都可減低侵害能力，至第 5 次就全部失却病原性。另如每次取下菌核並經陰乾後再接種時，其侵害能力僅維持 3 次⁽³⁸⁾。若利用同一菌株形成後一星期的菌核和兩星期的菌核接種於水稻時，其病原性並沒有差別，同一菌株不同的菌核接種於水稻時，其病原性也無甚大差異⁽⁵⁰⁾。利用 40 個菌株的菌核接種

於剪下的葉鞘、稻莖及植株的葉鞘內，其菌株間之致病力有強弱的差異⁽⁵⁰⁾。另由本省水稻病蟲害預測員收集本省水稻紋枯病病株，經分離得到120個菌株，在120個菌株中選出100個菌株接種於臺南5號、嘉農秈8號、嘉農秈11號、稗桿稻及BG34~11等五品種的葉鞘內，得知100個菌株中致病力弱者有11個，致病力中等者有80個，致病力最強者有9個菌株⁽⁵²⁾。又由本省採集52個菌株接種於高雄137號及嘉農242號，得到致病力甚強的菌株15個，這些菌株均屬於本省西部採到之菌株，故菌株似與地域性差異很大⁽⁷⁾。若利用接種後3—4天形成的病斑再接種時，其病原性比接種後兩星期之病斑強⁽¹¹⁾，所以菌株間之致病力有強弱之分，病斑老幼不同，其致病力亦不同。

六、病原性與營養

菌絲含氮量與培養基含氮量有密切的關係，菌絲培養於含氮量低之培養基會因菌絲含氮量減少而失却病原性⁽¹⁷⁾。菌核之病原性亦受氮含量的影響，從早期栽培之水稻收集之菌核其病原性較普通栽培者為強，因前者菌核之含氮量較後者為高。有機氮素源，如 Peptone, Alanine, Asparagine, Serine, Aspartic acid 及 Glutamic acid 等均可被菌絲利用，無機氮素源以 Ammonium sulfate 及 Ammonium nitrate 較易被利用。病原性與菌絲生長並不時常一致。菌絲生長於含 Asparagine, Alanine, Glutamine, Ammonium sulfate 及 Ammonium nitrate 者病原性較強。菌絲可利用 Sucrose, Fructose, Lactose, Glucose, Soluble starch, Citric acid, Malic acid, Mannit 及 Pectin 等為碳素源，其中以在 Fructose, Sucrose 及 Soluble starch 生長最好，在 Glucose, Mannit 及 Lactose 中生長者病原性最強。Santos⁽⁴⁸⁾也報告氮素源及碳素源及其含量影響菌絲的生長及菌核的大小，數目及色澤，但氮素源的影響較大。菌絲生長於含 Arginine, Urea, Threonine, Ammonium sulfate, Proline 及 Methionine 者菌絲緻密，生長良好，培養於 Phenylalanine 及 Tyrosine 者菌絲生長稀疏。Sucrose, Fructose 及 Glucose 為最好的碳素源。病原性亦受氮素源及碳素源的影響，通常生長較好的氮素源及碳素源，產生較強的病原性，增加其含量時病原菌之病原性亦隨之增加。Yu⁽⁵⁴⁾也報告在 P D A 上形成的菌核之病原性較在 Water agar 上形成者強(表1)。在含有 Sucrose 及 Urea 培養基上形成之菌核其病原性較無含 Sucrose 及 Urea 之培養基者強，菌核接種前浸漬於 Urea 者可增加病原性，但浸漬於 Sucrose 溶液中不增加病原性。

七、溫濕度與發病

稻株間的微氣候對紋枯病的進展相當重要，在日本⁽¹³⁾無論早期栽培或普通栽培，在生育初期稻株內之溫度比氣溫稍高，但生育後期稻株內溫度較氣溫為低，株內溫度的變化與氣溫的變化極為一致。故株內溫度不需考慮到水稻的生育時

表1 在 PDA 及 Water agar 上生長之水稻紋枯病菌菌核之
菌絲生長及病原性 (游 1975)⁽⁵⁴⁾

Table 1. Mycelial growth and pathogenicity of sclerotia of *Thanatephorus cucumeris* from potato dextrose agar and water agar medium

菌核來源之 培養基 Medium where the sclerotia from	在 PDA 上菌 落之直徑 Colony diameter on PDA medium (cm)	接 種 株 數 No. plants inoculated	發 病 株 數 No. plants infected	平均病斑長度 Mean lesion length (cm)
PDA	4.3a	20	20	3.9a
Water agar	5.5b	20	14	2.4b

英文字母不同者表示在5%顯著水準時差異顯著

Means followed by the different letters in each column are significantly different at the 5% level.

期，只要考慮氣溫就可明瞭發病關係。至於早期與普通栽培株內濕度與空氣濕度無關。分蘗初期株內濕度受空中濕度之變化而影響，但分蘗最盛期株內濕度急增，此並不受空中濕度之影響，最高分蘗期株內濕度達95%以上，以後隨水稻之生育濕度隨著增加，孕穗到出穗期濕度近於飽和狀態，一直繼續到成熟期。Yu⁽⁵⁴⁾利用盆栽施用氮肥比較植株間之溫濕度與病害進展，在每公頃 240 公斤之氮肥區比不施氮肥區其稻株每株之分蘗數前者為 7，後者為 3，溫度前者為 29°C，後者為 30°C，其相對濕度前者為 100，後者為 96，其病斑長度前者為 5.4 公分，後者為 3.3 公分。

八、肥料與發病

水稻紋枯病之發病莖率隨氮肥施用量增加，其發病率亦隨之增加⁽²¹⁾，當水稻種在不同的氮肥時，然後接種不同病原性的菌絲，其初期病斑的大小係決定於菌絲的病原性，但次級以上的病斑係決定於菌絲從寄主獲得之氮量而定，氮肥多的植株病斑較大⁽¹⁷⁾。但 Yu^(22, 54)利用土壤施用氮肥，然後接種菌核於葉片上，結果發現在施氮肥與不施氮肥的稻株上產生的病斑長度並沒有明顯的差別，雖然在施氮肥的葉片上含氮量為 3.36%，而不施氮肥的葉片其含氮量僅 2.11% (表 2)。利用葉面施肥時也證明含氮量多的葉片與含氮量少的葉片，其病斑長度沒有明顯的差別，可見施用氮肥並不能直接增加病勢的進展。而影響病勢的進展最大的因子是稻株間的相對濕度，施用氮肥可增加分蘗數，分蘗數多則稻株間之相對濕度較高，適合病勢的進展 (表 3)。

表 2 土壤施用氮肥(硫酸銨)對水稻紋枯病進展的影響(游等, 1976)⁽²²⁾

Table 2. Effects of soil application of nitrogen fertilizer in the form of ammonium sulphate on the development of sheath blight disease of rice

氮肥施用量 Nitrogen applied (kg/ha)	葉片色澤 ¹⁾ Leaf color	葉片含氮量 Nitrogen content in leaf blade (%)	平均分蘗數 Average tillers (No./plant)	接種株數 No. plants inoculated	發病株數 No. plants infected	平均病斑 長 度 Mean lesion length (cm)
240	Deep green	3.36	8	18	18	3.5a ²⁾
0	Yellowish green	2.11	3	18	18	3.7a

¹⁾ 色澤係依 Kornerup 之 Methuen handbook of colour.

Colors are based on Kornerup's Methuen handbook of colour.

²⁾ 英文字母相同者表示在5%顯著水準時差異不顯著。

Means followed by the same letter are not significantly different at the 5% level.

表 3 氮量對相對濕度及溫度之影響與水稻紋枯病發病的關係
(游等, 1976)⁽²³⁾

Table 3. Effects of nitrogen levels on relative humidity and temperature in relation to sheath blight disease development

氮肥施用量 Nitrogen applied (kg/ha)	平均分蘗數 Average tillers (No./plant)	溫 度 Temperature (°C)	相對濕度 Relative humidity (%)	接種株數 No. plants inoculated	發病株數 No. plants infected	平均病斑 長 度 Average lesion length (cm)
240	7	29	100	30	30	5.4a ¹⁾
0	3	30	96	30	30	3.3b

¹⁾ 英文字母不同者表示在5%顯著水準時差異顯著。

Means followed by the different letters are significantly different at the 5% level.

九、藥 劑

本省自民國47年認為 Tuget 對 水稻紋枯病之防治效果優良，翌年復認為 Asozin 之防治效果亦佳，該兩種藥劑自推廣以來獲得甚優之防治效果，對糧食增產之貢獻頗大⁽²⁵⁾。此後，Neo Asozin, Mon San, Urbazid 等亦對紋枯病表現良好的防治效果^(14, 25, 27, 28, 29)，目前政府推薦使用者有 16.5% Mon E.C.，

6.5% Neo Asozin S., 30% Tachigaren S., 80% Urbazid W.P., 5% Asozin W.P., 8.5% Mongare W.P., 8% Mon San W.P., 80% Tuzet W.P., 50% Ohric W.P., 0.4% Neo Asozin D., 2% Ohric D., 3% Polyoxin S. 及 3% Polyoxin W.P. 等十三種不同的藥劑，並有稻熱病與紋枯病綜合防治的藥劑，如 50% Benlate W.P., 1.9% Tafuzin D., 0.7% Kasumon D., 及 2.4% Tafuzin-P D.,⁽²⁸⁾。以上之推廣藥劑經64年第二期作再篩選的結果對紋枯病防治效果最佳者有 16.5% Mon E.C., 6.5% Neo Asozin S., 8% Mon San W.P., 5% Asozin W.P., 及 50% Benlate W.P.⁽³⁵⁾。

十、品種的反應

水稻在抽穗期以前，上面的葉片及葉鞘比下面的葉片及葉鞘抗病，但抽穗期以後，上面的葉片及葉鞘的感病性隨著植株的成熟而增加，故 5—6 星期的葉片或葉鞘比 2—3 星期的葉片或葉鞘感病⁽¹²⁾。紋枯病的病勢進展可分為向上進展 (Upward development)，主要受品種間不同葉位的葉片及葉鞘感病性及稻株株齡的影響，另為水平進展 (Horizontal development)，即增加發病的分蘖莖數，主要受植株間濕度的影響^(12,13)。密植高氮肥可以促進發病，早熟品種較晚熟品種感病^(13,15,53)。

水稻對紋枯病抵抗性的檢定方法有苗箱接種法、苗圃接種法、田間接種法、劍葉接種法及葉鞘接種法，但同一品種利用不同的方法檢定時其結果並不時常一致，有些品種在幼苗期及成熟期均呈抵抗性或感病性，有些品種在幼苗期為感病性，但成熟期為抵抗性，然而大多數的品種在幼苗期為抵抗性，但成熟期為感病性⁽³³⁾。過去，吉村等⁽³⁾也曾利用田間接種、苗期接種、不同生長期接種、植鉢接種及葉鞘接種，結果以田間接種發病比較一致。苗期接種時供試品種之被害莖沒有差別。最近 Amin⁽³⁹⁾利用 Stem-tape-inoculation (S T I) 檢定水稻對紋枯病之抵抗性，將生長於 P S A 或稻稈之接種源接種於六星期左右稻株的葉鞘，並以膠帶蓋住，然後將被接種的稻株置於濕室內，或以噴水器噴水，供給濕度，則發病甚為理想。

稻米研究所⁽⁴³⁾利用紋枯病旱田病圃檢定 470 個品種，其中有 29% 的品種為抵抗性 (發病率 30% 以下)，65% 為中等抵抗性，其餘為感病性，抵抗性品種不但被害葉鞘較少，而且在稻株上形成的菌核也較感病品種為少。有些供試品種在幼苗期及成熟期均為抵抗性或感病性，有些在成熟期為抵抗性，但在幼苗期為感病性。有的品種在幼苗期抵抗，但在成熟期為感病性。抵抗性品種稻叢間的相互感染較感病性品種慢⁽⁴³⁾。通常抵抗性品種可以抵抗多數不同致病力的菌株，而感病品種對大多數不同的菌株也呈感病性⁽⁴⁴⁾。水稻品種對紋枯病的反應過去在本省各試驗場所均有報告^(16,24,26,30,31)，其中有不少的抵抗性品種。例如高雄改良場從民國五十一年第二期作開始到五十四年第一期作共檢定將近 3,000 品種，

找到了被害率在 30% 以下之抗病品種⁽¹⁵⁾，其中具有代表性的如 CO 17 (被害率 1.8)，Dinominga (被害率 4.7)，Baok (被害率 15.8)，Kete Kala (被害率 17.9)，Chin-kou-tsan (被害率 18.5)，Puang Nahk 16 (被害率 19.9)，R.T.S 31 (被害率 20.2)，Toma 112 (被害率 21.4)，Zenith (被害率 27.8) 及 Kaohsiung 21 (被害率 27.3)⁽⁵³⁾。目前國際水稻紋枯病病圃在亞洲九個國家十一個地區設立，每年均檢定由國際稻米研究所負責分配之品種品系，病圃設立的目的一方面可以找出抗病的品種，一方面可以明瞭同一品種在不同地區的反應及病原菌的變異。經三年檢定的結果，在 124 個品種品系中表現抗病的品種有 Bahagia, IR 1544-340-6, IR 3273-67P, K8 (Mutant Sel) Pankaj, Laka 及 Ta-poo-cho-z⁽⁴⁵⁾。

十一、對產量的影響

水稻受紋枯病為害而引起之產量損失，因品種及栽培環境而異。若以金南風為供試品種時，當被害率在 10~15% 以下時受害輕微，在 15% 以上時，其減收率與被害度成比例增加，成熟期之被害度與減收率之關係為 $y = 0.25x + 0.35$ (x 為成熟期之被害度)⁽²⁰⁾。又據岩田和夫⁽⁹⁾報告，當發病率在 10% 時其減收率為 1.7~3.1%，發病率在 20% 時，其減收率為 3.3~6.1%，發病率為 50% 時，其減收率為 8.3~15.4%，發病率在 80% 時，其減收率為 13.3~24.6%。

吉村⁽⁴⁾曾報告發病程度與千粒重之關係 (表 4)，其發病程度分為 0、I、II、III、IV 等 5 級，0 為健全莖，I 為第四葉片 (由上向下算) 受害之莖，II 為

表 4 發病程度與千粒重之關係 (吉村彰治, 1955)⁽⁴⁾

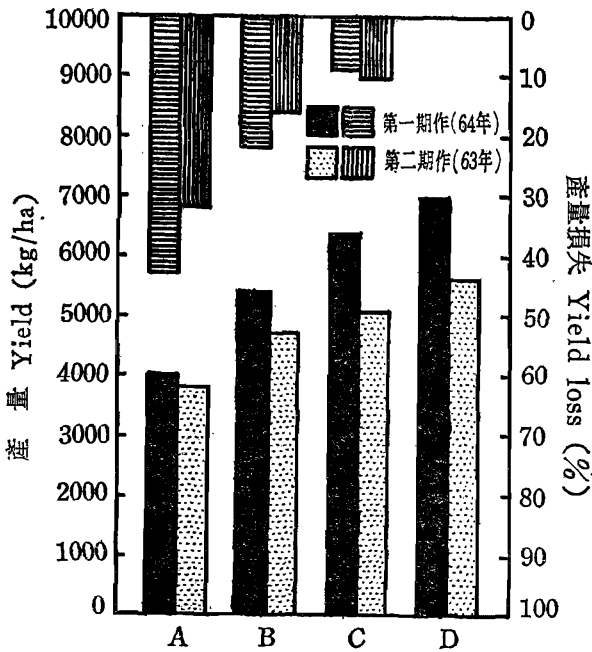
Table 4. Degree of disease severity in relation to 1000 grain weights

發病程度 Degree of disease severity	千 粒 重 1000 grain weight					平均 Average	損失率 Loss (%)	估計值 Estimate value	比 率 Ratio
	1	2	3	4	5				
IV	33.27	24.58	21.35	22.97	22.88	22.81	14.15	14	3.5
III	24.67	25.02	24.65	23.71	24.04	24.42	8.13	8	2.0
II	25.89	25.97	25.55	24.96	25.39	25.55	3.80	4	1.0
I	25.61	25.97	25.32	25.16	25.90	25.59	3.65	4	1.0
0	27.06	26.40	27.33	25.51	26.54	26.57	0	0	0

第三、四葉片受害之莖，III 為第二、三、四葉片受害之莖，IV 為劍葉、第二、三、四葉片受害之莖，發病程度為 IV 級時，其損失約為 14%，III 為 8%，II 及 I 約為 4%，所以 IV 約為 I 及 II 的 3.5 倍，III 為 I 及 II 的 2 倍。

蔡⁽³⁴⁾利用病斑在水稻植株的高度來估計產量損失。水稻品種臺南 5 號及臺

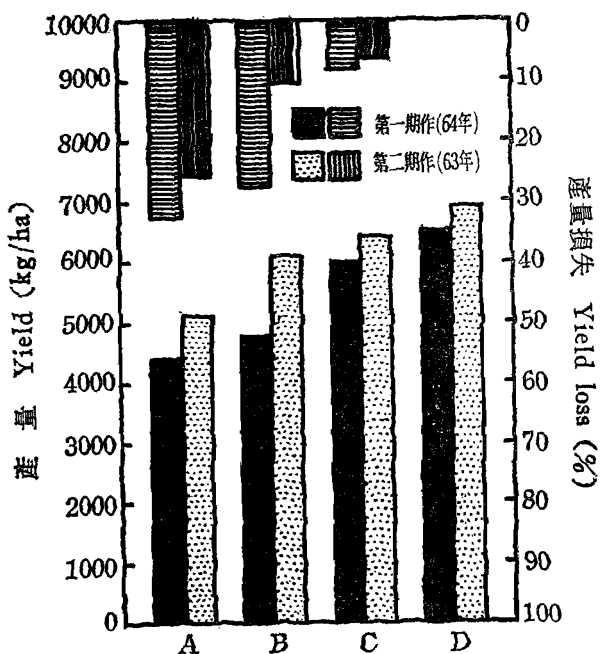
中在來 1 號在水稻孕穗期時即以培養之稻葉培養基接種於稻株的基部，每株三稻葉，其發病程度分爲 A、B、C 及 D 四級，A 爲接種後不施藥，使病斑達到劍葉（或葉鞘），B 爲接種後使病斑達第四葉鞘或葉片（由下向上算）即施用殺菌劑，抑制其進展。C 爲接種後病斑達第二葉鞘或葉片時即施用殺菌劑。D 爲對照區，不接種且施用殺菌劑。結果臺南 5 號在 A、B、C 及 D 不同發病程度下，第一期作其產量每公頃各爲 4003.0，5466.7，6433.3 及 7033.3 公斤，其損失率各爲 43.0，22.3，9.0 及 0%，第二期作其產量每公頃各爲 3866.7，4746.7，5093.3 及 5680.0 公斤，而其產量損失各爲 31.9，16.3，10.1 及 0%（圖一）。



A: 不施藥。 B: 病斑達第四葉鞘時施藥。
 C: 病斑達第二葉鞘施藥。 D: 不接種，且施藥（對照）。
 圖一、水稻臺南5號之產量損失與發病程度之關係。

Fig. 1. The rice yield and yield loss in relation to disease severity on Tainan 5

臺中在來 1 號在 A、B、C 及 D 不同發病程度下，第一期作其產量每公頃各爲 4400.0，4800.0，6033.3 及 6566.7 公斤，而其產量損失各爲 32.9，27.5，8.5 及 0%，第二期作其產量每公頃各爲 5111.1，6153.8，6478.6 及 6931.6 公斤，而其產量損失各爲 26.2，11.3，6.6 及 0%（圖二）。



A: 不施藥。 B: 病斑達第四葉鞘時施藥。
C: 病斑達第二葉鞘時施藥。 D: 不接種，且施藥（對照）。

圖二、水稻臺中在來1號之產量及產量損失與發病程度之關係。

Fig. 2. The rice yield and yield loss in relation to disease severity on Taichung Native 1

臺南5號及臺中在來1號的產量損失均以第一期作高於第二期作。接種後不施藥使病斑達到劍葉（或葉鞘）時，臺南5號第一期作之損失高達43.0%，第二期作亦達31.9%，而臺中在來1號在第一期作之損失達32.9%，第二期作達26.2%，但病斑達第二葉片時，臺南5號在第一期作僅損失9.0%，第二期作僅10.1%，而臺中在來1號在第一期作之損失僅8.5%，第二期作僅6.6%。

臺南5號之產量與被害度之相關關係，第一期作 y (產量) = $6984.54 - 33.46x$ (被害度)，第二期作 $y = 5751.93 - 21.28x$ 。臺中在來1號之產量與被害度之關係，第一期作 $y = 7001.33 - 25.39x$ ，第二期作 $y = 7030.18 - 19.38x$ 。

在水稻不同生育時期，最高分蘗期、孕穗期及抽穗期接種紋枯病時，其產量、產量損失及被害度以民國64年第一期作為例(表5)，水稻臺南5號最高分蘗期及孕穗期接種時，其損失最大，分別為45.1%及44.1%，抽穗期接種時其損失為7.2%。臺中在來1號在第一期作最高分蘗期及孕穗期接種時其損失各為30.2%及31.2%，抽穗期接種時為16.5%。

表5 水稻不同生育期接種紋枯病對產量的影響（嘉義農業試驗分所臺斗坑農場，民國六十四年第一期作）。

Table 5. Effects of sheath blight on yield of rice inoculated at different growth stages (Tai-tou-kan experimental field, Chiayi AES, 1st crop of 1975)

處理 Treatment	品 種 Tainan 5			種 Variety 臺中在來1號 Taichung Native 1		
	產 量	損 失	被害度	產 量	損 失	被害度
	Yield (kg/ha)	Loss (%)	Degree of severity (%)	Yield (kg/ha)	Loss (%)	Degree of severity (%)
最高分蘗期接種 Inoculated at maximum tillering stage	3566.7a ¹⁾	45.1a	86.6a	4766.7a	30.2a	85.3a
孕穗期接種 Inoculated at booting stage	3633.3a	44.1a	90.2a	4700.0a	31.2a	89.0a
抽穗期接種 Inoculated at heading stage	6033.3b	7.2b	57.3b	5700.0b	16.5b	50.1b
對 照 Control	6500.0b	0b	12.8c	6833.3c	0c	10.9c

1) 英文字母相同者表示在5%顯著水準時差異不顯著。

Means followed by the same letter are not significantly different at the 5% level.

參 考 文 獻

1. 山口富夫、岩田和夫、倉本孟 1971。稻紋枯病的發生予察に關する研究第1報 越冬菌核と發生との關係 北陸農業試驗場報告第13號 p.15—34。
2. 中次雅典、加藤喜重郎 1959。稻紋枯病的擔孢菌の傳染について 日本植物病理學會關西部會報告第2號 p.35—37。
3. 吉村彰治、西澤正帶 1954。陸稻紋枯病に對す抵抗力品種檢定方法に關する研究 九州農業試驗場報告第2卷第4號 p.361—378。
4. 吉村彰治 1955。稻紋枯病と被害について 九州農試彙報 3(1): 143—154。
5. 羽柴輝良、山口富夫 1971。稻紋枯病菌核の發芽に及ぼす溫度の影響 北陸病蟲害研究會報第19號 p.6—10。
6. 羽柴輝良、山口富夫、茂木靜夫 1972。イネ紋枯病菌核の生理、生態に關する研究 I. 菌核の水中浮沉について 日植病報 38(5): 414—425。
7. 李新傳 1971。水稻紋枯病病株對水稻病原力之研究 高雄區農業改良場編印 民國60年6月 油印本。

8. 邱人璋 1971。稻作病害 中國農村復興聯合委員會刊印 371p。
9. 岩田和夫 1975。紋枯病の要防除水準 今月の農業 19(7): 18—22。
10. 高坂淖爾、孫工彌壽雄、柚木利文 1957。稻紋枯病に關する研究第 2報初發生に關する實驗的考察 中國農業試驗場報告 3(2): 407—421。
11. 高坂淖爾、福代和子 1957。稻紋枯病に關する研究 第 3報 病斑の新舊と病原力との關係よのみた第二次發生機構について 中國農業試驗場報告 3(2): 421—427。
12. 高坂淖爾、柚木利文、孫工彌壽雄 1960。稻紋枯病に關する研究第 4報葉身、葉鞘の感受性の經時變化と上位進展との關係 中國農業試驗場報告 4(2): 283—293。
13. 高坂淖爾 1961。稻紋枯病に關する研究 中國農業研究第20號 133p。
14. 高雄區農業改良場 1965 53年度第 2期水稻紋枯病藥劑防治試驗 53年度植物保護試驗報告 p.40—42。
15. 高雄區農業改良場 1965。水稻品種抗紋枯病之研究 臺灣省高雄區農業改良場編印 民國54年10月 92p。
16. 高雄區農業改良場 1966。水稻品種對紋枯病反應檢定試驗55年度植物保護試驗報告。
17. 孫工彌壽雄、高坂淖爾 1965。イネ紋枯病菌の病原力ないがに營養生理に關する研究特に營養條件が病原力に及ぼす影響について 中國農業試驗場報告第 11號 p.77—111。
18. 野中福次、加來久敏 1973。イネ菌核病菌の解剖學的所見 佐大農集 34: 35—40。
19. 深津景榮、柿山奇正、平山成一 1960。稻紋枯病の擔孢子による二次傳染に關する研究 高知農試彙報 2: 26—32。
20. 堀眞雄 1967。稻紋枯病の被害子察と防治法 農業及園藝 42(9): 1389—1392。
21. 陳其昌、簡錦忠、黃添福 1961。稻菌核性病害之研究 第 1報施肥品種對於菌核性病害之關係 農業研究 10(2): 40—46。
22. 游俊明、林克治、歐世璜 1976。營養及微氣候因子對水稻紋枯病病勢發展之影響 植物保護學會會刊 18(3): 261—267。
23. 經濟部植物保護技術審議委員會 1976。六十五年度植物保護手冊 臺灣省政府農林廳編印 140p。
24. 臺灣省農業試驗所 1963。水稻品種抗紋枯病反應檢定試驗 51年度植物保護試驗報告摘要 p.1。
25. 臺灣省農業試驗所、臺北區農業改良場羅東分場、臺中、臺南、高雄區農業改良場 1963。稻紋枯病藥劑防治試驗 51年度植物保護試驗報告摘要 p.3—5。
26. 臺中區農業改良場 1964。水稻品種對紋枯病反應檢定試驗 52年度植物保護試驗報告 p.4—9。
27. 臺中區農業改良場 1965。稻紋枯病藥劑防治試驗 53年度植物保護試驗報告 p.39—40。
28. 臺中區農業改良場 1966。稻紋枯病藥劑防治委試試驗 54年度植物保護試驗簡報 p.69—71。
29. 臺北區農業改良場羅東分場 1965。53年二期水稻紋枯病藥劑防治試驗(委託試驗) 53年度植物保護試驗報告 p.35—39。
30. 臺北區農業改良場 1966。水稻品種對紋枯病反應檢定試驗 55年度植物保護試驗報告

- p.88—94。
31. 嘉義農業試驗分所 1965。53年度第 2期水稻品種對紋枯病反應檢定試驗 53年度植物保護試驗報告 p.14—23。
 32. 蔡武雄 1973。水稻紋枯病菌病原性之研究 臺灣省農業試驗所 62年年報 p.134。
 33. 蔡武雄 1975。水稻品種系對紋枯病抵抗力不同檢定方法之比較 臺灣省農業試驗所研究彙報第32號 p.22—28。
 34. 蔡武雄 1975。水稻紋枯病不同發病程度與產量及產量損失關係之研究 植物保護學會會刊 17(4) : 410—417。
 35. 蔡武雄 1976。水稻紋枯病藥劑防治比較試驗 臺灣省農業試驗所64年年報 p.116。
 36. 蔡武雄 1976。紋枯病對水稻產量損失估計 植物保護學會會刊 18(2) : 106—119。
 37. 簡錦忠、鐘順昌、朱啓魯 1963。稻紋枯病菌核脫落之數量及其發芽試驗 農業研究 12(2) : 7—12。
 38. 簡錦忠、洪雲卿、劉鈺寧 1969。稻紋枯病病原菌菌核之病原性 農業研究 18(4) : 19—23。
 39. Amin, K. S. 1975. An improved method for evaluating rice sheath blight. *Phytopathology* 65:213-215.
 40. Hashiba, T. and S. Mogi 1975. Development changes in sclerotia of the rice sheath blight fungus. *Phytopathology* 65:159-162.
 41. Ikata, S. and T. Hitomi 1930. On the mode of primary infection through sclerotia and field observation on the basidiospore formation in the earlier stage of monko-disease (*Hypochmus sasakii shirai*) of rice plants, *J. Pl. Prot. Tokyo* 17:17-28 (In Japanese) *Rev. Appl. Mycol.* 10:55.
 42. International Rice Research Institute 1972. Annual report for 1971. IRRI, Los Baños, Laguna, Philippines.
 43. International Rice Research Institute 1973. Annual report for 1972. IRRI, Los Baños, Laguna, Philippines.
 44. International Rice Research Institute 1974. Annual report for 1973. IRRI, Los Baños, Laguna, Philippines.
 45. Internatioonal Rice Research Institute 1976. Final report of the thrid international rice sheath blight nursery. IRRI, P.O. Box 933, Manla, Philippines. 14p.
 46. Kozaka, T. 1970. *Pellicularia* sheath blight of rice plants and its control. *Jap. Agric Res. Q.* 5(1):12-16.
 47. Ou, S. H. 1972. *Rice Diseases*. Commonw. Mycol. Inst. Kew, Surrey, England 368p.
 48. Santos, L. G. 1970. Studies on the morphology, physiology and pathogenicity of *Corticium sasakii* (shirai) Matsumoto with special reference on the effects of nitrogen and carbon sources. M. S. thesis, Univ. Phil. Coll. Agr. 77p.
 49. Saksena, H. K. 1973. Banden blight disease of paddy in North India. Paper presented in the International Rice Research Conference, IRRI, Los Baños, Laguna, Philippines, April 23—27, 1973.
 50. Tsai W. H. 1973. Variation in cultural characteristics and pathogenicity of

- single basidiospore isolates of *Thanatephorus cucumeris* (Frank) Donk causing sheath blight of rice. M. S. thesis, Univ. Phil. Coll. Agr. 79p.
51. Tu, J. C. 1968. Physiological specialization of strains of *Pellicularia sasakii* isolated from rice plants. Plant Disease Reprtr. 52(4):323-326.
52. Valdez, R. B. 1955. Sheath spot of rice. Philippine Agr. 39:317-336.
53. Wu, Y. L. 1971. Varietal differences in sheath blight resistance of rice obtained in southern Taiwan. Sabrao Newsletter 3(1):1-5.
54. Yu, C. M. 1975. Effect of nutritional and microclimatic conditions on the development of sheath blight disease of rice. M. S. thesis, Univ. Phil. Coll. Agr. 48p.

Epidemiology of rice sheath blight and its effect on rice production

Wu-hsiung Tsai and Chung-ming Yu

Chiayi Agricultural Experiment Station
Chiayi, Taiwan 600 and Hsinchu District
Agricultural Improvement Station, Hsinchu, Taiwan 300

Summary

This paper reviews the epidemiology of rice sheath blight, dealing with inoculum, environment and host factors affecting disease severity and level of disease incidence. Generally, the inoculum of rice sheath blight consists of sclerotia, hyphae and basidiospores. The environmental factors include temperature, moisture, nutrition, pH, fertilizer and chemicals. And the host refers to the varietal reaction of rice to sheath blight.

Sclerotia are the most important sources of inocula. In a paddy field with a disease severity at 28.5% approximately two millions of sclerotia per hectare are estimated to be dropped on the soil surface. The sclerotia serve as primary inocula in the succeeding crop season. Sources of irrigation water may affect sclerotial germination. Different carbon and nitrogen sources also affect the number, size and color as well as the virulence of sclerotia. The temperature range for sclerotial germination is 16-32°C, with an optimum at 28-30°C. The relative humidity for germination is 95-96%.

Mycelia cause secondary infection after the primary infection by sclerotia. The nitrogen and carbon sources and their content on media affect the growth and virulence of mycelia.

Basidiospores can also be an inoculum for rice sheath blight, however, it is not as important as sclerotia or mycelia.

Microclimatic conditions within the rice plants, especially relative humidity, are more important as a factor than macroclimatic for the development of sheath blight disease.

Some commercial fungicides, such as 6.5% Mon E. C., 16.5% Neo Asozin S., 8% Mon San W. P., 5% Asozin W. P. and 50% Benlate W. P. have been shown effective in the control of sheath blight disease.

The following rice varieties: namely, CO 17, Dinominga. Baok, Keta Kala, Chin-kou-tsan, Puang Nahk 16, R.T.S. 31, Toma 112, Zenith, Kaohsiung 21, Bahagia, IR 1544-340-6, IR 3273-67 P, K8, Pankaj, Laka and Ta-poo-cho-z, have been found moderately resistant to sheath blight.

The rice yield losses caused by sheath blight vary with rice varieties and cultivation conditions. Yield losses on Tainan 5 and Taichung Native 1 due to sheath blight have been studied in the field by manipulating disease severity into four classes. Class A was the plot without chemical treatment after inoculation, allowing the disease to develop up to the flag leaf. Class B was the plot with chemical treatment started when the disease developed to the fourth (from the base) leaf. Class C was the plot with chemical treatment started when the disease developed to the second leaf. Class D was the uninoculated plot further protected with chemicals. The yield losses of Tainan 5 under disease severities A, B, C and D were 43.0, 22.3, 9.0 and 0% during the first crop and 31.9, 16.3, 10.1 and 0% during the second crop seasons, respectively. While yield losses on Taichung Native 1 for the four disease severity classes were 32.9, 27.5, 8.5 and 0% during the first crop, and 26.2, 11.3, 6.6 and 0% during the second crop, respectively. When Tainan 5 and Taichung Native 1 were inoculated with sheath blight at different growth stages, highest yield losses were obtained with inoculation at maximum tillering and booting stages.

邱人璋主編

水稻病蟲害：生態學與流行學

農復會1978年12月刊行 p. 263—285。

Rhizoctonia solani Kühn 之菌絲融合羣 及其對水稻之病原性

杜金池 張義璋¹

目 錄

- 一、前言
- 二、*Rhizoctonia solani* Kühn 之種內歸類
- 三、臺灣 *Rhizoctonia solani* Kühn 之菌絲融合羣
- 四、菌絲融合羣之諸性狀比較
- 五、各菌絲融合羣之寄主植物及對水稻之病原性
- 六、結語
- 七、參考文獻
- 八、英文摘要

一、前 言

Rhizoctonia solani 自 1858 年經 Kühn⁽⁴⁵⁾記載為馬鈴薯黑痣病原菌以來，一直是植物病理學上之重要病原菌。*R. solani* 因隸屬無孢子菌科 (Mycelia sterilia)，而設種之原記載又極簡單，致類似菌或近緣菌間之區別甚為困難。晚近 Parmeter and Whitney⁽⁵⁷⁾重新整理 *R. solani* 之分類特徵，認為應具備(1)營養菌絲細胞多核，(2)菌絲隔板為擔子菌特有之 Dolipore septum，(3)菌絲分枝經常發生在先端細胞之隔板附近，(4)分枝菌絲基部有縮縮並距主軸不遠處有隔板及(5)菌叢呈現褐色等基本主要特徵，而且擔子器世代也必須是 *Thanatephorus cucumeris* (Frank) Donk 才能認定。目前 *R. solani* 可說是集合種 (Collective species)，包含許多同種異名，水稻紋枯病原菌亦包括在內^(57, 66)。

雖然 *R. solani* 經過 Parmeter and Whitney⁽⁵⁷⁾重新釐定分類特徵，但俱備上述特徵而病理性狀、生理、形態及生態特性互異之菌株却仍然為數極多。因此，許多學者曾試圖自培養特性、生理及病理上之基礎，將本種分羣^(23, 36, 43, 49)。但這些性狀在不同菌羣間並無明顯的界限而有重疊現象，故甚難客觀而正確地運用。應用菌株間菌絲融合 (Hyphal fusion) 現象進行 *R. solani* 種內歸類之嗜

1 台灣省農業試驗所植物病理系主任、技士

試，早於 1936 年 Schultz⁽⁶³⁾就着手進行，但利用此法之重要性與價值，則遲至 1969 年 Parmeter, et al.⁽⁶⁶⁾進行較深入而澈底的探討後才被確定。

水稻紋枯病原菌因無性世代之菌體諸如菌核之形態等與其他之 *R. solani* 不同^(2,13,31)，Tu and Kimbrough⁽⁶⁷⁾又指出菌核構造、菌絲及菌核細胞化學反應也與其他 *R. solani* 不同，故均認為水稻紋枯病原菌應非 *R. solani*。在日本關於水稻紋枯病原菌之分類歸屬問題亦仍然爭論不休而尚未獲最後結論⁽⁵³⁾。因目前許多學者^(4,5,6,19,23,27,57,66)均同意視水稻紋枯病原菌為 *R. solani*，使 *R. solani* 種內菌株間之特性趨複雜，種內歸類之需要亦更迫切。依目前廣被採用之菌絲融合羣歸類法，凡採自田間產生典型紋枯病斑之菌株大都歸在同一菌絲融合羣^(4,16)。惟依吾人之田間經驗也不難自稻田檢得不產生典型病徵之病株，而分離所獲病原菌則仍然具備 *R. solani* 之一切特徵與要件。因此，認識 *R. solani* 各菌絲融合之歸類現況及各羣對水稻之病原性及病徵型之變化，將有助於瞭解水稻紋枯病之發生原因及擬定防治方法。

二、*Rhizoctonia solani* Kühn 之種內歸類

R. solani 菌株間之形態及生理性狀之差異甚大，故往往被記載為不同種⁽⁶⁾。Exner⁽³⁶⁾曾認為是不同的分化型，而將 *R. solani* 分為 *Pellicularia filamentosa* (Pat) Rogers f. sp. *solani* (Kühn) Exner, f. sp. *microscleerotia* (Matz) Exner, f. sp. *sasakii* (Shirai) Exner 及 f. sp. *timsii* Exner 等。

R. solani 菌株間之寄生範圍，侵染程度及侵染方式等均互有不同。LeClerf⁽⁴⁷⁾曾比較為害甜菜與害馬鈴薯菌株間之異同。Sanford⁽⁶²⁾更指出為害馬鈴薯之菌株間也互不相同。Person⁽⁶⁸⁾依據 *R. solani* 各菌株對大豆之病原性而分成 4 羣。小野、中里⁽¹⁾調查比較水稻紋枯病原菌與雜草上類似紋枯病原菌之異同，而分成水稻菌系，陌上管菌系及百茅菌系等。赤井等⁽¹⁴⁾報導 *P. filamentosa* f. sp. *sasakii* 與 f. sp. *solani* 對胡瓜之病原性並無差異。Baker and Walker⁽³²⁾則報導分離自大豆及馬鈴薯之菌株間生理性質及病原性均確有不同。新留⁽²⁹⁾自甜菜分離得 100 菌株後互相比較結果，認為除病原性外其他性狀均無不同。宇井等⁽⁹⁾報導自亞麻田分離之菌株可依培養性質及病原性分成 2 系統。松岡⁽²²⁾認為蘭草紋枯病菌與 *Corticium solani* 不同。野中⁽²⁵⁾比較蘭草紋枯病菌與 *C. praticola*, *C. sasakii*, *P. filamentosa* 等三種真菌後，認為 4 者之間之共同點甚多。Shatla⁽⁶⁴⁾將分離自棉花之菌株分成 3 生理小種。野中、田中⁽²⁶⁾依 *R. solani* 各菌株對水稻之病原性分成 A、A' 及 C-D 等不同菌型。Dodman 氏^(33,34)更指出 *R. solani* 侵入寄主植物之方式有 2 種，有些形成 Dome-shaped infection cushion，而有些則產生 Lobate appressoria (finger like)。

明日山、山中⁽³⁰⁾及長井等⁽³¹⁾廣泛地比較許多不同寄主植物之菌株後，認為

C. vagum 至少有 3 系統。Flentje and Saksena⁽⁸⁹⁾以 *P. filamentosa* 菌株測定對 5 科不同植物之病原性後認為菌株間有寄生性分化現象。伊藤、紺谷⁽¹²⁾認為豆科樹木之蜘蛛巢病菌與 *C. sasakii* 及 *C. vagum* 不同。因此，*C. vagum* 遂被分成蜘蛛巢病型、紋枯病型及立枯病型等三型⁽¹³⁾。Exner 氏⁽³⁶⁾比較 *C. solani*, *C. microsclerotia*, *C. sasakii* 及其他尚未定名之 *Corticium* 菌株後，認為均應歸為 *P. filamentosa* (Pat.) Rogers, 然而因在寄主植物上所表現之病徵型各有不同分為 4 種分化型：f. sp. *solani*, f. sp. *microsclerotia*, f. sp. *sasakii* 及 f. sp. *timsii* 等。高橋、松浦^(22,24)經研究 *R. solani* 之病原性及培養性狀後，認為除了 Exner⁽³⁶⁾所定之 4 種分化型外，尚有 f. sp. *betae* Takahashi & Matsuura 及 f. sp. *compacta* Takahashi & Matsuura 等兩分化型。

渡邊、松田⁽²⁸⁾依據菌株間之培養型、病原性及生態特性，將 *R. solani* 分成 7 系：水稻紋枯病系、樹木苗蜘蛛巢病系、十字花科植物低溫發病系、苗立枯病系、蘭草紋枯病系、馬鈴薯低溫發病系及甜菜根腐病系等。大多數之報告均認為菌株間之病原性與培養性狀間有密切的關係，但 Kunevich⁽⁴⁶⁾却認為病原性與形態特徵並無連關性。

試圖將 *R. solani* 菌株依生理及形態特徵歸類之研究報告亦甚多。其依據之標準不外為：菌絲體之直徑、菌核之有無及大小、菌絲束之產生與否、菌叢外觀、生長速度、生長溫度、細胞核數、土壤中腐生性及殘存能力等^(1,3,7,8,10,11,13,23,24,27,36,38,43,49,61)。雖然存在於自然界各菌株之形態、生理及病原性等性狀大都有固定特性，但分離後在培養期間難免有自然或人為的變異發生^(35,44,48,69)。兼以自然界之 *R. solani* 菌株為異核體 (Heterokaryon)⁽⁴⁰⁾，而同一菌株之單擔孢子後代間無論形態、培養性狀、抗藥性、病原性及腐生生存能力等均有差異^(18,36,37,40,42,52,54,55,68,69,71,72)。因此，欲以上列各性狀進行種內歸類，實在甚為困難。

除了上述歸類方法外，利用菌株間菌絲是否融合 (Anastomosis) 而將 *R. solani* 歸類之企圖，早有學者嘗試。Matsumoto⁽⁵⁰⁾最早利用此法區別 *Hypochnus sasakii* 與一般的 *R. solani*。中田、河村⁽²⁾認為 *H. sasakii* 與 *C. vagum* 之有性世代形態並無區別，但不行菌絲融合，故推測可能為不同菌羣或不同種。伊藤、紺谷⁽¹²⁾報導為害豆科植物樹木之蜘蛛巢病原菌與 *C. sasakii* 能菌絲融合，故認為兩者相近似。Tu, et al.⁽⁷⁰⁾以不同種或同種不同來源之菌株配對進行菌絲融合觀察，認為異種之間絕無菌絲融合情形。

Schultz⁽⁶³⁾最早以菌絲融合法將 *R. solani* 分成 5 羣，其中一羣因菌絲細胞為雙核，已被排除⁽⁵⁶⁾。同氏⁽⁶³⁾比較各菌絲融合羣之培養性狀後又分成 4 羣。Schultz⁽⁶³⁾認為各菌絲融合羣應視同變種，將 I 至 IV 羣分別命名為：*R. solani* var. *hortensis* Schultz, *Hypochnus solani* var. *brassicae* Schultz, *H.*

solani var. *typica* Schultz, *R. solani* var. *cichorii endiviae* Thomas 等。其中 I 羣亦相當於 *H. sasakii* 及 *R. microsclerotia*。而 IV 羣則相當於 *C. praticola*。1953 年 Richter and Schneider⁽⁵⁹⁾ 亦依菌絲融合法將 *R. solani* 分成 6 羣 (A-F)。他們亦認為 *R. solani* 菌絲融合羣與培養性狀有相關性，其中 E 羣亦因菌絲細胞係雙核而被排除⁽⁵⁶⁾。Parmeter, et al.⁽⁵⁶⁾ 及 Sherwood⁽⁶⁵⁾ 以 *R. solani* 138 菌株歸類為 4 菌絲融合羣，名為 AG-1, AG-2, AG-3 及 AG-4 等。上述 4 羣與 Schultz⁽⁶³⁾ 之 I、II、III 及 IV 羣相通，亦與 Richter and Schneider⁽⁵⁹⁾ 之 A、D、F 及 C 羣相同。換言之 AG-1 包括過去稱為 *H. sasakii* 及 *C. microsclerotia* 等兩種真菌而 AG-4 則等於過去稱為 *C. praticola* 之各菌株真菌。Sherwood⁽⁶⁵⁾ 認為各菌絲融合羣雖然均有特異培養性狀，但有重疊現象而難據以判斷羣別。生越⁽⁴⁾ 於 1972 年將日本之 *R. solani* 依菌絲融合法分成 6 羣。旋同氏^(5,6) 簡化為 5 羣而其中 AG-2 羣則分成 Type 1 與 Type 2。生越⁽⁶⁾ 之 AG-1 至 AG-4 均相當於上述各氏之相對各羣，而其 AG-5 則推測可能為 Richter and Schneider⁽⁵⁹⁾ 之 B 羣。

依據菌株間是否會菌絲融合而將 *R. solani* 行種內歸類，因方法簡單易行又容易正確判斷，而且羣內各菌株遺傳性狀相近，形態、生理及生態等諸性狀亦較類似，故目前普遍受到各界所支持。Ruppel⁽⁶⁰⁾ 報告為害甜菜根之菌株及為害甜菜葉及地際部塊根之菌株分隸不同菌絲融合羣，前者為 AG-2 而後者為 AG-4。

三、臺灣 *Rhizoctonia solani* 之菌絲融合羣

仿照前人所報告之方法^(51,53,56,70)，凡同菌株之菌絲間會發生完全融合 (Perfect fusion)，而同菌羣之菌株間菌絲會發生不完全 (Imperfect) 或接觸融合 (Contact fusion)。不完全融合會導致融合細胞之死亡。故凡是兩菌株之菌絲間會發生完全或不完全融合者均表示屬於相同的菌絲融合羣。準此，杜、張⁽¹⁶⁾ 將臺灣之 *R. solani* 266 菌株中之 253 菌株歸類為 5 羣 (TRAG-1~TRAG-5)，僅 13 菌株因不與上述 5 羣之任何菌株發生菌絲融合而尚未歸類。杜、張⁽¹⁶⁾ 復以臺灣 *R. solani* 各菌絲融合羣之代表菌株 (表 1) 與分讓自日本生越氏之各菌絲融合羣代表菌株行菌絲融合試驗，發現臺灣 *R. solani* 菌絲融合羣 TRAG-1、TRAG-2、TRAG-3、TRAG-4 及 TRAG-5 依序相當於生越 (1976) 之 AG-1、AG-2、AG-3、AG-4 及 AG-5 (表 2)。生越⁽⁶⁾ 曾將 AG-2 依菌絲融合頻率再分成兩型：Type 1 及 Type 2。融合頻率之決定往往趨於主觀，而且事實上有些菌株對同羣其他菌株之融合頻率均極平均 (表 2)，故依融合頻率再分型之作法是否適當或有必要，尚需檢討。臺灣 *R. solani* 各菌絲融合羣與 Parmeter, et al.⁽⁵⁶⁾ 及其他前人報告各菌羣之比較，列如表 3。準此，吾人可確定 *R. solani* 菌絲融合羣之歸類，無論在歐洲、北美洲、日本或臺灣都是相同的。

表 1. 臺灣 *Rhizoctonia solani* Kühn 各菌絲融合羣代表菌株之來源。

Table 1. Some information on the representative isolates in five anastomosis groups of *Rhizoctonia solani* in Taiwan

菌絲融合羣 Anastomosis group	菌 株 Isolate	分離來源 Source	採集地點 Locality of collection	採集日期 Date of collection	備 註 Remark
TRAG-1	SO 4	土 壤	臺 南	1976,7	
	RI 1	水 稻	屏 東	1975,6	
	RI 2	水 稻	臺 北	1975,10	
	CY 7	水 稻	嘉 義		分讓自農試所嘉義分 所蔡武雄先生
	TC 132	水 稻	宜 蘭	1967,9	分讓自中興大學韓又 新博士
TRAG-2	SO 6	土 壤	臺 北	1976,8	
	SO 7	土 壤	臺 北	1976,12	
	MR 1	闊 草	雲 林	1975,7	
	S 9	馬鈴薯	臺 中	1976,12	
	F 2	亞 麻	南 投	1976,12	
TRAG-3	S 101	馬鈴薯	臺 中	1977,2	
	S 102	馬鈴薯	臺 中	1977,1	
	S 103	馬鈴薯	臺 中	1977,1	
	S 2	馬鈴薯	臺 中		分讓自中興大學陳昇 明博士
	S 3	馬鈴薯	臺 中	1976	分讓自中興大學徐鴻 泉先生
TRAG-4	SO 8	土 壤	高 雄	1976,12	
	F 8	亞 麻	彰 化	1977,2	
	SO 2	土 壤	臺 北	1975,12	
	C 1	菊 花	彰 化	1975,8	分讓自中興大學謝式 梓鈺博士
	J 1	黃 麻	臺 南	1974,8	
TRAG-5	SB 1	大 豆	屏 東	1976,11	
	SO 3	土 壤	臺 中	1976,5	
	SO 5	土 壤	臺 北	1976,9	

臺灣及日本均發現 *R. solani* 有菌絲融合羣第五羣 (臺灣 TRAG-5, 日本 AG-5) 存在, 但北美洲 Parmeter, et al.⁽⁵⁶⁾ 却無發現。此一現象並不足為奇,

表 2. 臺灣 *Rhizoctonia solani* 菌絲融合羣 (TRAG) 與日本生越氏 (1972, 1976) 融合羣 (AG) 之比較
 Table 2. Behaviors of the anastomosis groups TRAG-1~TRAG-5 from Taiwan and AG-1~AG-5 of Ogoshi from Japan

	日本菌羣 Ogoshi		AG-2 Type 1		AG-2 Type 2		AG-3		AG-4		AG-5				
	AG-1 B1- 2-1	B1- 2-2	A-10 No.6 19-18	CC5 19-18	R-21 No.64 2-6	R1- G-112 2-6	P-5	P-9	P-11	B-1- 2-5	F-14 10-30	OH10 13	GM- 722-20	KF 722-20	AL-1
臺灣菌羣 Tu & Ohang															
TRAG-1															
SO-4	++	++		++	-	-									
RI-1	++	++		-	++	++									
RI-2	++	++		-	++	++									
CY-7	++	++		-	++	++									
TC-132	++	++		+	++	+									
TRAG-2															
SO-6				++	-	-									
SO-7				-	++	++									
MR-1				-	++	++									
S-9				-	++	++									
F-2				+	++	+									
TRAG-3															
S-101							++	++	++						
S-102							++	++	++						
S-103							++	++	++						
S-2							++	++	++						
S-3							+	++	++						
TRAG-4										++	++	++	++	++	++
SO-8										++	++	++	++	++	++
F-8										++	++	++	++	++	++
SO-2										++	++	++	++	++	++
C-1										++	++	++	++	++	++
J-1										++	++	++	++	++	++
TRAG-5															
SB-1													++	++	++
SO-3													++	++	++
SO-5													++	++	++

- : 菌絲間未融合。Anastomosis was not observed.
 + : 顯微鏡視野中只可見 1, 2 處菌絲融合。Anastomosis was observed in only 1-2 points in all microscopic fields examined.
 ++ : 菌絲融合之頻率甚高。Anastomosis was observed very frequently.

表 3. 臺灣 *Rhizoctonia solani* Kühn 之菌絲融合羣 (TRAG) 與前人報告者比較。
 Table 3. A comparison of five anastomosis groups of *Rhizoctonia solani* from Taiwan with previously reported ones

杜、張 Tu, Chang (1977)	Schnitz (1936)	Richter & Schneider (1953)	Parmeter et al. (1969)	生 越 Ogoshi (1977)	渡 邊、松 田 Watanabe & Matsuuda (1966)
TRAG-1	I (var. <i>hortensis</i>)	A	AG-1	AG-1	Sasaki type (IA) Web-blight type (IB)
TRAG-2	II (var. <i>brassicae</i>)	D (<i>Urucifer</i> group)	AG-2	AG-2 Type-1 AG-2 Type-2	Winter crop type (IIA) Rush Type (IIB) Root rot type (IIV)
TRAG-3	III (var. <i>typica</i>)	E (potato group)	AG-3	AG-3	Potato type (IV)
TRAG-4	IV (var. <i>cichorii endiviae</i>)	G	AG-4	AG-4	Praticola type (IIIA)
TRAG-5		B*		AG-5	

* 僅係推測，需進一步試驗比較才能確定。

A further test is needed in this case.

因菌羣之分佈確有地理區域性差異⁽⁵⁶⁾，如澳洲及美國加州均未發現 AG-1 菌羣存在。據生越⁽⁶⁾推測菌絲融合羣第 5 羣可能相當於 Richter and Schneider⁽⁵⁹⁾ 所報導之 B 羣，但因尚未進行菌絲融合觀察而不敢肯定。

四、菌絲融合羣間之諸性狀比較

前人研究^(5, 65)均認為各菌絲融合羣都有其獨特之形態、生理及生態特性。生越⁽⁵⁹⁾曾列表比較各羣之諸項性狀(表 4)。茲綜合有關文獻將各羣之主要特徵簡述如下。

第一羣(即 TRAG-1, I (Var. *hortensis*), A 或 AG-1) 之菌絲最適生長溫度為 25~28°C，在此溫度下之生長速度為每 24 小時 30mm 以上⁽⁵⁾。在 22±2°C 下每 5 小時生長速度約為 7.7mm 左右⁽¹⁶⁾。Richter and Schneider⁽⁵⁹⁾認為本羣(A 羣)性好高溫，最高生長溫度為 35~38°C，最適溫度為 25~29°C，20°C 之生長速度為每 24 小時 30mm。Parmeter, et al.⁽⁵⁶⁾報導本羣(AG-1)大多數菌株之最適溫度為 28°C，而且生長快速。本羣菌株所產生之菌核構造緊密^(5, 56, 59, 63)。依據渡邊、松田⁽²⁸⁾本羣應屬於培養型 1A 及 1B，凡病理學上之水稻紋枯病型(Sasaki type)及樹木苗蜘蛛巢病型(Web-blight type)之菌株屬之⁽²⁸⁾。

第二羣(即 TRAG-2, II (Var. *brassicae*).D (Crucifer group) 或 AG-2) 之特徵為較偏好低溫，30°C 生長不良，33°C 不生長，生長最低溫度在 5°C 以下，生長適溫為 23~25°C 之間⁽⁵⁾。在 22±2°C 時每 5 小時生長速度為 3.5mm 左右⁽¹⁶⁾。Schultz⁽⁶³⁾報導本羣(II 羣)最低生長溫度為 1°C 以下，最高溫度為 30~31.6°C。Richter and Schneider⁽⁵⁹⁾報導本羣(D 羣)最低生長溫度為 1.4~5.2°C，最高 31~33°C，最適 21~25°C，對十字花科植物之病原性特強。Parmeter, et al.⁽⁵⁶⁾及渡邊、松田⁽²⁸⁾均認為本羣較偏好低溫。本羣菌株間之菌絲形態及培養特徵變異較大⁽⁵³⁾。凡病理學上之低溫發病型(Winter crop type)，蘭草紋枯病型(Rush type)及根腐病型(Root rot type)之菌株屬之⁽²⁸⁾。

第三羣(TRAG-3, III (Var. *typica*), E (Potato group) 或 AG-3) 之生育溫度與第 2 羣相似⁽⁵⁾，均偏好低溫。在 22±2°C 下每 5 小時生長速度約 3.8mm 左右⁽¹⁶⁾。惟本羣之菌絲直徑比較粗大(表 5)。本羣對馬鈴薯之病原性特強^(5, 16, 56, 59, 65)，故渡邊、松田⁽²⁸⁾稱本羣為馬鈴薯發病型(Potato type)。

第四羣(TRAG-4, IV (Var. *cichorii endiviae*), G 或 AG-4) 較偏好高溫。生越⁽⁵⁾報告本羣(AG-4)之菌絲生長最高溫度可達 35°C 以上，10°C 生長不良，5°C 不生長，最適溫度為 28°C。22±2°C 下每 5 小時生長速度約 4.9mm 左右⁽¹⁶⁾。Richter and Schneider⁽⁵⁹⁾亦報告本羣(C 羣)最高生長溫度為 33~38°C，最低溫度 5.2~10°C。本羣之菌絲較細小^(5, 56)而且每細胞所含菌核數較少^(5, 41)。Parmeter, et al.⁽⁵⁶⁾認為本羣為 *Praticola* type，其有性世代每個擔子器上大多有 3 支擔孢子柄(Sterigma)。過去曾名為 *T. praticola* 而視為單獨種。病

表4. *Rhizoctonia solani* Kühn 菌絲融合羣之諸性狀比較 (Ogoshi, 1975)⁽⁵⁸⁾
 Table 4. Some characters of anastomosis groups of *Rhizoctonia solani* Kühn

菌絲融合羣 Anastomosis group	供試菌絲寬度(μm) Hyphal width			PDA生長最適溫度(°C) Optimum temp. for growth on PDA		最適溫度下菌絲生長速度 Linear growth rate at optimum temp. (mm/24hr)	菌絲細胞內核數 Number of nuclei in hyphal cell.		供試菌株 Test isolate
	最窄 Min.	最寬 Max.	平均 Mean	最適溫度 Optimum temp.	範圍 Range		平均 Mean		
AG-1	12	7.7	9.9	9.0g*	25-28	(23-)30-40	3-8	5.8	RI-86
AG-2 Type-1	15	7.9	10.1	9.2a	(20-)23-25	12-16	3-9	5.3	HV-1
AG-2 Type-2	41	6.9	10.1	8.8a	(23-)25-28	9-25	4-11	7.0	BV-1
AG-3	6	8.4	10.1	9.4a	(20-)23-25	(6-)9-17	4-10	6.6	ST-5
AG-4	12	6.2	9.1	7.8b	25-28(-30)	(9-)25-31	2-6	3.1	GM-4
AG-5	23	6.8	9.7	8.4e	23-28	11-22	4-15	8.3	BV-4

* Duncan 氏多種變域測驗達5%顯著水準。
 Duncan's multiple range test (5% level).

表 5. *Rhizoctonia solani* Kühn 各菌絲融合羣在一定溫度
($22 \pm 2^\circ \text{C}$) 下之生長速度比較 (杜、張, 1977)⁽¹⁷⁾

Table 5. A comparison on the linear growth rate of five anastomosis
groups of *Rhizoctonia solani* Kühn at $22 \pm 2^\circ \text{C}$

菌絲融合羣 Anastomosis group	菌 株 Isolate	菌絲生長速度 Linear growth rate of hyphae (mm/5hr)	平 均 Mean(mm/5hr)
TRAG-1	SO-4	6.1	7.7
	RI-1	7.7	
	RI-2	9.2	
TRAG-2	SO-7	4.9	3.5
	RA-1	2.0	
	MR-1	3.7	
TRAG-3	S-101	5.0	3.8
	S-103	2.6	
TRAG-4	SO-8	5.0	4.9
	F-8	5.3	
	SO-2	4.4	
TRAG-5	SB-1	1.4	1.5
	SO-3	0.4	
	SO-5	2.7	

理學上之苗立枯病型 (Praticola type) 屬之。

第 5 羣 (TRAG-5, AG-5) 之生長溫度範圍較廣泛, 最高溫度 35°C , 最低溫度 5°C , 最適溫度 $23 \sim 28^\circ \text{C}$ ⁽⁵⁾。在 $22 \pm 2^\circ \text{C}$ 每 5 小時之生長速度約 1.5mm ⁽¹⁶⁾, 生長速度比其他各羣緩慢 (表 5)。本羣菌落大都呈黃白色, 菌核表面有白色菌絲。菌絲主軸 $6.8 \sim 9.7 \mu\text{m}$, 平均 $8.5 \mu\text{m}$ 。本羣僅在日本與臺灣發現^(4,16) 而 Schultz⁽⁶³⁾ 及 Parmeter, et al.⁽⁵⁶⁾ 均未發現。Richter and Schneider⁽⁵⁹⁾ 發現的 B 羣, 其菌落有黃色輪紋, 菌絲幅度寬 $7.1 \sim 10.6 \mu\text{m}$, 平均 $7.9 \mu\text{m}$, 生長最高溫度 35°C , 最低溫度 $5.2 \sim 10^\circ \text{C}$, 最適溫度 $25 \sim 28^\circ \text{C}$, 生長速度在適溫下為每 24 小時 $2 \sim 26 \text{mm}$ 。這些生理及形態特徵與本羣 (TRAG-5, AG-5) 頗為相似。Parmeter, et al.⁽⁵⁶⁾ 檢查 Richter and Schneider⁽⁵⁹⁾ 原試驗之菌株 B-3 及 B-8 發現其形態符合 *R. solani* 之要求標準, 故生越⁽⁶⁾ 推測本羣 (TRAG-5, AG-5) 與 Richter and Schneider⁽⁵⁹⁾ 之 B 羣可能相同。惟筆者認為尚需以本羣代表菌株與 Richter and Schneider⁽⁵⁹⁾ 之原試驗菌株行菌絲融合觀察後才能確定。

五、各菌絲融合羣之寄主植物及對水稻之病原性

雖然 *R. solani* 各菌絲融合羣不能依寄主範圍及致病性設定界限，但各菌絲融合羣却均明顯地有其獨特的趨勢⁽⁶⁶⁾。茲將 Parmeter, et al.⁽⁶⁶⁾，生越⁽⁴⁾及杜、張⁽¹⁶⁾進行菌絲融合試驗供試菌絲之分離來源列如表 6。臺灣供試菌株又另列科名如表 7 供參考。

第一羣 (TRAG-1) 及第 4 羣 (TRAG-4) 之寄主範圍頗廣泛，為典型的多犯性 (Polyphagous) 病原菌⁽⁶⁶⁾。自田間發生典型紋枯病斑之水稻病株所分離之菌株大都歸類在第 1 羣^(4,16)，故有水稻紋枯病原菌羣之稱。但樹苗蜘蛛巢病型菌株⁽⁶⁾及綠豆葉斑病型菌株⁽¹⁶⁾亦均歸在該羣。因此，該羣有為害寄主植物地上部芽、葉之趨勢。但亦有例外，如本省為害馬鈴薯塊莖之菌株有部份屬於該羣⁽¹⁶⁾。以目前資料⁽¹⁶⁾第 1 羣在本省之寄主植物共有 4 科 7 屬 (表 6 及 7)。第 2 羣 (TRAG-2) 大部份菌株均分離自十字花科植物^(53,56,59)，故 Parmeter et al.⁽⁶⁶⁾認為第 2 羣有趨向對十字花科植物專屬化之可能。事實上第 2 羣寄主範圍並不限於此，在玻多黎各加害豆類之蜘蛛巢病型菌株仍歸第 2 羣⁽⁶⁶⁾。該羣在本省之寄主植物至少有 4 科 5 屬 (表 6 及 7)。第 3 羣 (TRAG-3) 最主要之寄主植物為馬鈴薯，故有馬鈴薯發病型之稱。除 Parmeter et al.⁽⁶⁶⁾曾將分離自菜豆屬 (*Phaseolus*) 植物之菌株歸類在第 3 羣外，生越⁽⁴⁾及杜、張⁽¹⁶⁾均未能自馬鈴薯以外的作物尋獲該羣菌株 (表 6)。第 4 羣 (TRAG-4) 屬於多犯性，寄主植物種類繁多，偏向為害作物之苗期，故有苗立枯病型 (Praticola type) 之稱。在本省為害黃麻幼苗引起腰折病之菌株屬於第 4 羣⁽¹⁶⁾，該菌株於成熟麻株莖部產生有性世代，並由擔孢子侵染黃麻葉片引起葉斑病⁽⁶⁶⁾。該羣在本省之寄主植物至少有 7 科 8 屬以上。第 5 羣 (TRAG-5) 在本省僅採獲 3 菌株，其中 2 菌株分離自土壤，1 菌株分離自大豆⁽¹⁶⁾。在日本生越⁽⁴⁾歸在該羣之菌株亦大半源自土壤分離，但亦可從豆科 (Leguminosae)、茄科 (Solanaceae) 及藜科 (Chenopodiaceae) 等植物分離到該羣菌株。據生越⁽⁴⁾推測，該羣與 Richter and Schneider⁽⁵⁹⁾之 B 羣可能相同，而 B 羣 12 菌株中却有 9 菌株係分離自豆科植物。

綜上所述，*R. solani* 各菌絲融合羣之寄主植物除第 3 羣比較單純以茄科植物 (馬鈴薯) 為主外，其他各羣之寄主植物均甚廣泛。有關各菌絲融合羣在本省之寄主植物種類，尚待有關工作同仁繼續記錄補充。

杜、張⁽¹⁷⁾以 *R. solani* 5 菌絲融合羣 18 代表菌株測定對水稻 (臺南 5 號) 之病原性及病徵型結果，發現除第 2 羣 (TRAG-2) 外，第 1 羣 (TRAG-1)、第 3 羣 (TRAG-3)、第 4 羣 (TRAG-4) 及第 5 羣 (TRAG-5) 對水稻均有不同程度的病原性 (圖 1)。除第 1 羣 (TRAG-1) 供試 3 菌株對水稻均呈現典型紋枯病病徵外，第 4 羣 1 菌株 (SO-2，分離自土壤) 及第 5 羣 1 菌株 (SB-1，分離自大豆) 均能產生較小型類似紋枯病型之斑駁。第 3 羣 1 菌株 (S-101，分離自馬鈴薯) 及第 5 羣 1 菌株 (SO-5，分離自土壤) 會產生小型黃褐色斑塊，外圍有淡黃色暈圈。第 3 羣 2 菌株 (S-102 及 S-103，均分離自馬鈴薯) 及

表 6. *Rhizoctonia solani* Kühn 供菌絲融合試驗菌株之寄主植物 (屬別) 及分離來源。

Table 6. The host plants (genus) of the anastomosis groups of *Rhizoctonia solani* Kühn

菌絲融合羣 Anastomosis group	Parmeteret al. (1969)	生 越 (1976)	杜、張 (1977)
TRAG-1	<i>Brassica</i> 蕓苔屬	<i>Acacia</i> 荊球花屬	<i>Arachis</i> 落花生屬
	<i>Companula</i> 山小菜屬	<i>Beta</i> 蕓菜屬	<i>Glycine</i> 黃大豆屬
	<i>Ficus</i> 無花果屬	<i>Brassica</i> 蕓苔屬	<i>Linum</i> 亞麻屬
	<i>Hydrangea</i> 八仙花屬	<i>Chrysanthemum</i> 菊屬	<i>Oryza</i> 稻屬
	<i>Lepedeza</i> 胡枝子屬	<i>Glycine</i> 黃大豆屬	<i>Phaseolus</i> 菜豆屬
	<i>Oryza</i> 稻屬	<i>Hydrosme</i> 蒟蒻屬	<i>Solanum</i> 茄屬
	<i>Phaseolus</i> 菜豆屬	<i>Hyoscyamus</i> 菲沃斯屬	<i>Sorghum</i> 蜀黍屬
	<i>Pinus</i> 松屬	<i>Ipomaea</i> 牽牛子屬	Soil 土壤
		<i>Oryza</i> 稻屬	
		<i>Phaseolus</i> 菜豆屬	
		<i>Raphanus</i> 萊菔屬	
		<i>Rhynchosia</i> 鹿藿屬	
		<i>Solanum</i> 茄屬	
		<i>Triticum</i> 小麥屬	
	Soil 土壤		
TRAG-2	<i>Beta</i> 蕓菜屬	<i>Beta</i> 蕓菜屬	<i>Capsicum</i> 番椒屬
	<i>Brassica</i> 蕓苔屬	<i>Brassica</i> 蕓苔屬	<i>Linum</i> 亞麻屬
	<i>Lycopersicum</i> 六月柿屬	<i>Conioselinum</i> 芎藭屬	<i>Raphanus</i> 萊菔屬
	<i>Melilotus</i> 草木樨屬	<i>Daucus</i> 胡蘿蔔屬	<i>Scirpus</i> 莞屬
	<i>Phaseolus</i> 菜豆屬	<i>Fragaria</i> 白花蛇莓屬	<i>Solanum</i> 茄屬
	Soil 土壤	<i>Hordeum</i> 大麥屬	Soil 土壤
		<i>Linum</i> 亞麻屬	
		<i>Oryza</i> 稻屬	
		<i>Raphanus</i> 萊菔屬	
		<i>Scirpus</i> 莞屬	
		<i>Sorghum</i> 蜀黍屬	
		<i>Tulipa</i> 山慈姑屬	
	Soil 土壤		
TRAG-3	<i>Phaseolus</i> 菜豆屬	<i>Solanum</i> 茄屬	<i>Solanum</i> 茄屬
	<i>Solanum</i> 茄屬		
	Soil 土壤		

TRAG-4	<i>Anomas</i> 番荔枝屬	<i>Arachis</i> 落花生屬	<i>Allium</i> 青蔥屬
	<i>Beta</i> 萵菜屬	<i>Beta</i> 萵菜屬	<i>Capsicum</i> 番椒屬
	<i>Cedrus</i> 雪松屬	<i>Brassica</i> 蕓苔屬	<i>Chrysanthemum</i> 菊屬
	<i>Citrus</i> 柑屬	<i>Capsicum</i> 番椒屬	<i>Citrullus</i> 西瓜屬
	<i>Gossypium</i> 草棉屬	<i>Chrysanthemum</i> 菊屬	<i>Corchorus</i> 黃麻屬
	<i>Gramineae</i> 禾本科	<i>Glycine</i> 黃大豆屬	<i>Hibiscus</i> 木槿屬
	<i>Medicago</i> 苜蓿屬	<i>Hydrosme</i> 薊屬	<i>Linum</i> 亞麻屬
	<i>Phaseolus</i> 菜豆屬	<i>Linum</i> 亞麻屬	<i>Solanum</i> 茄屬
	<i>Pinus</i> 松屬	<i>Phaseolus</i> 菜豆屬	Soil 土壤
		<i>Raphanus</i> 萊菔屬	
		<i>Spinacia</i> 菠薐屬	
		<i>Solanum</i> 茄屬	
		<i>Trifolium</i> 車軸草屬	
		<i>Vigna</i> 豇豆屬	
		Soil 土壤	
TRAG-5		<i>Arcium</i> 牛蒡屬	<i>Glycine</i> 黃大豆屬
		<i>Asparagus</i> 天門冬屬	Soil 土壤
		<i>Beta</i> 萵菜屬	
		<i>Brassica</i> 蕓苔屬	
		<i>Glycine</i> 黃大豆屬	
		<i>Linum</i> 亞麻屬	
		<i>Solanum</i> 茄屬	
		Soil 土壤	

第4羣2菌株(SO-8, 分離自土壤; F-8, 分離自亞麻)僅在接種部位有輕微的壞疽褐變情形。準此, 除第1羣外, 其他各羣對水稻也有不同程度的病原性。據 Parmeter et al. (56)報導, 在北卡羅萊納州於同一生長季節同一田間曾分離得不同菌羣(AG-1 及 AG-2)。杜、游⁽¹⁵⁾及蔡⁽⁸⁰⁾在臺灣亦報導同一田間所分離之菌株可能有不同的生理小種。以本省耕作制度及作物之繁雜情形觀之, 同一田間甚可能同時存在數菌羣。若果然如此, 吾人在稻田常發現非典型紋枯病株的情形, 就不足為奇了。

雖然第1羣(TRAG-1)3代表菌株對水稻均能產生典型的紋枯病徵, 但菌株間病原性却強弱不一。菌株 SO-4(分離自土壤)及 RI-2(分離自水稻)病斑擴展迅速, 而菌株 RI-1(分離自水稻)之病斑較小型, 病勢擴展亦較緩慢(圖1)。上述3供試代表菌株因接種源不同對病勢之擴展亦有影響(圖2)。菌株 SO-4 接種源採用菌絲塊比採用菌核對病勢之擴展較有利, 菌株 RI-2 恰好相反, 而菌株 RI-1 則兩種接種源均無差別。故測定不同品種水稻之抗病性時, 不但不能只採用單一菌株, 更應注意接種源種類之均一化, 才不致發生誤差。

表 7. 臺灣 *Rhizoctonia solani* Kühn 供菌絲融合試驗菌株之寄主植物(科)*

Table 7. The host plants (Family) of the anastomosis groups of *Rhizoctonia solani* Kühn

寄主 Host	菌絲融合羣 Anastomosis group				
	TRAG-1	TRAG-2	TRAG-3	TRAG-4	TRAG-5
Compositae 菊科				×	
Cruciferae 十字花科		×			
Cucurbitaceae 葫蘆科				×	
Cyperaceae 莎草科		×			
Graminaceae 禾本科	×				
Leguminosae 豆科	×				×
Liliaceae 百合科				×	
Linaceae 亞麻科	×	×		×	
Malvaceae 錦葵科				×	
Solanaceae 茄科	×	×	×	×	
Tiliaceae 田麻科				×	

* × 表示寄主植物科別
The host family

除菌絲融合第 1 羣 (TRAG-1) 對水稻會發生典型病徵外，其他各羣菌株對水稻也有不同程度的病原性。杜、張⁽¹⁸⁾以第 4 羣菌株 J-1 (分離自黃麻) 接種於水稻 (臺南 5 號) 葉鞘後產生較小型類似紋枯病斑塊，其病徵與第 1 羣菌株 RI-1 相似。以該菌株之 17 單擔孢子菌株後代測定對水稻之病徵型結果，約可分成三類：(1) 7 後代菌株之病徵型與母菌株相同、(2) 4 後代菌株產生灰褐色斑塊，周圍有淡黃色暈圈及 (3) 6 後代菌株產生褐色壞疽斑等 (圖 3)。雖然上述報告係採用菌絲融合第 4 羣 (TRAG-4)，而未採用 TRAG-1 及其他菌絲融合羣之菌株進行試驗，但 *R. solani* 對寄主植物之病徵型因變異菌株或性再結合所產生之後代菌株而發生變化之事實，堪可相信。故欲採用病徵型進行種內歸類或進行 *R. solani* 菌絲融合羣內再歸類之方法，均有未妥。

六、結 語

R. solani 菌株間之病原性、生態及形態特性可能互不相同，但這些特性只有在菌絲融合羣間才能比較出不同。如以上述特性單獨進行種內歸類，則甚為困難。菌絲融合是一種遺傳因子所控制的行為，不因培養基種類、溫度、寄主及其他因子影響而改變^(51,70)，所以 *R. solani* 之種內歸類性有採用菌絲融合法^(6,56)。目前 *R. solani* 種內歸類採用菌絲融合羣之方法已普遍受到世界各國植物病

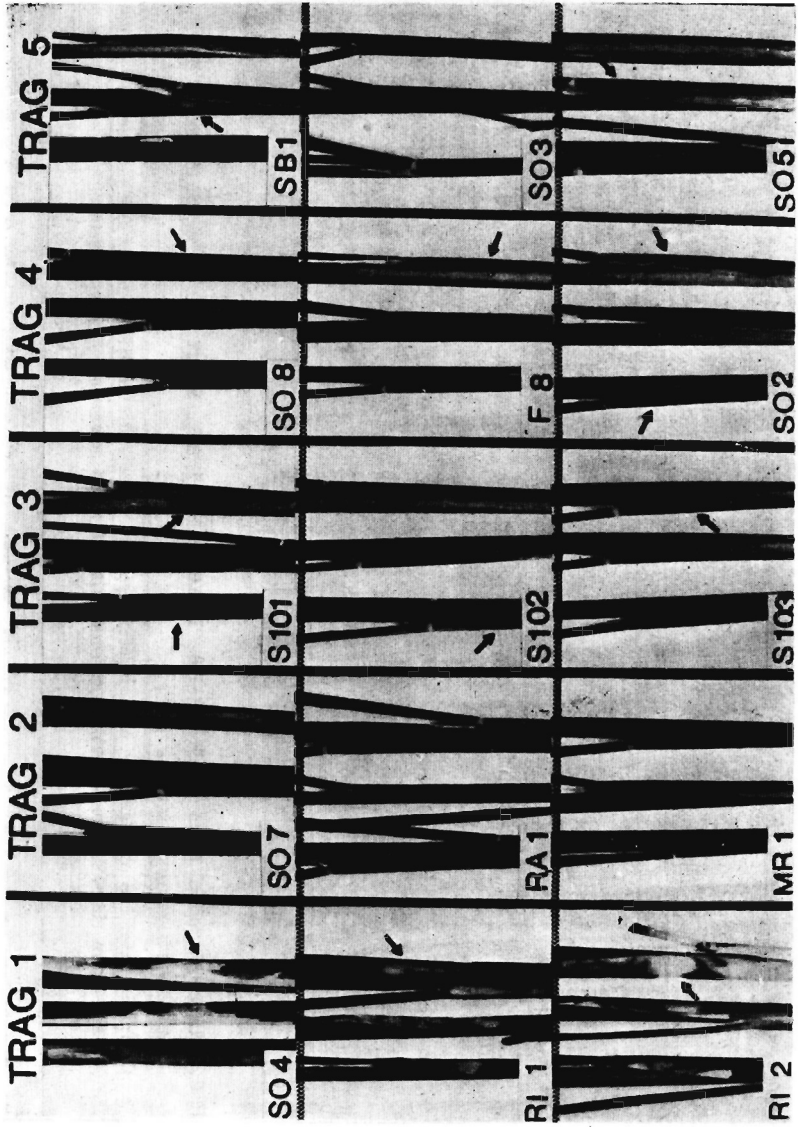


圖 1. *Rhizoctonia solani* Kühn 各國絲融合羣代表菌株對水稻 (臺南5號) 之病原性 (箭頭所指為病徵)
 Fig. 1. A comparison of the pathogenicity of representative isolates of five anastomosis groups (TRAG-1 to TRAG-5) on rice (Tainan 5). (arrows indicate symptoms)

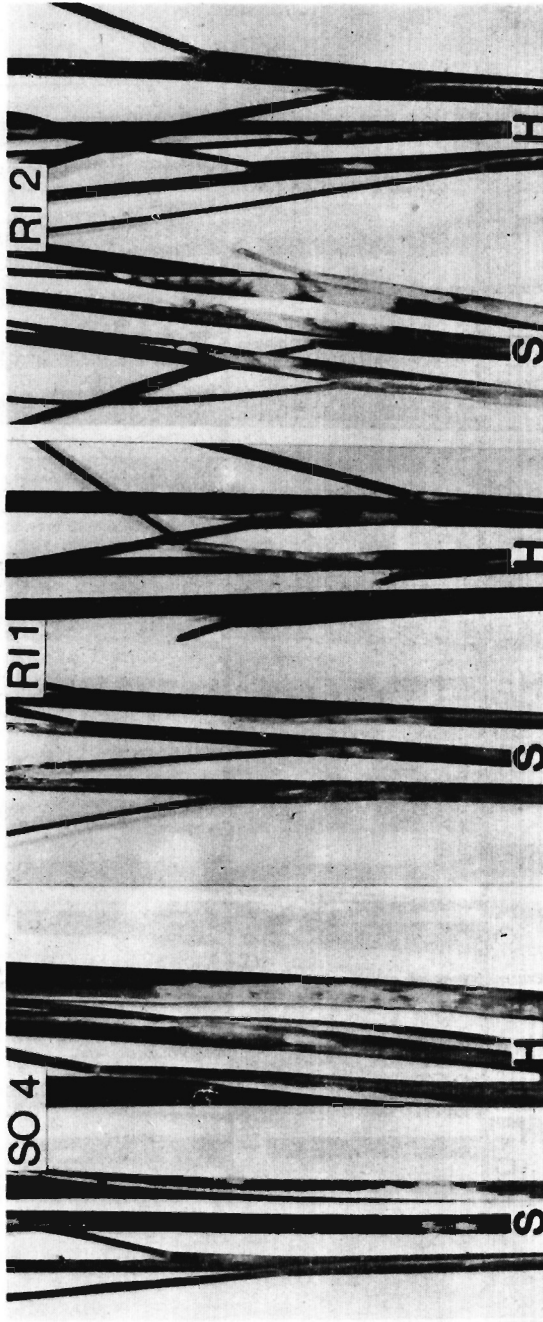


圖 2. *Rhizoctonia solani* Kühn 菌絲融合第一羣 (TRAG-1) 三代表菌株以菌絲塊 (H) 及菌核 (S) 接種水稻 (臺灣 5 號) 之病徵及病斑擴展情形比較。

Fig. 2. Comparisons of the pathogenesis and symptom types of three representative isolates of anastomosis group 1 (*TRAG-1*) on rice (Tainan 5), using mycelial disc (H) and sclerotium (S) as inocula.

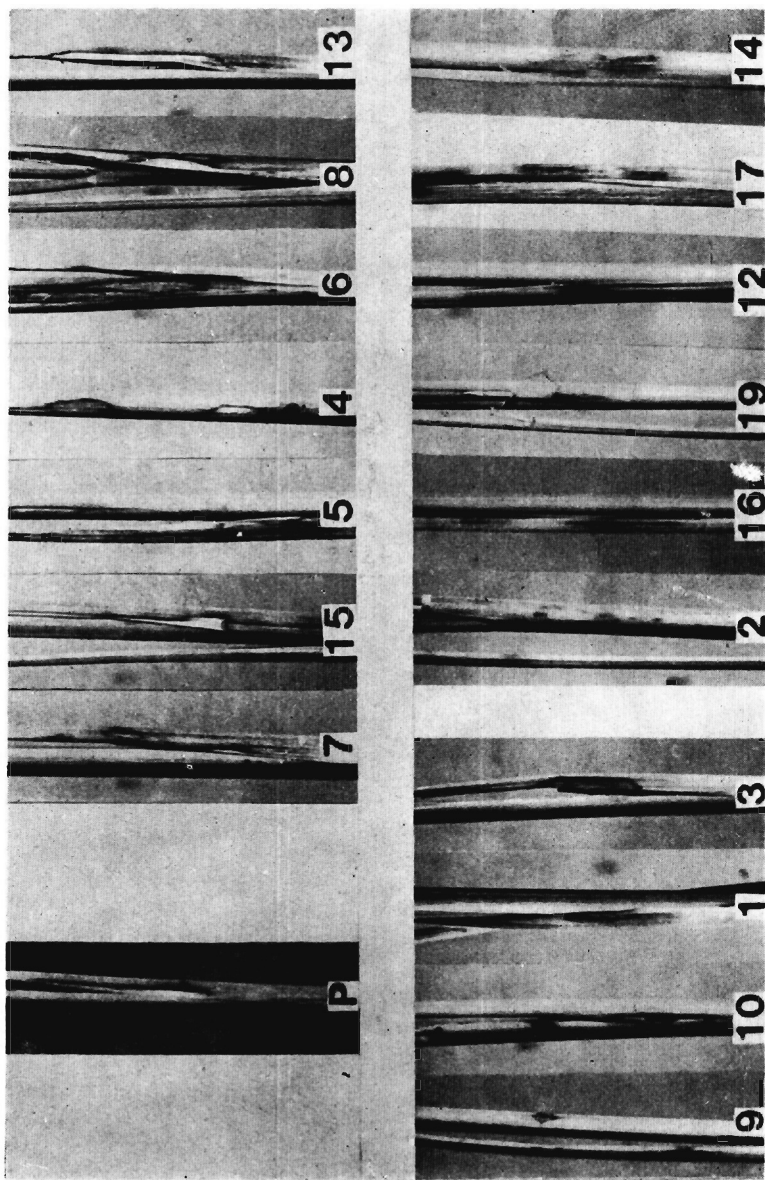


圖 3. *Rhizoctonia solani* Kühn 菌絲融合第4羣 (TRAG-4) 菌株 J-1 之後代菌株(阿拉伯數字代號) 及母株 (P) 對水稻 (臺南5號) 之病徵型比較 (杜、張, 1976)。(18)

Fig. 3. Symptom types of some single basidiospore clones of isolate J-1 (TRAG-4) on rice variety Tainan 5. (Tu & Chang, 1976)⁽¹⁸⁾

理學家之支持與採用。本省各類作物因 *R. solani* 引起之病害也均必須註明菌絲融合羣之類別。有關本省各菌絲融合羣之代表菌株，可向臺灣省農業試驗所植物病理系索取。

本省 *R. solani* 有 5 菌絲融合羣，簡稱為 TRAG-1~TRAG-5 (或 AG-1~AG-5)。上述 5 菌絲融合羣與日本生越⁽⁶⁾之 5 菌絲融合羣相當。本省 5 菌絲融合羣與國外相關研究之比較，請參閱表 3。

菌絲融合羣 TRAG-2 (或 AG-2) 在日本又依菌絲融合頻率分成 2 型。因本省發現有些菌株對日本 2 型代表菌株之菌絲融合頻率並無差異 (表 2)；故無法依日本之方式再分型。該菌絲融合羣菌株間確有融合頻率不同的情形，其原因如何，需再研究才能瞭解。

典型的水稻紋枯病原菌屬於菌絲融合第 1 羣 TRAG-1 (或 AG-1)，但其他菌絲融合羣的某些菌株也會產生較小型擬似紋枯病型斑駁，有些菌株更會產生黃褐色病斑或於接種部位使葉鞘組織呈現褐色壞疽。這些病徵往往因個別菌株而異，與菌絲融合羣別無關。據杜、張⁽¹⁷⁾之報導，產生較小型擬似紋枯病型斑駁而不屬 TRAG-1 羣的菌株，有些對水稻之病原性甚強，如 TRAG-4 羣菌株 SO-2 之發病率為 100%。故，TRAG-1 羣以外之其他 *R. solani* 菌株為害水稻之潛力不容忽視。

七、參 考 文 獻

1. 小野小三郎、中里清 1958。稻紋枯病と雜草の紋枯類似病との關係 植物防疫 12 : 549—551。
2. 中田覺五郎、河村榮吉 1939。稻の菌核病に關する研究 第一報 農事改良資料 139 : 1—176。
3. 內記隆 1971。土壤中における *Rhizoctonia solani* Kühn の生存様式について 土壤と微生物 12 : 13—20。
4. 生越明 1972a。 *Rhizoctonia solani* Kühn の菌絲融合にする類別 日植病報 38 : 117—122。
5. 生越明 1972b。 *Rhizoctonia solani* Kühn における菌絲融合羣の諸性狀 日植病報 38 : 123—129。
6. 生越明 1976。 *Rhizoctonia solani* Kühn の菌絲融合にする類別と各羣の完全時代に關する研究 農業技術研究所報告C第30號別刷 639。
7. 宇井格生 1966。 *Rhizoctonia solani* Kühn の菌核ならびに菌絲束の形成について 日植病報 32 : 203—209。
8. 宇井格生 1968。土壤有害生態の問題 坂本教授還曆紀念論文集 P. 259—267。
9. 宇井格生、三井康、原田幸雄 1963。 *Pellicularia filamentosa* の土壤中にすける消長について、II、アマ畑土壤の中における *Rhizoctonia solani* 系統の交代 日植病報 28 : 270—279。

10. 宇井格生、生越明 1966。 *Rhizoctonia solani* Kühn の土壤中における消長について、Ⅲ、菌株間における 腐生能力のちがい 日植病報 32: 145—150。
11. 宇井格生、生越明 1970。土壤中における *Rhizoctonia* の腐生的着生 北大農邦文 紀要 7: 423—435。
12. 伊藤一雄、紺谷修治 1952。マメ科樹木の蜘蛛巣病原菌 林試研報 54: 45—78。
13. 伊藤誠哉 1955。日本類誌 第2巻第4號 養賢堂。
14. 赤井重恭、小倉寛典、佐藤徹 1960。 *Pellicularia filamentosa* (Pat.) Rogers に関する研究 第一報 病原性と2、3の培養上の性質との関係 日植病報 25: 125—130。
15. 杜金池、游江海 1961。同一田間纖維作物腰折病 *Pellicularia filamentosa* 菌株之初步研究 中華植物保護學會會刊 3: 105—110。
16. 杜金池、張義璋 1977。臺灣 *Rhizoctonia solani* Kühn 菌絲融合羣之歸類。(未發表)
17. 杜金池、張金璋 1977。 *Rhizoctonia solani* Kühn 各菌絲融合羣對水稻之病原性。(未發表)
18. 杜金池、張慧發 1976。水稻紋枯病單擔孢子菌株間之培養性狀抗藥性和病徵型比較 中華農業研究 25: 13—22。
19. 吳龍溪 1971。稻紋枯病 邱人璋編 稻作病害 P.49—76 中國農村復興聯合委員會出版。
20. 明日山秀文、山中達 1950。 *Corticium vagum* に於ける寄生性分化 日植病報 14: 116。
21. 長井雄治、宮下眞一、明日山秀文 1961。牧草葉腐病菌の培養的性質と病原性 日植病報 26: 218。
22. 松岡正則 1963。イネ紋枯病に関する研究 第12報 病原菌について(2) 日植病報 28: 291。
23. 高橋錦治、松浦義 1954。 *Rhizoctonia solani* Kühn に基因する作物病害に関する研究 第5報 *Rhizoctonia solani* Kühn の系統分類 茨城大農學報告 2: 9—18。
24. 高橋錦治、松浦義 1956。 *Pellicularia filamentosa* (Pat.) Rogers 菌の本邦に於ける寄主植物並びに菌株についての考察 植物防疫 10: 75—78。
25. 野中福次 1963。 *Corticium* 屬菌のピート子苗に對する病原性 日植病報 28: 291—292。
26. 野中福次、田中欽二 1964。 *Rhizoctonia solani* Kühn の成育型と病原性——特に水稻に對する病原性によつて分けた場合 佐賀大農彙報 19: 9—24。
27. 渡邊文吉郎 1970。 *Rhizoctonia* 菌株と PCNB 感受性との關係 日植病報 36: 343。
28. 渡邊文吉郎、松田明 1966。畑作物に寄生する *Rhizoctonia solani* Kühn の類別に関する研究 指定試(病害蟲) 3: 1—131。
29. 新留伊俊 1963。 *Pellicularia filamentosa* (Pat.) Rogers 菌にするてと菜の病害に関する研究 第2報 九州農業研究 25: 122—123。
30. 蔡雲鵬 1962。土壤病原菌 *Pellicularia filamentosa* 之生態研究 中華植物保護學會會刊 4: 64—73。

31. 澤田謙吉 1912。臺灣に於ける作物の白絹病 植物學雜誌 26:125—138, 177—193。
32. Baker, K. R., and J. C. Walker. 1962. Relationship of pectolytic and cellulytic enzyme production by strains of *Pellicularia filamentosa* to their pathogenicity. *Phytopathology* 52:1119—1125.
33. Dodman, R. L., K. R. Baker, and J. C. Walker. 1968. Modes of penetration by different isolates of *Rhizoctonia solani*. *Phytopathology* 58:31—33.
34. Dodman, R. L., K. R. Baker, and J. C. Walker. 1968. A detailed study of the different modes of penetration by *Rhizoctonia solani*. *Phytopathology* 58:1271—1276.
35. El Zarka, A. M. 1964. Cultural variants in *Rhizoctonia solani*. P. 115—116. *In* 16th International Symposium on Phytopharmacy and Phytiatry. (From R.A.M. 43:562, 1964)
36. Exner, B. 1953. Comparative studies of four *Rhizoctonia* in Louisiana. *Mycologia* 45:698—718.
37. Exner, B., and S. J.P. Chilton. 1943. Culture differences among single basidiospore isolates of *Rhizoctonia solani*. *Phytopathology* 33:171—174.
38. Flentje, N. T. 1956. Studies on *Pellicularia filamentosa* (Pat.) Rogers. I. Formation of the perfect stage. *Trans. Brit. Mycol. Soc.* 39:343—356.
39. Flentje, N. T., and H. K. Saksena. 1957. Studies on *Pellicularia filamentosa* (Pat.) Rogers. II. Occurrence and distribution of pathogenic strains. *Trans. Brit. Mycol. Soc.* 40:95—108.
40. Flentje, N. T., and H. M. Stretton. 1964. Mechanism of variation in *Thanatephorus cucumeris* and *T. praticolus*. *Aust. J. Biol. Sci.* 17:686—704.
41. Flentje, N. T., H. M. Stretton, and E. J. Hawn. 1963. Nuclear distribution and behaviour throughout the life cycle of *Thanatephorus*, *Waitea*, and *Ceratobasidium* species. *Aust. J. Biol. Sci.* 16:450—467.
42. Garza-chapa, R., and N. A. Anderson. 1966. Behaviour of singlebasidiospore isolates and heterokaryons of *Rhizoctonia solani* from flax. *Phytopathology* 56:1260—1268.
43. Houston, B. R. 1945. Culture types and pathogenicity of isolates of *Corticium solani*. *Phytopathology* 35:371—393.
44. Kernkamp, M. F., D. J. DeZeeuw, S. M. Chen, B. C. Ortega, C. T. Tsiang, and A. M. Khan. 1952. Investigation on physiological specialization and parasitism of *Rhizoctonia solani*. *Minnesota Agr. Exp. Sta. Tech. Bull.* 200:1—36.
45. Kühn, J. G. 1858. Die Krankheiten der Kulturgewächse, ihre Ursachen und ihre Verhütung. Gustav Besselmann, Berlin. (Menzies, 1970)
46. Kunevich, R. V. 1966. Comparative study of strains of *Corticium solani*. (Abst. in R. A. M. 46:465)
47. LeClerg, E. L. 1934. Parasitism of *Rhizoctonia solani* on sugar beets. *J. Agr. Res.* 49:407—431.
48. LeClerg, E. L. 1939. Studies on culture variant of *Rhizoctonia solani*. *Phytopathology* 29:267—274.

49. Luttrell, E. S. 1962. *Rhizoctonia* blight of tall fescue grass. Plant Dis. Repr. 46:661-664.
50. Matsumoto, T. 1934. Some remarks on the taxonomy of the fungus *Hypochnus sasakii* Shirai. Trans. Sapporo Nat. His. Soc. 13:115-120.
51. Matsumoto, T., W. Yamamoto, and S. Hirane. 1932. Physiology and parasitology of the fungi generally referred to as *Hypochnus sasakii* Shirai. I. Differentiation of the strains by means of hyphal fusion and culture in differential media. J. Soc. Tropical Agr. 4:307-388.
52. McKenzie, A. R., N. T. Flentje, H. M. Stretten, and M. J. Mayo. 1960. Heterokaryon formation and genetic recombination within one isolate of *Thanatephorus cucumeris*. Aust. J. Biol. Sci. 22:895-904.
53. Ogoshi, A. 1975. Grouping of *Rhizoctonia solani* Kühn and their perfect stages. Rev. Plant Protect. Res. 8:93-103.
54. Papavizas, G. C. 1964. Survival of singlebasidiospore isolates of *Rhizoctonia praticola* and *Rhizoctonia solani*. Canad. J. Microbiol. 10:739-746.
55. Papavizas, G. C., and W. A. Ayers. 1965. Virulence, host range, and pectolytic enzymes of singlebasidiospore isolates of *Rhizoctonia praticola* and *Rhizoctonia solani*. Phytopathology 55:111-116.
56. Parmeter, J. R. Jr., R. T. Sherwood, and W. D. Platt. 1969. Anastomosis grouping among isolates of *Thanatephorus cucumeris*. Phytopathology 59:1270-1278.
57. Parmeter, J. R. Jr., and H. S. Whitney. 1970. Taxonomy and nomenclature of the imperfect state. p. 7-19. in Parmeter, J. R. Jr. (ed.) *Rhizoctonia solani*, Biology and pathology. Univ. of California Press.
58. Person, L. H. 1944. Parasitism of *Rhizoctonia solani* on bean. Phytopathology 34:1056-1068.
59. Richter, H., und R. Schneider. 1953. Untersuchungen zur morphologischen und biologischen Differenzierung von *Rhizoctonia solani* K. Phytopath. Z. 20:165-226.
60. Ruppel, E. G. 1972. Correlation of cultural characters and source of isolates with pathogenicity of *Rhizoctonia solani* from sugar beet. Phytopathology 62:202-205.
61. Saksena, H. K., and O. Vaartaja. 1960. Descriptions of new species of *Rhizoctonia*. Canad. J. Bot. 38:931-943.
62. Sanford, G. B. 1938. Studies on *Rhizoctonia solani* Kühn. III. Racial differences in pathogenicity. Canad. J. Res. C. 16:53-64.
63. Schultz, H. 1936. Vergleichende Untersuchungen zur Oekologie, Morphologie, und Systematic der "Vermehrungspilzes". Arb. Biol. Reichsanst. Für Landund Forstwirtschaft. (Berlin) 22:1-41.
64. Shatla, M. N. 1963. Identification of three physiologic races of *Rhizoctonia solani* isolated from seedling cotton. (Abst.) Phytopatology 53:889.
65. Sherwood, R. T. 1969. Morphology and Physiology in four anastomosis groups of *Thanatephorus cucumeris*. Phytopathology 59:1924-1929.
66. Talbot, P. H. B. 1970. Taxonomy and nomenclature of the perfect state p.

- 20-31. *in* Parmeter, J. R. Jr. (ed.): *Rhizoctonia solani*, Biology and pathology. Univ. of California Press.
67. Tu, C. C., and J. W. Kimbrough. 1975. Morphology, development, and cytochemistry of the hyphae and sclerotia of species in the *Rhizoctonia* complex. *Canad. J. Bot.* 53:2282-2296.
68. Tu, C. C., Y. H. Cheng, and N. C. Schenek. 1977. Leaf spot caused by basidiospores of *Thanatephorus cucumeris* on jute and survival of single basidiospore isolates in soil. *Plant Dis. Repr.* 61:80-84.
69. Tu, C. C., N. C. Schenek, and J. W. Kimbrough. 1974. Variations of single basidiospore isolates of *Thanatephorus cucumeris*. *Phytopathology* 64: 1510-1512.
70. Tu, C. C., D. A. Roberts, and J. W. Kimbrough. 1969. Hyphal fusion, nuclear condition, and perfect stages of three species of *Rhizoctonia*. *Mycologia* 61:775-783.
71. Vest, G., and N. A. Anderson. 1968. Studies on heterokaryosis and virulence of *Rhizoctonia solani* isolated from flax. *Phytopathology* 58:802-807.
72. Whitney, H. S., and J. R. Parmeter, Jr. 1963. Synthesis of heterokaryons in *Rhizoctonia solani* Kühn. *Canad. J. Bot.* 41:879-886.

Anastomosis Groups of *Rhizoctonia solani* Kühn And Their Pathogenicity on Rice

Chin-chyu Tu and Yih-chang Chang

Department of Plant Pathology
Taiwan Agricultural Research Institute
Wufeng, Taichung, Taiwan 431

Summary

Rhizoctonia solani Kühn (*Thanatephorus cucumeris* (Frank) Donk) consists of many races, forms or groups of various isolates differing in pathogenicity, morphology, and ecology. Therefore, several earlier workers attempted to group isolates of *R. solani* according to these differences, but these attempts have proved to be without practical value because of the overlapping of the characteristics among isolates and groups.

Grouping of *R. solani* by anastomosis was first adapted by Schultz in 1936, and has been worked further by Richter & Schneider (1953), Parmeter et al. (1969), and Ogoshi (1972). Anastomosis within one and same isolate was perfect fusion, and that from the same group was imperfect or contact fusion. In other words, isolates within each of several groups anastomosed with other isolates within the group, but not with

isolates from other groups. Anastomosis is a behaviour controlled genetically, it can not be altered by environmental conditions. Since grouping of *R. solani* by anastomosis is the most easy and useful technique, this method has been widely accepted by plant pathologists and mycologists throughout the world.

Tu and Chang (1977) tried to divide the isolates of *R. solani* in Taiwan into certain groups by hyphal fusion. Hyphal fusions among 266 isolates tested indicated that 253 isolates fell into one of 5 anastomosis groups (TRAG-1 to TRAG-5). A further 13 isolates were not assigned to any one of them. Hyphal fusion was observed between the representative isolates in Taiwan and 15 isolates from 5 anastomosis groups that were reported by Ogoshi (1972) in Japan. The results showed that TRAG-1, TRAG-2, TRAG-3, TRAG-4, and TRAG-5 of Taiwan were identical with AG-1, AG-2, AG-3, AG-4, and AG-5 of Japan. Moreover, it is suggested that TRAG-1, TRAG-2, TRAG-3, and TRAG-4 also correspond respectively with I, II, III, and IV of Schultz (1936); A, D, F, and C of Richter and Schneider (1953); and AG-1, AG-2, AG-3, and AG-4 of Parmeter et al. (1969). Therefore, almost same anastomosis groups are found in Europe, North America, and Asia.

Isolates of *R. solani* causing typical sheath blight symptom on rice usually belonged to TRAG-1. Isolates other than those of TRAG-1 were also pathogenic to rice. Their reactions on rice (Tainan 5) could be divided into 4 categories: A) producing smaller but sheath blight-like spot; B) producing yellowish brown spot with light yellowish margin; C) showing necrotic discoloration at inoculated site; and D) nonpathogenicity. The differences on symptom type were not correlated with groups but with individual isolates concerned. Some isolates capable to cause sheath blight-like symptom on rice were highly pathogenic, showing 100% of disease incidence on rice. Thus, the potential of disease caused by the isolates other than those of TRAG-1 on rice could not be neglected.

邱人璋主編

水稻病蟲害：生態學與流行學

農復會1978年12月刊行 p. 287—301。

小粒菌核病菌之生態

黃益田¹

目 錄

- 一、前言
- 二、分佈
- 三、環境因素與小粒菌核病菌之關係
- 四、環境因素與發病之關係
- 五、生育期因素與發病之關係
- 六、參考文獻
- 七、英文摘要

一、前 言

稻小粒菌核病，係沿用日名，可能以其菌核期之菌核細小，故名之。英名爲 Stem rot，蓋取其引起稈腐徵狀之義。

小粒菌核病分由兩種病菌引起。一曰小球菌，一曰小黑菌。小球菌完全世代之學名爲 *Magnaporthe salvinii* (Cattaneo) Krause and Webster，其菌核期稱爲 *Sclerotium oryzae* Catt.，分生孢子期稱爲 *Nakatea sigmoidea* (Cav.) Hara.，*Vakrabeeja sigmoidea* (Cav.) Sub.，*Helminthosporium sigmoideum* Cav.，或 *Curvularia sigmoideum* (Cav.) Hara. 小黑菌之完全世代尚未發現，分生孢子期稱爲 *Nakataea irregulare* Hara.，*Curvularia irregulare* (Cralley et Tullis) Hara.，*Helminthosporium sigmoideum* Cav. var. *irregulare* Cralley et Tullis，其菌核期之名稱爲 *Sclerotium oryzae* Cat. var. *irregulare* Royer^(24,29,30,31)。

關於小粒菌核病之生態，陳其昌教授在民國58年農復會舉辦之稻作病害專題研討會中有相當詳細之綜合報告⁽⁴⁾。其報告內容包括病原菌之侵入機構，侵入狀態，稻品種及期作與發病之關係，土壤肥料與發病之關係，稻之異常處理及病蟲害發生與本病發生之關係，及小粒菌核病的地理區域及年次的分佈。

1 新竹區農業改良場課長

生態學研究之內涵，主要為環境因素與病菌之關係。因此，只能把過去與此有關之研究文獻梳剔歸納，分別以環境因素與病菌，發病之關係為討論層次，將有關之環境因素列舉綜合報導以供參考。

二、分 佈

揆諸實際，各種植物病害不隨處發生，發生程度，亦因地而異。病害發生與否，發生程度高低，受到不同地形、地勢、高度或緯度等地理因素之影響，所以構成地理分佈之差異。言及病害分佈，可就面的層次，即地理分佈，或從點的層次，即垂直分佈來予以討論^(1,7,13,25)。

地理分佈

小粒菌核病幾乎分佈於所有生產稻米的國家。曾經報告有小粒菌核病發生之地區包括：意大利 (Cattaneo, 1876; 1879)，美國北加羅萊那州 (Metcalf, 1907) 及阿肯色州 (Young, 1926)，日本 (Sakurai, 1917)，印尼及印度 (Vincens, 1919)，保加利亞 (Atanosoffe *et al.*, 1931)，中國 (Wei, 1934)，緬甸 (Rhind, 1924)，菲律賓 (Reyes, 1929)，澳洲及南非 (U. S. D. A. Bureau of Entom. and Plant Quarantine Rept., 1936)，哥倫比亞 (Franco, 1936)，巴西 (Tocchetto, 1946)，馬來西亞 (McIntoch, 1949)，西非 (Mallamaire, 1949)，馬達加斯加 (Bouriquet, 1948)，南太平洋珊瑚海中之新加蘭都尼亞島 (Bugnicourt *et al.*, 1951)，及泰國 (Ou, 1963)⁽²⁵⁾。

小粒菌核病為臺灣水稻主要病害之一，分佈於臺北、三重、士林、新莊、汐止、宜蘭、羅東、三星、礁溪、桃園、埔心、新竹、香山、苗栗、臺中、清水、大甲、彰化、社頭、南投、民間、溪頭、鹿谷、埔里、員林、新港、嘉義、民雄、白河、柳營、臺南、屏東、恒春、楓港、六龜、臺東、玉里、及吉安等地^(1,7)。

垂直分佈

水田土壤中菌核存在之垂直分佈，在1966年，羅、丁氏⁽⁶⁾有詳盡之報告。渠等將土壤深度分四層，0~5 cm為第一層，6~10cm為第二層，11~15cm為第三層，16~20cm為第四層，在中耕除草前後及孕穗期前後各採樣一次，調查每層之平均菌核數。結果發現，第一層菌核量最多，入土愈深菌核愈少。此外，土壤中菌核量亦因調查日期而有不同。菌核垂直分佈及菌核量調查時間之變化關係如圖二所示。

三、環境因素與小粒菌核病菌之關係

溫度

(1) 溫度與菌絲生長之關係

小球菌菌絲生長最低溫度小於 15°C，最適溫度為 25~30°C，最高溫度為 32~35°C，或 38°C⁽³³⁾，小黑菌在 12°C 不能生長，在高溫生長速度比小球菌

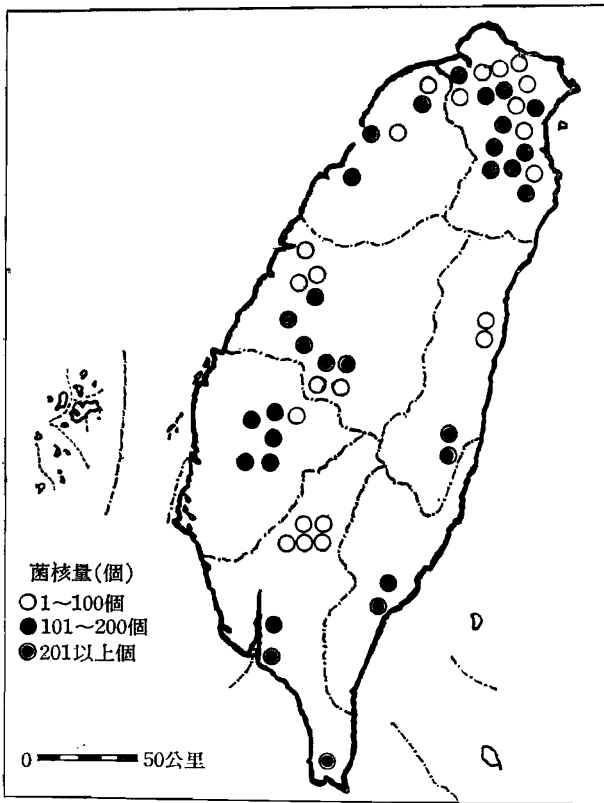


圖 1. 小粒菌核病菌在臺灣之分佈 (根據陳其昌教授資料繪製)⁽⁴⁾

Fig 1. Distribution of rice stem rot in Taiwan

好⁽²¹⁾。

菌絲生長速率與溫度之關係見於 Ferreria and Webster 之報告⁽²⁴⁾。氏等以直線迴歸係數作為生長速率之估計值，其試驗結果指出，多數小球菌之分離系，最適生長溫度為 27°C ，但有些分離系適於較高或較低之溫度生長。

(2) 溫度與菌核之形成及發芽之關係

據陳、林兩氏⁽¹⁾ 1972 年之報告，小球菌菌核在稻稈中形成之最適溫度為 $26\sim 31^{\circ}\text{C}$ ；在 32.5°C 及 14.2°C 之定溫箱中，14 天後亦可形成，但數量極少。小黑菌核在稻稈中形成之最適溫度為 $26\sim 31^{\circ}\text{C}$ ，在 32.5°C 之定溫箱中，第四天即有菌核形成，在 14.2°C 第六天亦有形成，又在 13°C 及 8°C 中亦可形成菌核，但所需時間較長，且數量較少。

小黑菌核之發芽溫度範圍為 $16\sim 38^{\circ}\text{C}$ ，最適發芽溫度為 $28\sim 30^{\circ}\text{C}$ ⁽²²⁾。

(3) 溫度與附着器侵入菌絲塊形成之關係

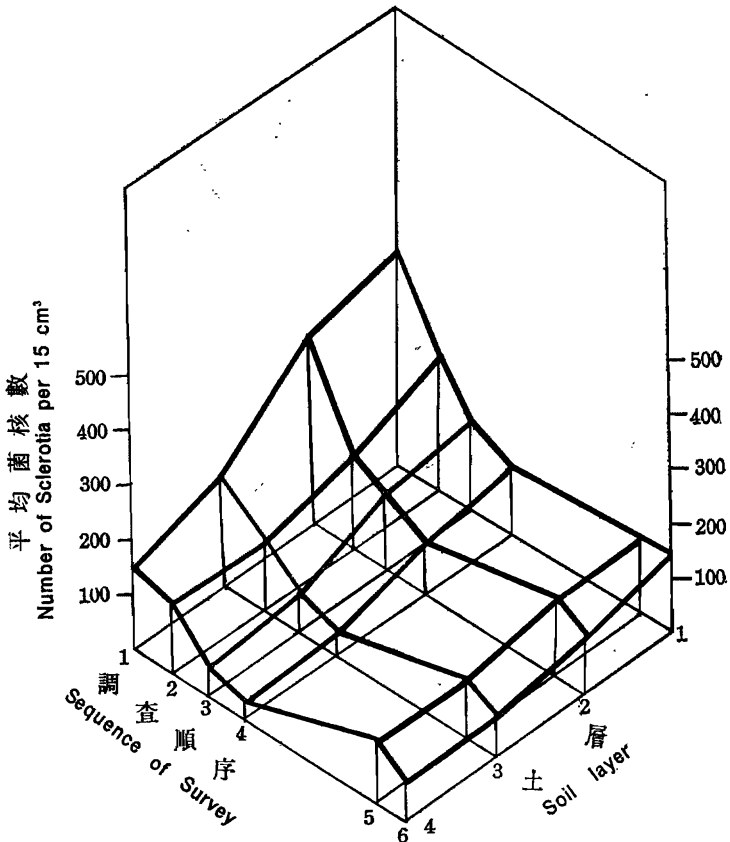


圖 2. 稻田小粒菌核垂直分佈，(根據羅丁兩氏, 1966)⁽⁶⁾

Fig 2. Vertical distribution of sclerotia of rice stem rot

小粒菌核病菌，在水稻葉片及葉鞘上，皆可形成附着器^(14,21)不同溫度對附着器及侵入菌絲塊之形成有不同之效應。最適形成溫度為 24~28°C。兩種病菌在 36 及 40°C 均不能形成附着器，小球菌在 8°C 時形成少數附着器。反之，小黑菌在此溫度不形成附着器⁽³²⁾。

(4) 溫度與菌核生存力

菌核在成熟期於罹病稻組織中形成，收穫後遺留於殘株敗屑或零落土中，在不同深度之土層越冬，成為翌年初次傳染源^(7,18)。其生存力之強弱、久暫，影響病害之初發程度。1937年，日本 Nishikado and Hirata⁽³⁵⁾報導，小球菌核在 20°C 可生存 3 年，25°C 時生存 10~13 月，35°C 生存 4 月，在自來水中生存 1 年。1941年，Tullis and Cralley⁽⁴⁰⁾報告在德克薩斯州之環境下，在未耕作之稻田可生活 6 年。1932年，Park and Bertus⁽³⁷⁾報告在熱帶錫蘭之環境條件下，菌核在

潮濕稻土中生存133天，在自來水中可生存319天，一般室溫下生存 500天以上。1966年，Misra *et. al.*⁽³³⁾報告，在印度，菌核在室溫中可生存18月之久。

據 Keim and Webster⁽²⁷⁾之報告，培養在24°C濕土之菌核，其生存力較培養在1°C濕土之菌核生存力為低。

濕度

濕度與菌核形成有密切之關係。據陳、林氏⁽¹⁾研究指出；實驗稻稈放在相對濕度 80、90、95、100%之乾燥器中觀察一星期，發現濕度對小球菌及小黑菌之菌核形成影響略同。但小黑菌在 100%濕度中，第4天就開始形成菌核，小球菌在第5天才開始形成，其他相同。此外，並測定灌水、保濕（飽和）、或乾燥狀態對菌核形成之效應；發現灌水區小球菌第二天，小黑第三天即形成菌核。保濕區相對濕度 100%，為形成菌核之最好狀態，小球菌小黑菌均在第二天開始形成菌核。乾燥區，小球菌第9天，小黑菌第四天形成菌核。

酸鹼度

病菌之生長及活動受到酸鹼度顯著之影響，但對 pH 之要求因病菌之種類而異。Nakata and Kawamura⁽³⁴⁾報導，小球菌菌絲生長最適 pH 為 7，但菌核之生長以在 pH 5 最適，小球菌為嗜酸菌喜在 pH 5~6 之環境中。

小黑菌核與分生孢子之發芽在 pH 3.5~8 間，而在 pH 5 最好⁽³⁵⁾。

光色對菌核形成之影響

陳、林氏⁽¹⁾曾以藍、黃、紅、綠、透色、暗色處理，測定小粒菌核病菌在稻稈上形成菌核之情形，認為光色對菌核之形成似無多大影響。

土壤水分含量與菌核生存力之關係

1974年，Keim and Webster⁽²⁷⁾報告，土壤水分含量與菌核之生存力有關，土壤水分含量愈高，生存力愈低（表一）。此外，採用水洗，風乾循環方法，測

表 1. 在 24±2°C 土壤水分對小球菌核之漂浮力及生存力之影響 (Keim and Webster, 1974)⁽²⁷⁾

Table 1. Buoyancy and viability of sclerotia of *Sclerotium oryzae* incubated at 24±2°C and recovered from moist soils which were not allowed to dry before sclerotial recovery

土壤水份 Adjusted soil moisture (Pw)	回收菌核 Recovered sclerotia	
	漂 浮 菌 核 數 No. buoyant ^a	生 存 百 分 率 % viability ^b
5--27.5	15.8	62.2
27.5	20	16.8
40.0	7	12.3
60.0	4	0.5

a: 24重複平均值, LSD(P=0.05)=12.3對漂浮菌核數; 8.8對生存百分率。

b: 土壤風乾至 5P_w 調整至 27.5P_w。

表 2. 水洗與風乾交替對小球菌核重量及生存力之效應
(Keim and Webster, 1974)⁽²⁷⁾

Table 2. Viability and weight of sclerotia of *Sclerotium oryzae* after alternate cycles of washing and air-drying

水洗、風乾交替次數 Cycles of washing and drying	菌 核 Sclerotia	
	生 存 力(%) Viability ^a	重 量 (mg) Weight ^a
0	100	500(開始重量)
1	99	405
2	79	376
3	71	340
4	51	319
5	48	306
6	36	288
7	38	276
8	26	269
9	30	252
10	23	251

^a 四重複平均值。 $r=0.834$ 。

定其對菌核重量與其生存力，發現菌核經重複水洗，不但重量損失，生存力亦降低(表二)。氏等於討論中指出稻田菌核生存力低，原因之一，可歸咎於水洗。然而，實驗室濕土中培養之菌核並未經水洗而生存力極低，此種現象需求其他之闡釋。

土壤微生物

小球菌菌核不需外來營養 (Exogenous nutrients) 就能使之發芽。因此在濕潤之土壤它應能發芽；但事實上，它受到土壤阻菌作用 (Soil fungistasis) 之影響，在不同土壤條件下，其發芽率，顯然不同⁽²⁸⁾。

Keim and Webster⁽²⁸⁾報告，稻田土壤浸出液，對孢子發芽，菌絲生長有抑制效應。氏等為探討土壤微生物是否對小球菌有抑制作用，進行三種比較試驗。首先，他們比較稻田土壤 (Rice field soil)，河砂 (River sand) 及矽砂 (Silica sand) 作為培養基時對菌核發芽之效應。結果如表三所示。證明未經消毒之稻田土壤，才有抑制菌核發芽之現象。

其次，試驗土壤浸出液 (Leachate) 對菌核發芽之效應。結果發現抑制因子 (Inhibitory factor) 在 $24^{\circ} \pm 2^{\circ} \text{C}$ 濕潤之條件下，存在浸出液中。在 1°C 乾燥條件下，則否。抑制因子可藉高壓殺菌及經 Millipore filter (0.45μ) 之過濾而失去作用。此間接證明土壤或土壤浸出液中有微生物之活動現象。

經上述試驗證明，土壤中微生物之活動與發芽之抑制效應發生關聯性。Keim

表 3. 稻田土、河砂及矽砂對小球菌核發芽之效應 (Keim and Webster)⁽²⁸⁾

Table 3. Germination of sclerotia of *Sclerotium oryzae* on rice field soil, river sand, or silica sand

培養基處理 Substrate and treatment	發芽率 Germination (%)	
	蒸餾水 Distilled water	無菌蒸餾水 Sterile distilled water
稻田土		
經高壓殺菌	99	96
未經高壓殺菌	12	2
河砂		
經高壓殺菌	98	99
未經高壓殺菌	93	98
矽砂		
經高壓殺菌	99	99
未經高壓殺菌	97	99

and Webster，進一步將土壤微生物個別地或分羣地加以試驗。試驗結果發現，從無病土分離之真菌 *Trichoderma aureoviride* Rifai. 及兩種混合培養之細菌能完全抑制菌核發芽。從無病土分離之二個細菌菌系與二個 *Penicillium* 分離系，三個放線菌分離系，具有中度抑制效應。其他無抑制效應之菌如下：*Cephalosporium* 3 菌系，*Chaetomium* 兩菌系，3 種未鑑定之真菌，放線菌 1 菌系，*Aspergillus wentii*, *A. glaucus*, *A. versicolor*, *A. terreus*, *Cladosporium*, *Phoma*, *Mucor*, *Trichoderma viride*, *Epicoocum*, *Alternaria alternate*, *Gliomastix*, *Humicola*, *Coniothyrium*, *Stachybotrys atra*, *Mortierella*, *Helminthosporium pedicellatum*, *Nigrospora*, *Cylindrocarpon*, *Fusarium oxysporium* 等每一菌系。

四、環境因素與發病之關係

溫度

病原菌生活史中各個階段，各有不同的適溫反應，1966年，謝式梓鈺⁽²⁵⁾指出小粒菌核病菌感染之最適溫度為 24°C，病斑發展之最適溫度為 30°C。小球菌與小黑菌之感染與溫度之效應關係，也有不同。小球菌在 8°C 及 36°C 可在刺傷之無鞘莖上產生小病斑。小黑菌則否。然而此兩種菌對具葉鞘莖之發病效應相同。產生病斑最適溫度為 24°C，在 12°C 以下及 36°C 以上均不產生病斑。詳細見表四。

表 4. 溫度對小粒菌核病病斑發展之效應 (Hsieh, 1966)⁽²⁵⁾

Table 4. Effect of temperature on lesion development of stem rot

溫度 Temp.	品 種 Variety	病斑長度(mm) ^a Length of lesion		罹病指數(%) ^b Disease index	
		小 球 菌 H. Sigmoideum	小 黑 菌 H. Sigmoideum var. irregulare	小 球 菌 H. Sigmoideum	小 黑 菌 H. Sigmoideum var. irregulare
8°C	CO 13	5.6	—	—	—
	Dular	7.4	—	—	—
12°C	CO 13	20.4	9.4	—	—
	Dular	37.5	10.4	—	—
16°C	CO 13	25.0	17.3	10.3	8.0
	Dular	51.8	18.3	6.7	6.7
20°C	CO 13	44.0	25.6	50.0	30.7
	Dular	58.4	30.0	20.0	33.3
24°C	CO 13	54.7	52.5	84.8	35.6
	Dular	68.8	44.9	48.3	43.3
28°C	CO 13	82.8	54.2	80.1	30.4
	Dular	93.0	59.6	38.3	36.7
30°C	CO 13	89.0	58.9	78.5	28.8
	Dular	100.5	68.7	36.8	33.3
32°C	CO 13	68.0	56.4	60.5	24.4
	Dular	66.0	62.7	30.4	25.0
36°C	CO 13	3.6	—	—	—
	Dular	4.6	—	—	—

a) 無葉鞘；20莖平均。

b) 具葉鞘；20莖平均。

陳氏⁽⁸⁾曾測定土壤溫度對小黑菌核病發病之效應，發現發病最適溫度為25°C，其次為30°C，20°C，35°C，而15°C不發病。

以田間發病與氣溫之關係來探討，小球菌核病在較高溫氣候狀態易於發生，小黑菌則相反。

灌排水

灌排水影響菌核之形成、發芽、感染及病勢之進展。灌排水之方法，隨需水量而改變。實際灌水量須視地帶、季節、土壤及品種等而作適當之調節。灌排水因素中，以灌水深度及排水時期與小粒菌核病發病之關係，較為密切^(9,10,15,19)。

小野小三郎⁽¹⁰⁾報告水稻之被害度由感染之多寡，受感染期灌水深度之影響

；感染期灌水深（20公分）感染率高，灌水淺（10公分）感染率低。在病勢之進展期，灌水深，病勢進展小，灌水淺，病勢進展大。就被害度而言，以感染期深水灌溉，進展期淺水灌溉之條件下，被害最大。感染期淺水灌溉；進展期深水灌溉之條件下，被害度最小。詳見表五。

表 5. 水深與被害程度之關係（小野小三郎，1949）⁽⁹⁾

Table 5. Effect of depth of water on severity of stem rot

水深 Depth of water		感染量 Amount of infection	進展速度 Disease progress	被害程度 Severity
感染期 Infection period	進展期 Incubation period			
深	深	多	慢	中
深	淺—乾 燥	多	快	大
淺	深	少	慢	小
淺	淺—乾 燥	少	快	中

水稻到生育後期需水量減少。因此，必須進行排水，排水時期之早晚，能影響被害度。小野氏⁽¹⁰⁾曾探討排水時期與被害度之關係，發現抽穗開花期（出穗期）開始排水被害度最高，越晚排水，被害度越低。

小野氏同時報告，降雨量影響灌溉水量之多少。因此，小粒菌核病發生程度因年雨量而異。在感染期或感染期來臨前降雨量多，增加灌溉水深度，感染植株增加。病勢進展期降雨量豐富，延緩排水作業，病勢進展率就降低。總而言之，降雨量多寡與降雨期之遲早，亦能影響小粒菌核病之發病。

肥料

肥料要素能影響水稻對小粒菌核病之感病性⁽⁹⁾。許多報告指出氮肥能降低稻株對小粒菌核病之抵抗力，而促進發病度^(8, 20, 22, 23, 24)。鉀肥能增強稻株之抵抗力，而減低發病度^(9, 11, 17)。Nonaka et. al.⁽³⁶⁾認為稻株內 K/N 比與 C/N 比對稻株之抵抗力或感染性有極重要之作用，例如施用矽酸鈉可降低發病程度，係因稻株下部可溶性氮含量降低，反之 C/N 比增高所致。Keim and Webster 報告小粒菌核病之發病與水稻葉片之含氮量有關，含氮量增加，發病度就增加。同時指出磷鉀對病勢進展無顯著之效應⁽²⁶⁾。

鉀肥對稻株抵抗力之效應，因病菌而異⁽¹²⁾。鉀肥可以限制小球菌之感染，但不能限制小黑菌之感染⁽³⁰⁾此外，鉀肥之效應，也受土壤水分之影響。1951年，小野氏⁽⁹⁾報告，於落水之乾田內，鉀肥對於小黑菌核病不具效果，在半濕田內，鉀肥才發生效果，但其效果並不因鉀肥之用量增加而增加。又謂，於濕田內，鉀肥之施用，對小球菌核病之防治效果甚為顯著，即施肥量增加，其效應就增大。

除肥料三要素及其施用量之組合能影響稻體之感病性外。施用方法對發病也有相當顯著之影響。1973年 Keim and Webster⁽²⁶⁾報告，以基肥112公斤/公頃

表 6. 氮素不同施用組合對水稻品種 Calrose 葉片含氮量、罹病指數及收量之效應 (氮素用量 112kg/ha) (Keim and Webster 1973)⁽²⁶⁾

Table 6. Effect of different combinations of nitrogen(N), applied at the rate of 112 kg/ha (=100 lb/acre), part at preplant and part at one of three stages of rice plant development, on leaf N analysis, stem rot index, and yields of Calrose rice compared to 112 kg/ha applied preplant

氮肥用量(kg/ha) Fertilizer applications		追肥時間 Time of top-dressing		葉片含氮量 (%) N in leaves at 84 days	播種後139天 罹病指數 Disease index at 139 days	收量 Yield (kg/ha)
基肥 Preplant	追肥 Top-dressed	生育期 Stage	播種後日數 Days after seeding			
112	0	播種前		2.54 ^b	2.58 ^b	6,810 ^{c,d}
56	56	分蘖期	54	2.56 ^b	2.66 ^b	6,563 ^{b,e}
		幼穗形成期	67	2.77 ^b	2.50 ^b	6,440 ^{a,b,e}
		孕穗期	84	2.27 ^a	2.33 ^{a,b}	7,123 ^d
28	84	分蘖期	54	2.57 ^b	2.65 ^b	5,992 ^a
		幼穗形成期	67	3.17 ^c	2.47 ^b	6,238 ^{a,b}
		孕穗期	84	2.15 ^a	2.08 ^a	6,821 ^{c,d}

註：葉片含氮量、罹病指數、及收量後所附着英文字母相同者，表示鄧肯氏多變域測驗法在 5%水準不顯著。

，基肥56公斤/公頃、追肥56公斤/公頃，及基肥28公斤/公頃、追肥84公斤/公頃氮素分配率與不同施用期之組合處理，測驗氮素對葉片含氮量，小球菌核病發病度及收量之效應，結果發現，56~56及28~84分配率與分蘖幼穗形成期施用之組合，對發病度之效應無顯著差異。但是，與孕穗期施用之組合，有顯著降低發病度之效應，收量亦因而增加；其效果與氮素含量供作基肥之單施效果相同或更好。由此可知，同量氮肥，分施方法不同，所產生之效應，顯然不同。

品種對氮肥分施之反應與發病關係之問題，值得吾人以審慎之態度去注意。上述試驗結果，係以 Calrose 品種作供試品種，Keim氏等^(26,27,28)亦曾以 Colusa 作過類似的試驗。發現 Colusa 分施反應與 Calrose 之反應顯然不同。氏等認為這可能因品種之間或者成熟需要條件不同所致。由這項研究結果歸納出一項結論，即今後應加強研究探討病菌之營養需求、習性與水稻發病度之關係，以及改變抗病性及感染性之生理機構。

五、生育期因素與發病之關係

稻生育期可分為秧苗期、分蘗期、幼穗形成期、孕穗期、開花抽穗期、乳熟期、糊熟期、黃熟期及完熟期。小粒菌核病之發病程度，因開始感染之生育期之不同而有差異。生育各時期本身並非環境因素，對病害無實際之效應。然而，生育期之推移與環境因素變化之關係，密不可分。二者關係之研究，構成物候學

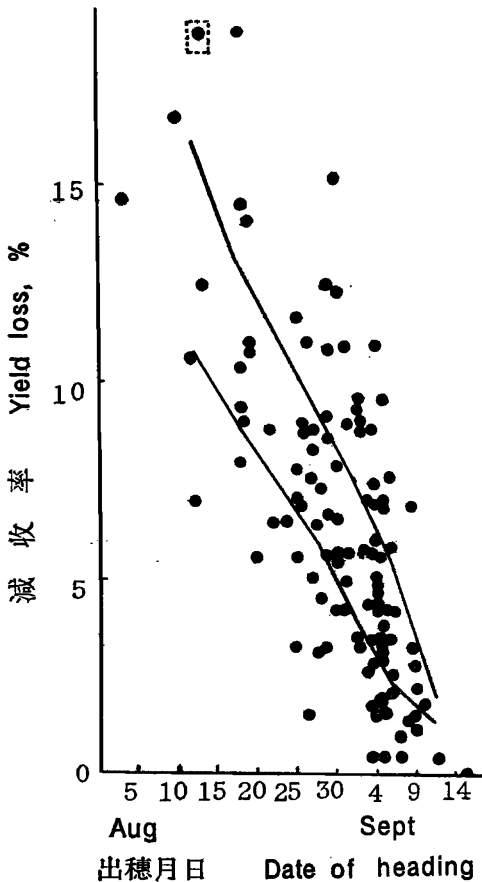


圖 3. 水稻品種之出穗期與小粒菌核病罹病度之關係 (圖中每點表示一品種。位於兩斜線之間者，可視為發病中庸之品種。位於左斜線下方之品種發病較輕。位於右斜線上方之品種，發病較重)。(後藤、深津，1954)⁽¹⁶⁾

Fig. 3. Distribution of rice varieties with respect to heading date and severity of stem rot. Varieties to the left of the left side line are considered resistant and varieties to the right of the right side line are considered susceptible

(Phenology) 之主題。況且，生育期亦可視作時間因素之單位，給予探討。

(1) 稻齡

稻齡與感染、發病之問題，可說受到從事小粒菌核病研究學者之相當重視。一般以插秧後日數表示稻齡。陳氏⁽⁹⁾研究稻齡與小黑菌核病之發病關係；採用在插秧後 15、30、45、60、75、90、105 天之臺中 65 號稻株為接種材料，並以稻稈培養基接種，結果顯示，以45天後接種者發病最高。簡氏⁽⁵⁾研究臺南 5 號之不同稻齡與小粒菌核病感染程度之關係，經室內及盆栽接種試驗，結果證明無論小黑球菌核病，第一期作自插秧後第 67~74 天；第二期作第 48~55 天之間最適病勢之進展。但在田間生長水稻之發病盛期，第一期作為66~73天（插秧之日起算）、第二期作為第 42~49 天，較此時期早或晚之接種區，其病勢進展呈漸次減少之傾向。

謝氏⁽³⁰⁾曾以切莖接種法，試驗稻齡與小粒菌核病發病之關係。氏以孕穗期、開花期、開花期後一週、二週、三週之稻為供試材料，測定稻齡與病斑進展之關係，結果顯示稻齡增加病斑亦因而增加。

(2) 出穗期

1929年 Reyes 氏報告，晚熟品種在菲律賓比早熟品種抗病性强⁽³⁸⁾。日本小野氏(1946)認為早、晚熟品種之被害差異，歸因於出穗期之不同。有許多報告指陳出穗期與發病有高度的相關性^(16,18)。後藤氏等⁽¹⁹⁾，經三年之試驗，採用五種相關性指標，即葉鞘菌核率、病莖率、莖菌核率、小野被害度⁽¹⁰⁾、GF 減收率來表出穗期與小粒菌核病之被害關係。後藤氏認為各種指標雖然相關係數有高低不同，然而出穗期與小粒菌核病有密切關係，則毫無疑義（圖三）。

六、參 考 文 獻

1. 陳其昌、林安吟 1972。水稻小粒菌核病之生態學的研究 中華植物保護學會會刊 14(4)：131—143。
2. 陳其昌、簡錦忠、黃添福 1961。稻菌核性病害之研究 第一報 施肥、品種對於菌核性病害之關係 農業研究 10(2)：40—47。
3. 陳其昌 1963。臺灣稻菌核性病害 臺大農學院研究報告 7(2)：37—53。
4. 陳其昌 1971。稻小粒菌核病 稻作病害 民國58年9月農復會舉辦稻作病害專題研討會講稿集 p.77—98。
5. 簡錦忠 1977。稻小粒菌核病之研究 1. 稻小粒菌核病之侵染與稻齡及品種之關係及其有效防治藥劑之研究 中華農業研究 26(1)：57—63。
6. 羅清澤、丁東海 1966。水稻小粒菌核病生態學之研究 中華植物保護學會會刊 8(4)：261—267。
7. 羅清澤、謝式坤鈺 1964。水稻小粒菌核病之研究 I. 小粒菌核病之分佈及其經濟重要性 中華植物保護學會會刊 6(3)：121—135。
8. 羅清澤、謝式坤鈺、李欽郎 1965。水稻小粒菌核病之研究 II. 鉀肥對水稻小粒菌核

病之防治試験 中興大學農林學報 14: 207—217。

9. 小野小三郎 1949。稻小粒菌核病と灌排水との關係 北陸農業研究 1(1): 76—83。
10. 小野小三郎 1951。稻小粒菌核病による被害評價に關する研究 北陸農業研究 1(2): 253—261。
11. 井上義孝 1951。稻小粒菌核病の被害とその防除 農業及園藝 26(1): 27—32。
12. 池屋重吉 1953。稻小粒菌核病に對する加里肥料の效果 北陸病蟲報 3: 2—4。
13. 河合一郎、森喜作、森田壽 1953。稻小球菌核病菌菌核の水田に於ける分佈 農業及園藝 28(1): 209—210。
14. 河村榮吉 1941。稻小粒菌核病の簡易大量接種法 日植病報 11(1): 20—21。
15. 河合一郎 1955。稻小粒菌核病の耕種的防除法 農業及園藝 30(5): 705—707。
16. 後藤和夫、深津量榮 1954。稻小粒菌核病に關する研究 第一報 抵抗性の品種間差異並に發生經過 東海近畿農試報告 1: 27—39。
17. 荻原種雄 1945。水稻に對する加里肥料の效果に關する研究 第一報 佐賀縣立農業試驗場。
18. 野中福次、吉井甫 1958。稻の熟度と稻小粒菌核病被害度との關係 I 稻小粒菌核病被害度及び稈侵入の时期的觀察 九州大學農學部學藝雜誌 16(3): 439—445。
19. 渡邊文吉郎 1952。稻小粒菌核病進展と水稻莖基部の生理的性質 九州農試彙報 (2): 271—276。
20. 謝式坤鈺 1974。水稻小粒菌核病抗病檢定方法之改進 中華植物保護學會會刊 16: 20—30。
21. 謝式坤鈺、梁文進 1975。茭白及水稻小粒菌核病菌之異同 中華植物保護學會會刊 17(4): 372—383。
22. Cralley, E. M. 1939. Effects of fertilizer on stem rot of rice. Univ. Agric. Exp. Stn. Bull. No. 383. 17p.
23. Ferreira, S. A. and R. K. Webster. 1975. Genetics of stem rot resistance of rice and virulence in *Sclerotium oryzae*. Phytopathology 65:968—971.
24. Ferreira, S. A. and R. K. Webster. 1975. The relationship of sporulation, sclerotial production, and growth rate to virulence and fitness of *Sclerotium oryzae*. Phytopathology 65:972—976.
25. Hsieh, Shih-pan-yu 1966. Stem rot of rice in the Philippines. M. S. thesis. Univ. of the Philippines, College of Agriculture. 72p.
26. Keim, R. and R. K. Webster. 1973. Nitrogen fertilization and severity of stem rot of rice. Phytopathology 64:178—183.
27. Keim, R. and R. K. Webster. 1974. Effect of soil moisture and temperature on viability of sclerotia of *Sclerotium oryzae*. Phytopathology 64:1499—1502.
28. Keim, R. and R. K. Webster. 1975. Fungistasis of sclerotia of *Sclerotium oryzae*. Phytopathology 65:283—287.
29. Krause, R. A. and R. K. Webster. 1972. Stem rot of rice in California. Phytopathology 63:518—523.
30. Krause, R. A. and R. K. Webster. 1972. The morphology, taxonomy, and sexuality of the rice stem rot fungus, *Magnaporthe salvinii* (*Leptosphaeria*

- salvinii*). Mycologia 64:103-114.
31. Krause, R. A. and R. K. Webster. 1972. *Sclerotium oryzae* from soil. Mycologia. 64:1333-1337.
 32. Misawa, T. and S. Kato. 1955. Physiology of the causal fungi of the stem rot of rice plant on the nitrogen metabolism. Ann. Phytopath. Soc. Jap., 19:125-128 (in Japanese with English summary).
 33. Misra, A. P., A. Mohammad and P. K. Das. 1966. Studies on the viability of sclerotia of *Sclerotium oryzae* Catt H., the incitant of stem rot of paddy in Bihar. Ind. Phytopath. 19:14-18.
 34. Nakata, K. and E. Kawamura. 1939. Studies on the sclerotial disease of rice. I. Agr. Improv. Tech. Rept. Minist. Agr. Jap. no. 139:176pp (in Japanese).
 35. Nishikado, Y. and K. Hirata. 1937. Studies on the longevity of sclerotia of certain fungi under controlled environmental factors. Ber. Ohara Inst. Landw. Forsch. 7:535-547.
 36. Nonaka, F., T. Iwata and H. Yoshii. 1958. Effect of silicic acid on the severity of rice stem rot caused by *Leptosphaeria salvinii*. Bull. Fac. Agr. Kyushu Univ. 16:447-454(J).
 37. Park, M. and L. S. Bertus. 1932. Sclerotial disease of rice in Ceylen, II. Ceylon Jour. Sci. A(Ann. Rep. Bot. Gard. Peradenya), 6:343-359.
 38. Reyes, G. M. 1929. A preliminary report on the stem rot of rice. Philipp. Agric. Rev. 22:313-331.
 39. Togashi, K. 1955. On the spore formation from Sclerotia and spore germination of *Helminthosporium sigmoideum* Cav. var. *irregulare* Cralley et Tullis. Bull. Fac. Agr. Niigatu Univ. 7:37-45 (in Japanese with English summary).
 40. Tullis, E. C. and E. M. Cralley. 1941. Longevity f Sclerotia of stem-rot fungus, *Leptosphaeria salvinii*. Phytopathology. 31:279.

Ecology of Stem Rot of Rice

Yih-tyang Huang

Crops Environment Section

Hsinchu District Agricultural Improvement Station

Hsinchu, Taiwan 300

Summary

Stem rots of rice are caused by the common stem rot (Black spherical sclerotial disease) fungus, *Magnaporthe salvinii* (Cattaneo) Krause and Webster, and the irregular stem rot (small black sclerotial disease) fungus, *Nakatea irregulare* Hara. The sclerotial state of the common stem rot fungus has been known as *Sclerotium oryzae* Catt., and the conidial state

as *Nakatea sigmoidea* (Car.) Hara. The sclerotial state of irregular stem rot fungus has been known as *S. oryzae* Cav. var. *irregulare* Roger., however, the ascigenial state of this fungus has not yet been discovered.

The growth and reproduction of the two stem rot fungi are profoundly influenced by temperature, moisture, pH and other environmental factors.

These factors affect the rates of mycelial growth, sclerotial formation and germination, and the viability of sclerotia.

The incidence of stem rots is determined under the field condition by such factors as temperature, irrigation, drainage conditions, fertilization, and the stages of rice growth.

邱人璋主編

水稻病蟲害：生態學與流行學

農復會1978年12月刊行 p. 303—317。

稻苗徒長病菌 (*Gibberella fujikuroi*) 之生態及生殖

孫 守 恭*

目 錄

- 一、稻苗徒長病之發生
- 二、稻苗徒長病之病原菌及其生殖
- 三、稻苗徒長病菌之存活
- 四、稻苗徒長病菌孢子之逸散
- 五、接種源潛勢與發病之關係
- 六、稻苗徒長病之病害環
- 七、結論及討論
- 八、參考文獻
- 九、英文摘要

一、稻苗徒長病之發生

稻苗徒長病為遠東地區水稻古老病害之一，1898年日人堀正太郎⁽¹¹⁾首先報告其發生，並謂稻熱病，胡麻葉枯病及稻苗徒長病為當時日本水稻之三大病害，嚴重被害水田發病率達20%以上。堀氏並鑑定其病原菌為 *Fusarium heterosporum* Nees. 1919年澤田兼吉⁽¹⁶⁾在臺灣發現稻苗徒長病之病原菌為子囊菌，未察其無性世代為何，乃命名此菌為 *Lisea fujikuroi*，此二名法之第二字乃紀念在臺灣首先於1916發現此病者藤黑與三郎 (Fujikuro) 之意也，1931年日本北海道大學伊藤誠哉與木村甚彌^(3, 32)對稻苗徒長病作詳盡之研究，氏等鑑定此病原菌之有性世代為 *Gibberella* 屬，其分生孢子世代為 *Fusarium moniliforme*，故其子囊孢子世代應為 *Gibberella moniliformis*，但因澤田氏首先記載，故乃記為 *Gibberella fujikuroi*。

本病之最大特徵為莖部徒長，故日人稱曰「馬鹿苗病」(Bakanae disease)，馬鹿苗者乃惡苗之意。臺灣土名曰稻公，男苗，或男穗，意謂植株高大但不結實⁽¹⁶⁾。我國農夫又稱曰白桿，因病株死後稻桿呈白色而不結實⁽²⁶⁾。

* 國立中興大學植物病理學系教授

通常稻苗徒長病在秧田期最為明顯，但病苗於插秧前後成活不多。健苗於插秧後在本田中仍可被感染。病株除稻桿修長外，葉下垂，基部數節有不定根生出。最初節上有白色菌絲，後蔓延至基部數節，最後全株被暗白色至淡紅色菌絲及孢子叢所覆蓋。如收穫期多雨，病株基部轉為藍黑色，表面生出許多藍黑色球狀小黑粒，此乃菌原菌之子囊殼。據調查，只有50%之病株產生子囊殼，餘者僅生分生孢子⁽⁶⁾。若收穫期乾旱無雨，即無子囊殼（或僅少數）產生。故二期作徒長病雖不少於一期作，但子囊殼則較一期作為少，甚至找不到子囊殼。

據日本報告⁽¹⁵⁾，水稻之穗亦被侵害形成所謂「赤黴病」。在臺灣少數後期感病者或有赤黴之穗，但經檢查，此赤黴穗多由 *Fusarium roseum* 引起。

二、稻苗徒長病之病原菌及其生殖

稻苗徒長病之病原菌：

子囊孢子世代：*Gibberella fujikuroi* (Saw.) Ito et Kimura (1931)

Sny: *Lisea fujikuroi* Sawada (1919)

Gibberella moniliformis (Sheld.) Wineland (1924)

G. fujikuroi (Saw.) Wollenweber (1931)

分生孢子世代：*Fusarium moniliforme* Sheldon (1904)

本菌之形態前人已詳細正確之記載^(3,16,26)，茲將各家對子囊孢子等之大小列如表 1：

小型分生孢子梗由氣生菌絲生出，單條或側生，基部略膨大，漸向上尖細（Phialide 型）。小型分生孢子單胞（偶有雙胞者），紡錘形或棍棒狀，通常鏈生或聚成頭狀。大型分生孢子梗由一基細胞及 2-3 頂端 Phialides 組成，上生大胞

表 1. *Gibberella fujikuroi* (*F. moniliforme*) 子囊殼及孢子大小
Table 1. Size of spores and perithecia of *G. fujikuroi* (*F. moniliforme*)

	Sawada ⁽¹⁶⁾ (μ)	Ito and Kimura ⁽³⁾ (μ)	Wollenweber ⁽¹⁶⁾ (μ)	The author (μ)
小孢子 Microconidia	6-20×3-4.5	9.92-9.68× 3.5-2.88		8.59×3.67
大孢子 Macroconidia	29-56×3.2-4.5	28.75-48.75× 3-3.75	32-50×2.7-3.5	28.75-52.5× 2.5-4.5
子囊殼 Perithecia	240-360× 150-420	239.88×225.18	280-330×220-280	283.2×247.2
子囊孢子 Ascospores	32-24×6.9	15.53×5.08	14-18×4.4-7.0	13.93×5.84

子。此種孢子細長，鐮刀形，頂端彎曲，基部有小梗狀足細胞，0-7隔膜，但80%為三隔膜。兩種分生孢子均無色，亦無厚膜孢子，老培養基中常有厚壁菌絲細胞或厚壁之大孢子，亦有藍黑色球狀菌核。子囊長棍棒狀，透明薄壁，子囊孢子橢圓形，無色、大部份有一隔膜、偶有三隔膜者。

本菌在 PDA 上生長快速，菌絲初白色，後轉白色至淡紅色。在連續照光及 20-23°C 環境下，三週後即生出橘紅色孢子叢 (Sporodochia)。如在黑暗及 28°C 以上培養、即無孢子叢、菌絲生長不良、呈淡白色、並易起突變成菌絲型或粘膜型 (Pionnotal type)、此二菌落型均無孢子叢，菌絲呈淡白色或暗紫色。

異絲生殖與性別：伊藤⁽²⁾及黑澤⁽¹⁴⁾認為稻苗徒長病菌之有性生殖為異絲生殖 (Heterothallic)，但未能在培養基上產生子囊殼。直至1973年，始由 Snyder，張義璋及孫守恭同時在美國及臺灣將二組親和性子囊孢子培養於 Sach's 培養基加氣體消毒之稻桿而獲得子囊殼⁽⁸⁾。Hsieh氏⁽²⁰⁾更進一步證明在 *F. moniliforme* 中有三組配對型，水稻上之 *F. moniliforme* 不能與玉米及甘蔗上之 *F. moniliforme* 相配，反之亦然。早在1924年 Wineland 即已將玉米 *F. moniliforme* 之二親和性菌絲相配而得子囊殼⁽³¹⁾。

筆者曾將稻苗徒長病菌單子囊孢子之後代菌株作多次相互交配培養，均不能產生子囊殼，亦即不能自相交配。其親和性係受一組對偶基因 (Allele)，A 及 a，所支配。由試驗證明，每一子囊中之 8 個孢子，一半為 A，另一半為 a (表 2)。在一組分生孢子菌株中，A 與 a 之比率約為 1:1。如將稻苗以二親和性菌株接種於其上，則於此水稻罹病後期即有子囊殼出現 (圖一)。

親和性菌株之性別 (Sexuality) 係在 Sach's 培養基中加稻桿碎塊上作交互

表 2. *G. fujikuroi* 單一子囊中子囊孢子對偶基因 (A 及 a) 之分佈
Table 2. Distribution of mating alleles (A and a) among ascospores in a single ascus of *G. fujikuroi*

菌 株 Isolate	一子囊中孢子之配對基因 Mating alleles of ascospores in an ascus		備 註 Remark
	Mating type A	Mating type a	
48	1, 3, 4, 7	2, 5, 6	第8個孢子遺失 No. 8 ascospore was lost
91	1, 2, 3	5, 6	4, 7, 8 孢子遺失 No. 4, 7, 8 ascospores were lost
93	1, 2, 7	4, 5, 6, 8	第3個孢子遺失 No. 3 ascospore was lost
ED	1, 5, 7, 8	2, 3, 4	孢子6之對偶基因未定，可能為 a No. 6 was uncertain, probably a



圖一 將二親和性菌株(93-1及93-5)接種於水稻上形成之子囊殼。
 Fig. 1. Perithecia produced on rice plants inoculated with two compatible isolates (93-1 and 93-5) of *Gibberella fujikuroi*

配對而決定之。假定將A菌株之分生孢子傾入B菌株之培養中而B菌株能早產生子囊殼及子囊孢子，若將B菌株之分生孢子傾入A菌株之培養中，而A所產生之子囊殼較B為晚，則B菌株即為雄株(♂)，A菌株為雌株(♀)。如A、B菌株之子囊殼約於同時產生，則A及B菌株均為兩性株(♀)。張義璋與孫守恭⁽⁹⁾報告在35個單子囊孢子菌株中，8菌株為兩性(48-1, 91-1, 91-2, 91-5, 93-1, 93-2, 93-5, 93-8)，10菌株為雌性(48-2, 48-5, 49, 51, 91-6, 93-6, 93-7, ED-1, ED-5, ED-8)，10菌株為雄性(48-3, 48-4, 48-6, 52, 54, 70, 91-3, ED-2, ED-3, ED-7)，另七菌株之性別未明，或為中性，或因某種原因其子囊殼未能形成。吾人預測在新培養之菌株中，兩性菌株之比率應較以上比率為大，因在實驗室中之人工培養下，兩性菌株易突變而為單性或中性。表3為兩性及單性菌株之交配結果。

三、稻苗徒長病菌之存活

1931年伊藤及木村報告稻苗徒長病菌之生活力因存在環境而異⁽⁸⁾。罹病組織放於室內，其中菌絲於1,190日後尚有76%存活，但在土中，田水內或堆肥中則生活不及七個月(表4、5)。

伊藤及木村⁽⁸⁾亦報告在稻桿上之大孢子在室溫下二年後仍有生活力，井口

表 3. *G. fujikuroi* 之兩性及單性菌株交配結果
 Table 3. Results of crossing between bisexual and unisexual strains
 of *G. fujikuroi*

接受分生孢子之菌株 Cultures receiving conidia			供給分生孢子之菌株 Culture providing conidia			子囊殼產生 Production of Pliothecia
菌株 Isolate	配對型 Mating type	性別 Sexuality	菌株 Isolate	配對型 Mating type	性別 Sexuality	
48-1	A	♂	48-2	a	♂	+
48-6	a	♀	48-1	A	♂	+
48-1	A	♂	48-5	a	♂	+
48-6	a	♀	48-3	A	♀	-
48-6	a	♀	48-4	A	♀	-
93-1	A	♂	93-5	a	♂	+
93-5	a	♂	93-1	A	♂	+
93-5	a	♂	93-2	A	♂	+
93-5	a	♂	93-7	A	♂	+
93-6	a	♂	937	A	♂	-
93-8	a	♂	ED-1	A	♂	+
936	a	♂	ED-1	A	♂	-
ED-2	a	♀	ED-1	A	♂	+
ED-3	a	♀	ED-1	A	♂	+
ED-7	A	♀	ED-5	a	♂	+
ED-7	A	♀	ED-2	a	♀	-

表 4. 罹病組織內之菌絲在試驗室之生活力 (伊藤、木村, 1931)⁽³⁾
 Table 4. Viability of mycelium in infected rice tissues stored in
 laboratory

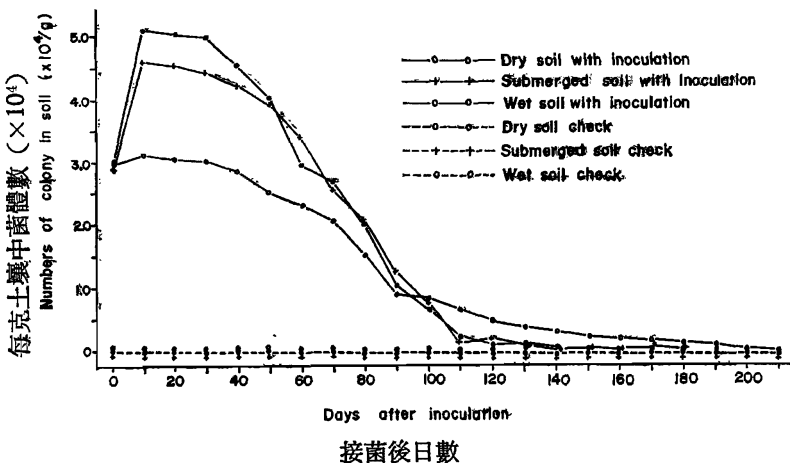
罹 病 稻 桿 Diseased stems		罹 病 穀 粒 Diseased grains	
貯 存 日 數 No. of days	分 離 百 分 率 (%) % of recovery	貯 存 日 數 No. of days	生 活 力 Viability
723	100	309	+++
769	88.46	1,009	+++
1,127	0	1,040	+++
1,190	76.47	1,405	+

表 5. 罹病組織中之菌絲在不同環境下之生活力 (伊藤、木村, 1931)⁽³⁾
 Table 5. Viability of mycelium in infected rice tissues under different conditions

處 理 Treatment	七個月後之分離率(%) % recovery 7 months after treatment	
	罹 病 稻 桿 Diseased stems	罹 病 穀 粒 Diseased grains
土中 (In soil)	5.0	
稻田水中 (In paddy water)	0	
堆肥中 (In compost)	0	0
室外 (Outdoor)	30.0	80.0
室內 (Indoor)	90.0	95.0

報告⁽²⁰⁾ 稻苗徒長病菌在室內情況下可活至第二季。泰國 Kanjansoon⁽²¹⁾報告本病菌無論在種子或罹病莖上在室溫下可生活 4-10 個月，而在 7°C 低溫下生活可達三年之久。在臺灣張義璋報告，無論室內或田間土中，本菌之分生孢子及子囊孢子可生活四個月左右⁽⁴⁾ (圖二)。

伊藤⁽³⁾將純粹培養之菌種或罹病稻桿(帶菌體)埋入土中，然後播種消毒稻種測驗其發病狀況，得知病菌在土中存活而能引發徒長病之期限不超過五個月(表 6、7)。



圖二 *F. moniliforme* 在土中之生活力

Fig. 2. Viability of *F. moniliforme* in soil

綜合以上資料，吾人可知稻苗徒長病菌在田間土中之存活能力最多為六個月，但其引發病害之潛能已大為降低。

表 6. 純粹培養之 *F. moniliforme* 在土中誘發徒長病情
(伊藤、木村, 1931)⁽³⁾

Table 6. Survival of *F. moniliforme* (Pure culture) in soil as indicated by disease incidence

消毒土接種 Sterilized soil inoculated with	發病率 Disease incidence (%)	
	50日後 At 50 days	360日後 At 360 days
Fusarium 3	21.84	0
Fusarium 7	16.91	1 plant
Fusarium 11	23.61	0
Fusarium 12	16.85	2 plants
Fusarium 17	7.88	0
Fusarium 18	27.05	0
CK	0.32	0

表 7. 病株上之 *F. moniliforme* 在自然土中引發 徒長病之
能力 (伊藤、木村, 1931)⁽³⁾

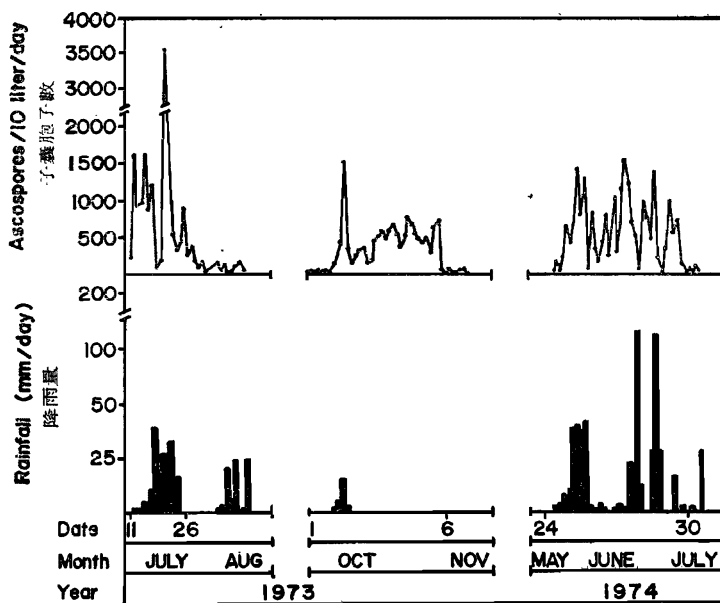
Table 7. Survival of *F. moniliforme* in diseased materials in natural soil as indicated by disease incidence

接 種 源 Inoculum	小區發病株數 (160日後) No. of diseased plants per plot at 160 days
純粹培養之胞 (Spores from culture)	0
罹病稻桿 (Diseased stems)	1
罹病稻桿之孢子 (Spores from diseased stems)	0
罹病谷粒 (Diseased grains)	1
罹病谷粒上之孢子 (Spores from diseased grains)	0
徒長病苗 (Diseased seedlings)	2
CK	1

小區面積：3×1.5尺 (Plot size: 3×1.5ft)

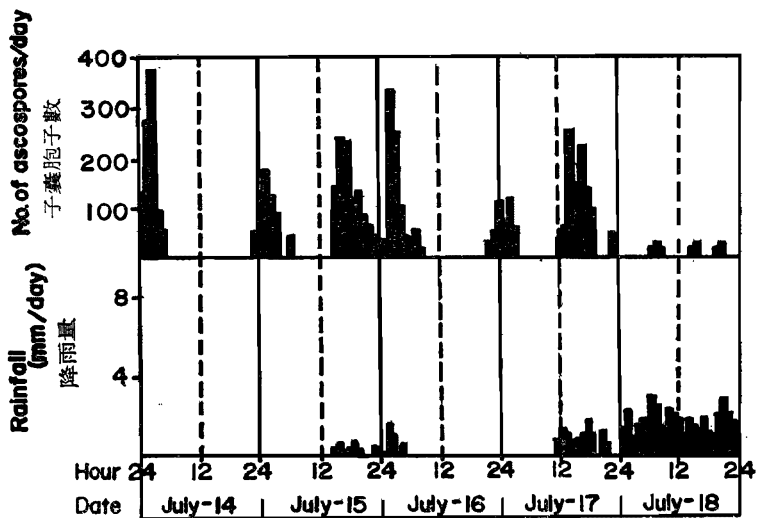
四、稻苗徒長病菌孢子之逸散

1971年佐佐木次雄⁽⁴⁾報告稻苗長病菌之分生孢子在夜間釋放，約自下午五時開始，至次晨 9 時止，但在落雨之時，日間亦有不少分生孢子逸散。孫守恭及宇



圖三 稻苗徒長病菌周年逸散情形

Fig. 3. Ascospore liberation of *Gibberella fujikuroi* from July 11, 1973 to July 10, 1974



圖四 稻苗徒長病菌子囊孢子之夜間放射

Fig. 4. Nocturnal liberation of ascospores of *G. fujikuroi*

國勝^(28,6)以赫斯特孢子採集器 (Hirst spore trap) 安置於稻田中作周年孢子逸散調查，未探到分生孢子，但得知子囊孢子為夜間式放射 (Nocturnal liberation)，通常自午夜過後開始釋放，凌晨 1-3 時放射最多。如遇天雨，無論夜間或日間於雨後即行放射 (圖三、四)。在稻作生長全期中，子囊孢子於抽穗期開始出現，直至收穫期持續約一個月，收穫後即無孢子放射，但若稻草堆積於稻田中，子囊孢子尚可持續放射約兩週。宇、孫氏⁽⁶⁾報告每個子囊殼中約有 126-135 個子囊計 1,000 餘個子囊孢子，但平均只有 990 個子囊孢子放射至空氣中，被風攜帶，故穀粒易被污染。孫氏⁽²⁸⁾報告在不太嚴重的罹病田中，每粒種子約帶有 11-14 個菌體。子囊孢子之放射需要相當高之濕度，故在午夜後方能放射，如果濕度很低，例如在室內維持相對濕度 33.2% 時，子囊孢子即不能射出而自子囊殼之孔口泌出 (ooze)⁽⁶⁾。在乾早不雨天氣下，如第二期作，中南部稻田中之稻株上亦發現有子囊孢子泌出現象。此泌出之孢子可被雨水沖至田土中，或隨稻桿落於田中而污染田土⁽²⁸⁾。

五、接種源潛勢與徒長病發生之關係

稻苗徒長病可由種子傳播^(3,5,6,8,15,18)，也可經由土壤傳播^(3,7,8,27,28)。逸見諸氏⁽¹⁵⁾報告嚴重罹病之赤黴病種子導致苗矮化，瀨戶⁽¹⁷⁾及本藏⁽¹⁾亦發現田間除徒長苗外，亦有矮化苗。Viswanath-Reddy⁽³⁰⁾指出，被感染嚴重之種子，播種後可能有矮化及徒長兩種病徵出現於田間，此乃因徒長病菌之二種代謝物 Fusaric acid 及 Gibberellic acid 相互交感而致。在臺灣，秧田中亦有徒長苗及矮化苗，惟後者較少而常被忽略。

宇及孫⁽⁷⁾以稀釋終點法^(25,29)配製一系列病土，含有不同密度之病菌數，代表不同之接種源潛勢指標 (Inoculum potential index = IPI)。若以消毒之稻種播植於此系列之病土中，將有數種病徵出現：在 IPI 高之土中，有苗枯病徵 (Seedling blight)，次高之 IPI，苗矮化及黃化等病徵，只有土中之病菌密度適中時，才有徒長苗 (表 8)。設一組病土之 IPI 為 256，九週後即降為零 IPI，IPI 愈小，愈快降為零，土壤為零 IPI 時，即不能引發徒長病，但仍可分離到 *F. moniliforme*。

徒長病在田間之潛伏期，因土中不同接種源密度而異。當土中病菌密度較低時，病徵有延緩產生之趨勢。對 20 日大種苗而言，當接種源密度為 5.16×10^3 propagules/g soil 時，六日即表現徒長病徵，但當稀釋至 3.22×10^3 propagules/g soil 時，潛伏期即延至十二日 (參看表 8)。

六、稻苗徒長病之病害環

1930年頃，日本許多著名病理學者研究稻苗徒長病者甚多，許多報告指出花期被感染者穗即成赤黴，自罹病田中採集之健全種子內亦可分離到徒長病菌。吾

人最近在臺灣之研究顯示種粒污染多來自空氣攜帶之子囊孢子，而收穫時之操作亦可使苗桿上之分生孢子污染種子⁽²⁸⁾。張、孫二氏⁽⁹⁾將稻穀剝去，分別將米粒及外殼置於 PCNB 培養基上，發現病菌只在外殼上。將田間採集之稻種放於 PCNB 上，幾乎100%出現 *F. moniliforme* 菌落，但將種子播於土中，只有33%左右之徒長病率。在臺灣亦發現稻穗被感染，但較日本為少，且赤黴穗上之谷粒多為空殼，此等空殼於風選或浸種時即被淘汰。在田間，病株上之分生孢子及子囊孢子及子囊殼常被雨水沖至田土中，病株及收穫後之殘株亦多棄至田中，

表 8. 稻苗徒長病發病潛伏期與接種源密度之關係 (宇國勝、孫守恭, 1977)⁽⁷⁾

Table 8. Relationship between inoculum density and incubation period for symptoms of rice bakanae

稀釋 Dilution	接種源密度 Inoculum density (propagules/g soil)	稻苗在兩不同潛伏期下之長度(公分)及病徵型 Plant height (cm) and symptom types in rice seedlings observed after inoculation at			
		六天 (6 days)		十二天 (12 days)	
1	66 × 10 ⁴	14.4d	SB	14.9g	SB
1:2	33 × 10 ⁴	15.4e	SB & DW	18.4fg	SB
1:2 ²	16.5 × 10 ⁴	17.0bc	YS	17.3g	SB
1:2 ³	8.25 × 10 ⁴	16.8bc	YS	19.4efg	SB
1:2 ⁴	4.13 × 10 ⁴	17.8b	YS	26.0bcde	YS
1:2 ⁵	2.06 × 10 ⁴	17.2bc	YS	25.7ede	YS
1:2 ⁶	1.03 × 10 ⁴	20.9a	SS	30.0abcd	YS
1:2 ⁷	5.16 × 10 ³	20.7a	SS	32.6ab	SS
1:2 ⁸	2.58 × 10 ³	1.74b	HS	33.5a	SS
1:2 ⁹	1.29 × 10 ³	17.4b	HS	33.3a	SS
1:2 ¹⁰	6.45 × 10 ²	16.8bc	HS	32.5abc	SS
1:2 ¹¹	3.22 × 10 ²	17.0bc	HS	31.3abcd	YS
1:2 ¹²	1.61 × 10 ²	16.9bc	HS	29.3abcd	HS
1:2 ¹³	8.06 × 10 ¹	16.8bc	HS	24.5def	HS
CK	0	17.2bc	HS	24.6de	HS

* 在 1% 顯著水準下之差異 (鄧肯氏最低差異顯著標準值)

Different letters show significant differences at 1% level (by Duncan's Least Significant Difference)

SB = 枯死苗 (Seedling blight)

SS = 徒長苗 (Slender seedlings)

DW = 矮化苗 (Dwarf seedlings)

HS = 健苗 (Healthy seedlings)

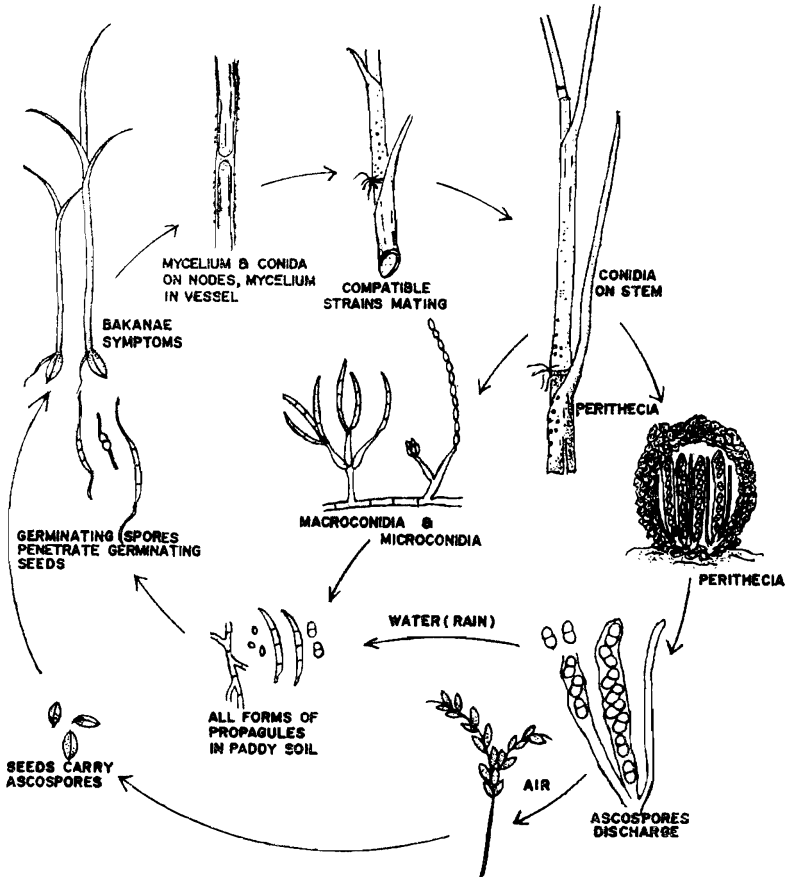
YS = 黃化苗 (Yellowish seedlings)

CK = 消毒土 (Sterilized soils)

故稻田易被 *F. moniliforme* 所污染。健苗或無菌稻種亦可在田中土壤傳播而罹徒長病。孫、張^(8,28) 報告每公克土中如有 6.7×10^3 之菌體即可引起病害，而稻田病株附近之土中平均含有 $1.1-2.4 \times 10^3$ propagules/g soil 之病菌繁殖體。

瀬戶⁽¹⁸⁾ 報告本菌亦能侵害穗之小梗，孫、張及宇氏^(28,5,8) 曾多次試圖接種稻株之地上部，除穗外，餘均未成功。徒長病之感染均在地下部，既成長株之根及根冠似乎亦有抵抗性。

本菌雖可在室內存活達1,190日，但在土中最多能生活六個月⁽³⁾。Kanjansoon⁽³¹⁾ 亦證實此點。*F. moniliforme* 在土中以仿厚膜孢子 (Functional chlamydospores)，即厚壁之菌絲或大分生孢子，在土中存活^(22,24)，其在土中之



圖五 稻苗徒長病之病害環 (台灣)

Fig. 5. Disease cycle of rice seedling blight caused by *G. fujikuroi* in Taiwan

存活期限約為四個月^(6,28)。土中之病菌密度於九週後即降至不能引起徒長病之標準⁽⁷⁾。在臺灣兩期稻作相隔約2-3個月，故插秧後之健苗，仍可被土中殘存之病菌感染。

病菌自根部或根冠侵入後，即向上蔓延進入維管束。Nisikado and kimura⁽²³⁾發現維管束內有小孢子及菌絲，呈斷續狀存在。張義璋氏⁽⁸⁾自根至穗頸基部均可分離到徒長病菌，而稻穗之感染則由子囊孢子侵害而致。當病菌在稻桿內部纏化（Colonization）完全後，乃沿節部生出菌絲，後延及全莖，並生小孢子（少數大孢子）。罹病後期莖基部轉為藍黑色，乃有子囊殼出現。子囊殼之形成需多雨或高濕，在臺灣第一期作成熟時約當4-6月，時乃雨季，故子囊殼極多，二期作成熟時自10-11月，中南部為乾季，子囊殼極少。子囊孢子及分生孢子能否立刻引起新感染，尚不得而知，但在單一稻作期內尚未發現二次感染。（圖五）。

七、結論及討論

稻苗徒長病在臺灣至為普遍，但除少數稻田外，尚未造成嚴重災害，此少數嚴重病害稻田，均係稻種未消毒所致，可見稻種帶菌及稻種消毒之重要性。雖然消毒之稻種或健苗移至本田後，仍可由土中殘存之病菌感染而罹徒長病，但不致達於嚴重程度，因本病菌在土中存活時限只有3-4個月，而接種源潛勢於第九週後即降至零，故土中病菌密度不致累積至可慮程度。但近年來屏東地區頗有興趣鼓勵每年三作，果如此，則前後作相隔時間大為縮短，則土中接種源潛勢仍在能引起病害之程度，則徒長病之發生令人憂慮。

在臺灣，由 *F. moniliforme* 引起之病害有數種，除水稻徒長病外，另有甘蔗梢腐病（Pokkah bóeng），玉米莖腐病，高糧苗腐病等，此等不同寄主之 *F. moniliforme* 是否屬同一種，乃是分類及病害方面之重大問題。最近試驗結果顯示，以不同來源之 *F. moniliforme* 交互接種於水稻、甘蔗、玉米及高糧，均可引起苗腐病，各菌株之生理特性類似，菌落形態類似，除水稻菌株外，其餘各菌株彼此間均具有交配親和性。水稻菌株之菌落型較為一致，而變異少，其餘各菌株之菌落型多而易變，由此觀之，此等不同作物之 *F. moniliforme* 應歸屬同一種，而水稻菌株有分化現象，能否成立一分化型（*formae specialis*），仍待作更多之研究。

八、參 考 文 獻

1. 本藏良三、山中達 1975。馬鹿苗病罹病稻苗の生育異常型と菌株との關係 日本植病會報 41:88。
2. 伊藤誠哉 1930。稻病害瑣談(馬鹿苗病の病原) 日本植病會報 2:276-277。
3. 伊藤誠哉、木村甚彌 1931。稻馬鹿苗病に關ちる研究 北海道農事試驗場報告第二十七號。
4. 佐佐木次雄 1971。イネ馬鹿苗病の分生孢子の飛散 日本植病會報 37:163(摘要)。
5. 宇國勝 1975。影響稻苗徒長病發生因子之研究 國立中興大學植病研究所第五屆畢業碩士論文。
6. 宇國勝、孫守恭 1976。稻苗徒長病菌子囊孢子之逸散及稻種污染 植保會刊 18:319-329。
7. 宇國勝、孫守恭 1977。稻苗徒長病傳染潛勢及發病潛伏期之研究 植保會刊 19:245-250。
8. 張義璋 1973。稻苗徒長病菌有性世代及生態之研究 國立中興大學植病研究所第三屆畢業碩士論文。
9. 張義璋、孫守恭 1975。稻苗徒長病原菌之有性世代 中華農業研究 24:11-20。
10. 島田昌一 1932。稻馬鹿苗被害株の内部形態 日本植病會報 2:471-472 (演講要旨)。
11. 堀正太郎 1898。稻の馬鹿苗試驗 農事試驗成績第十二報第一卷。
12. 梅原吉廣 1975。稻馬鹿苗病罹病イネ體内の菌分布と莖をしにする發病抑制效果について 日本植病會報 41:246 (摘要)。
13. 黑澤英一 1928。稻馬鹿苗病の病徵及病原菌に就て 台灣博物學會會報 18:230-247。
14. 黑澤英一 1934。稻馬鹿苗菌並に類似菌に關おる稻の徒長及完全孢子に就て 日本植病會報 3:69-70。
15. 逸見武雄、瀨戶房太郎、池屋重吉 1932。稻花期に於ける馬鹿苗病及び赤黴病の感染に就て 日本植病會報 2:468-470 (演講要旨)。
16. 澤田兼吉 1919。台灣菌類調查報告第一編 台灣農事試驗場特別報告第十九號。
17. 瀨戶房太郎 1931。實驗的に觀たる馬鹿苗病菌の稻苗發育に對ある徒長作用並に抑制作用に就て 日本植病會報 2:381-383。
18. 瀨戶房太郎 1934。稻馬鹿苗罹病谷粒の成生並に馬鹿苗發生の一徑路に就て 日本植病會報 4:61-63 (演講要旨)。
19. Booth, C. 1971. The genus *Fusarium*. Commonwealth Mycological Institute Kew, Surrey, England.
20. Hsieh, W.H., S.N. Smith, and W. C. Snyder. 1977. Mating groups in *Fusarium moniliforme*. *Phytopathology* 67:1041-1043.
- 20a. Iguchi, S. 1964. Overwintering of bakanae disease fungus. *Ann. Rep. Soc. PL. Prot. North Japan* 15:39.

21. Kanjansoon, P. 1965. Studies on the bakanae disease of rice in Thailand. Doc. Agric. Thesis, Tokyo University, Japan.
22. Lim, G. 1967. *Fusarium* population in rice field soils. *Phytopathology* 57: 1152-1153.
23. Nisikado, Y. and K. Kimura. 1941. A contribution to the pathogenic anatomy of rice plants affected by *Gibberella fujikuroi* (Saw.) Wollenweber. 1. Ber Ohara Inst. Landw. Forsch. 8: 421-426.
24. Nyvall, R. B. and T. Kommedahl. 1968. Individual thickened hyphae as survival structures of *Fusarium moniliforme* in corn. *Phytopathology* 58:1704-1707.
25. Onesirosan, P. T. 1971. The survival of *Phytophthora palmivora* in a cacao plantation during the dry season. *Phytopathology* 61: 975-977.
26. Ou, S. H. 1872. Rice diseases. Commonwealth Mycological Institute, Kew, Surrey, England.
27. Seto, F. 1937. Studies on the bakanae disease of the rice plant. V. On the mode of infection of rice by *Gibberella fujikuroi* (Saw.) Wr. during and after the flowering period and its relation to the occurrence of the so-called "Bakanae" seedlings. *Frosch. Geb. Pflkrankh. Kyoto* 3: 43-57 (Jap., Engl. Summ.)
28. Sun, S. K. 1975. The disease cycle of rice bakanae disease in Taiwan. *Proceed. Natl' Sci. Council* 8(2): 245-256.
29. Tsao, P. H. 1960. A serial dilution end-point method for estimating disease potentials of citrus *Phytophthoras* in soil. *Phytopathology* 50: 717-724.
30. Viswanath-Reddy, M. 1965. Inoculum potential and foot-rot of rice (*Oryza sativa* L.). *Phytopath. Z.* 53: 197-200.
31. Wineland, Grace O. 1924. An ascigerous stage and synonymy for *Fusarium moniliforme*. *J. Agric. Res.* 28: 909-922.

Ecology and Reproduction of the Rice Seedling Blight Fungus, *Gibberella Fujikuroi*

Shou-kung Sun

Department of plant pathology, National Chung Hsing University
Taichung, Taiwan 400

Summary

Rice Seedling blight, also known as bakanae disease, is an old malady of rice plants in the Orient. Fujikuro found it in Taiwan in 1916 and the causal organism was identified by Sawada in 1919 as *Lisea fujikuroi*, an ascomycete. In 1931, Ito and Kimura found both conidial and ascigerous stages of the causal organism in Japan and identified the conidial stage as *Fusarium moniliforme* and the perfect stage as *Gibberella fujikuroi*. It is a heterothallic fungus the perithecia of which can only be formed when

two compatible spores meet. In laboratory, perithecia can be produced in media by mating two compatible spores. Two alleles, *A* and *a*, control compatibility reactions. According to Chang and Sun⁽⁹⁾ half of the 8 ascospores in ascus are *A* and the other half *a*. Among single conidial isolates the ratio of *A* : *a* is approximately 1 : 1. The same authors found that among single ascospore isolates, there are hermaphrodites, unisexual males, unisexual females and neuters.

The rice seedling blight fungus produces abundant perithecia on diseased plants in Taiwan, especially in the first crop. Ascospores usually begin to discharge after midnight. In case there is rainfall, ascospore discharge may occur even during the daytime. The liberated ascospores, carried away by air currents, may contaminate the rice grains in the field. Conidia, perithecia, and ascospores are commonly washed off by rain, from rice plants or stubbles in the field, so that the paddy soils are commonly contaminated, too.

The fungus is able to maintain its viability for 2-3 years under laboratory conditions, but both mycelium and spores lost their viability in the field, within a period of 5 to 6 months. Chang⁽⁹⁾ found that both conidia and ascospores survived for about four months in soil.

The most significant phenomenon of the disease is elongation of diseased rice stems, the so called bakanae effect. But there are also stunted and blighted seedlings. These variations of symptoms are related to the inoculum potentials of the fungus in soil. Seedling blight, seedling yellows and stunting appear when there is a fairly high inoculum potential in the soil. Only in soils with moderate propagule density are bakanae symptoms produced.

邱人璋主編

水稻病蟲害：生態學與流行學

農復會1978年12月刊行 p. 319—331。

水稻苗期病害之病原與生態

簡錦忠¹ 黃益田²

目 錄

- 一、前言
- 二、種苗腐敗病
- 三、苗立枯病
- 四、參考文獻
- 五、英文摘要

一、前 言

俗云：「秧田半作」，係指秧苗生長之強弱，能影響本田期間稻株之生長和結實，所以育成強健秧苗之工作為水稻栽培作業極重要之環節。

臺灣雖然海洋四繞，但接近大陸，所以氣候受海洋之影響很大。又因屬於季風氣候區，東北季風往往挾持著寒流南下侵襲本省，因此第一期作育苗期間常常籠罩在低溫的環境下。在傳統式的水秧田初期易感染種苗腐敗病。在育苗後期氣溫逐漸回升，則常感染苗徒長病及苗稻熱病等。

自引進插秧機後，為適應機械插秧，利用木箱育苗，在插秧機推廣示範之初期，木箱育苗工作進行頗為順利。但至1971年第一期作，在彰化縣實驗區，進行木箱育苗時，却發生秧苗立枯病症為害極其嚴重，部份曾被迫重新播種^(20,21)。此後全省各地陸續發現，且幾乎每年發生，成為臺灣苗期病害之新問題。木箱育苗所發生之病害；包括種子傳染者，如稻熱病、胡麻葉枯病、苗徒長病、苗枯病、細菌性枯穀病及褐條病，土壤傳染者有苗立枯病及白絹病等^(8,9,14,20,21)。

苗期發生病害種類甚多，茲擇二種不同育苗方式所發生之主要病害苗腐敗病及苗立枯病，分述如下，至於苗徒長病，另有專文報導，不再此贅述。

二、種苗腐敗病

種苗腐敗病又稱水黴病 (Seed rot, Seedling rot, Damping off, Water-mold disease)，為秧苗前期之病害。發生於水秧田及直播田。在第一期作，尤其是直播稻受害最重。

1 臺灣省農業試驗所技正

2 新竹區農業改良場課長

病徵

水秧田中受害的穀粒表面附着白色菌絲，特別於護穎部位爲多，由此起點爲中心，經過數天後簇生白色放射狀的菌絲（範圍約 1~1.5cm）。並出現膠狀的物質，然後轉變爲鐵銹色或綠色，前者爲 *Achlya* 的分泌物，後者爲綠藻類繁殖所致。受害穀粒的內容物完全液化不能發芽。如發芽後始被害，苗生育不良變成黃色或枯死，此種症狀係 *Achlya* 侵害所致⁽¹⁰⁾。若秧苗發芽至高 15cm 左右，其近土面之莖部漸次變褐色而枯死，但基部不形成放射狀的菌絲，不過有時出現鬆疏白色菌絲，此症狀係受 *Pythium* 侵害所致⁽¹⁰⁾。

病原菌

引起種苗腐敗病之病菌係屬於水生菌科 (Saprolegniaceae) 與猝倒病菌科 (Pythiaceae) 之真菌。1912 年澤田氏⁽¹⁹⁾，1928 年 Hemme and Abe⁽²⁶⁾ 報導：*Achlya proliferata* 可引起種苗腐敗病 (Seedling rot) 1931 年 Ito and Nagai⁽²⁶⁾ 發現 12 種水生菌科菌類與種苗腐敗病有關。除了數種 *Pythium* spp. 外，分離獲得的水生菌尚包括：*Achlya americana*；*A. flagellata*；*A. flagellata* var. *yezoensis*；*A. megasperma*；*A. oryzae*；*A. racemosa*；*Dictyuchus sterile*；*Saprolegnia dicolina*；*S. anispora*；*S. thureti*；*S. monifliera*；*Isoachlya itoana*；*I. parasitica* 及 *Leptolegnia caudata*。根據病原性試驗 *A. americana* 病原性弱，其他較強。Webster *et al*⁽³¹⁾ 報導在加州種苗腐敗病係由 *A. klebsiana* 及 *Pythium* sp. 引起。Nagai⁽²⁶⁾ 報告從病種子及病苗分離獲得之 *Pythiomorpha miyabeana* 及 *P. oryzae*，具病原性。1933 年 Ito and Tokunaga⁽²⁷⁾ 報導 5 種不同 *Pythium* spp. 可引起種苗腐敗病。Ito⁽²⁸⁾ 報告 *Pythium aphanidermatum* 及 *P. helicum* 具強病原性，其他 *Pythium* spp. 病原性弱。根據 Cools⁽²³⁾ 氏之報告路易斯安娜州發生之種苗腐敗病主要由 *A. klebsiana* 及 *P. dissotocum* 引起。其他 *Achlya* 及 *Pythium* 屬之菌爲第二次侵入菌。

溫度與發病之關係

種苗腐敗病發病程度與種子發芽速率以及水黴病之活動力相關，而上述因素之深受水溫影響，在低溫之狀況下發病最嚴重^(24, 25, 26, 27, 28, 29, 30, 31)。日平均水溫 15°C 左右，種子發芽之速率低，而水黴菌活動頻繁，因此發病最嚴重。水溫在 15°C 以上時，雖水黴菌活動強，但稻種發芽速度亦快，被害較輕。15°C 以下時，發芽不良，水黴菌之活動遲滯，被害亦較輕微⁽²³⁾。

溫度對不同病原菌致病性之效應亦不相同。例如：*A. klebsiana* 之致病性受溫度影響較 *Pythium* 爲輕，*Pythium* 在 30°C 時，致病性就較 25°C 及 20°C 爲弱。而 *A. klebsiana* 在此三種不同溫度下，致病性相同⁽³¹⁾。

稻種之健康對發病之效應

稻種之健全與否影響發病程度，種子在脫殼時遭受機械性傷害之程度與播種

表 1. 脫穀機之迴轉數與腐敗病之關係 (福井農試, 1936)⁽¹⁷⁾

Table 1. Effect of r.p.m. of power thresher on the incidence of seedling rot

	每分鐘迴轉數 R.P.M.	發 病 率 (%) Disease incidence
動力脫穀機	100	28.3
	200	32.8
	300	35.3
	400	39.5
	500	51.5
	600	67.8
人力脫穀機	對照	17.5

後之發病率相關。福井農試⁽¹⁷⁾報告脫穀機之迴轉數愈高,其發病率愈高(表一)。
山口氏⁽²²⁾報告不同狀態之種穀,其發芽率及水黴菌感染率差異大(表二)。

表 2. 稻種之傷害狀態與發芽障害 (山口, 1966)⁽²²⁾

Table 2. Seed injury in relation to their germinability

供 試 稻 種 Seed tested	發 芽 率 Germinability %	病菌着生穀率 % Seed colonized by fungi	平 均 芽 長 Mean shoot length, mm
採種用脫穀種	81.0	77.0	4.2mm
受 傷 穀 種	37.0	100	1.9mm
手 採 種(無傷)	87.0	28.0	6.2mm

品種與發病

據橋岡報告⁽¹⁸⁾在來稻對腐敗病之抵抗力較蓬萊稻為差(表三)。

表 3. 在來稻與蓬萊稻之腐敗病被害程度比較 (橋岡, 1941)⁽¹⁸⁾Table 3. Comparison of the incidence of seedling rot between *japonica* and *indica* types of rice

品 種 名 Variety	在 來 稻 <i>Indica</i> type				蓬 萊 稻 <i>Japonica</i> type
	白米粉 Pai-mi-fen	烏 尖 Wu-chien	白 穀 Pai-k'ō	蟻公包 I-kung-pao	臺中65 Taichung 65
發 病 率 (%)	38	40	30	55	22

其他因素

除上述因素影響發病程度外，整地好壞，覆土與否，播種深度，肥料，都對發病產生影響⁽¹⁵⁾。覆土深度對種苗腐敗病存活之影響⁽¹⁵⁾，覆土愈深發病愈高（表四）。

表 4. 覆土深度對種苗腐敗病發病之效應（黃，未發表資料，1977）⁽¹⁵⁾
 Table 4. Effect of depth of seeding on the incidence of seedling rot of rice

覆 土 深 度 Depth of seeding, cm	發 病 率 Disease incidence %	
	稻種處理 Seeds treated ^{a)}	對 照 Check
1 公分	3.2	11.2
2 公分	5.2	26.0
3 公分	8.8	46.4

^{a)} 用大生S-60拌種處理，4 克藥劑處理1公斤種子。
 Seeds treated with Dithane S-60 at the rate of 4 g per kg seeds.

防治方法

Webster *et al*⁽³⁰⁾ 報告使用有機汞劑種子消毒，以防治種苗腐敗病之效果不佳，使用非汞種子保護劑如 Captan, Thiram, Difolatan, Dithane M-45 處理稻種，可以收到防保種苗腐敗病之效果。美國加州在不良氣候狀況下，稻種處理

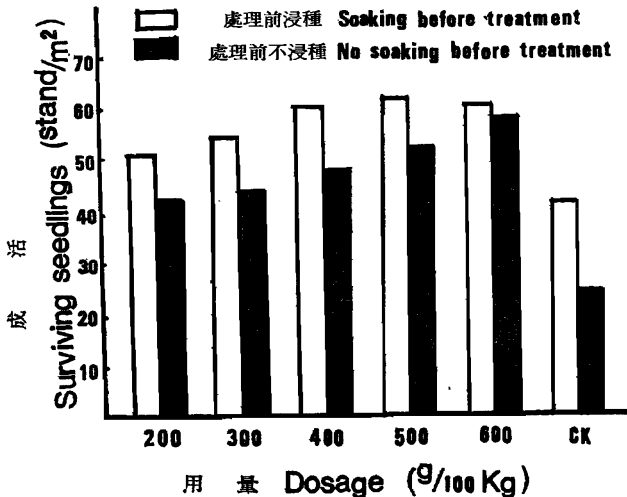


圖 1. 大生S-60拌種處理對乾田浸水型水稻苗成活數之效應（黃，未發表，1977）⁽¹⁵⁾
 Fig. 1. Effect of seed treatment with Dithane S-60 on seedling survival of direct-seeded rice

可使苗成活率增加 10~25%，正常天氣下，苗成活率增加 10%。Rush⁽²⁹⁾報導在路州 Thiram 應用最廣泛，稻種處理使苗成活率增加 15~48%。近年亦有許多藥劑參試，以 Dithane M-45 效果較佳，苗成活率可增加 27~43%。

稻種處理之效果，受播種期，播種方法之交互影響，播種期愈早愈能顯出藥劑之功效。

1977年一期作新竹區農業改良場乾田浸水型直播稻試驗結果顯示，稻種處理與否，對秧苗之成活效應非常顯著而使用量之間亦有差異⁽¹⁵⁾（見圖一）。

三、苗立枯病

苗立枯病為箱育苗發生之重要病害，箱育苗之環境與水秧田，保溫秧田之育苗環境完全不同，箱育苗法之播種密度高，管理方式不一。而且，出芽至綠化之期間，氣溫變化極大，因此提高苗立枯病發生之機率。引起苗立枯病之病原菌有數種，隸於 *Fusarium*, *Pythium*, *Rhizopus* 等屬，茲將病徵及病菌之生態分述如下。

病徵

A. *Fusarium* 屬病菌引起之病徵

立枯病苗生育不良呈萎凋狀，苗色淡褐，以至枯死。秧苗根部與接地際之鞘葉褐變，並長滿紅色之菌絲叢，根生長勢劣，出芽中嚴重感染時，引起萌後立枯，穀粒長滿紅色黴⁽⁵⁾。

B. *Pythium* 屬病菌引起之病徵

Pythium 引起之立枯病徵與 *Fusarium* 引起之病徵相似。地際部亦變褐但色澤稍淡，呈水浸狀腐敗現象，有急速萎凋枯死之特色，但不產生紅色黴狀物⁽⁵⁾。

C. *Rhizopus* 屬病菌引起之病徵

在稚苗，中苗期，尤其是出芽時，本菌繁殖迅速，苗開始綠化時苗床表面長白色黴，孢子形成後，呈灰白色。因此引起出芽不良及萌後立枯之症狀。即使出芽，苗生長惡劣呈褐色，根短而褐。鞘葉稍褐，為害嚴重時出芽後即枯萎^(4,6)。

D. 其他屬病菌引起之病徵

箱育秧苗後期，常見 *Sclerotium rolfsii* 引起之苗立枯病。被害苗莖部常有白色菌絲侵繞，被害苗葉色呈黃，隨之枯萎。此外，常見白色苗，稱假白苗 (*Pseudo-albino*)。⁽¹²⁾

被 *Mucor* 感染時，幼苗呈白色至淡褐色，以至枯死。根部發育不良，根數少變褐⁽⁷⁾。*Trichoderma* 在苗床表面形成白色黴，綠化後幼苗莖部出現青綠色的孢子塊並引起立枯症狀⁽⁹⁾。

Pseudomonas glumae 亦引起苗立枯，出芽時幼苗細小彎曲，大部份變褐

，隨之腐敗枯死。尙未枯死之被害苗，亦發生葉鞘腐敗，因此新葉不能伸出，變成捲曲，此新葉之葉鞘受感染，易腐敗枯死⁽⁹⁾。

病原菌及發病生態

A. 病原菌

Fusarium 屬中引起立枯病之病菌有 *Fusarium roseum*, *F. solani* 爲害最多者爲 *F. roseum*⁽⁸⁾。*Pythium* 屬之病原中有 *Pythium monospermum*, *P. aphanidermatum*, *P. echinocoapum*, *P. oryzae*, 及 *P. spp.*⁽⁸⁾ 屬 *Rhizopus* 屬者有 *Rh. oryzae*, *Rh. stolonifer*, *Rh. formosaensis*, *Rh. japonicus*⁽⁸⁾等。

屬於菌核性病害之病原有 *Corticium rolfsii*, *Rhizoctonia solani*, *Sclerotium hydrophilum*。此外，據簡氏⁽²¹⁾之報告，*Alternaria spp.*, *Curvularia spp.*, *Monilia spp.*, *Sclerotium spp.* 均具病原性，能引起苗立枯病。

B. 病害生態

(-)溫度與發病程度之關係

育苗期間溫度之變化對苗立枯病之發生影響極大。低溫易誘致 *Fusarium* 及 *Pythium* 屬真菌引起之立枯病，高溫則促發 *Corticium*, *Pseudomonas*, *Rhizopus* 及 *Rhizoctonia* 屬菌引起之立枯病。

據茨木氏⁽⁸⁾之報導。*Fusarium* 及 *Rhizoctonia* 屬真菌引起之苗立枯病在低溫發生較爲嚴重。他曾探討 *F. roseum* 及 *P. spp.* 在不同溫度條件下之致病性，證明稻種出芽後，經 2.5, 7.5 及 12.5°C 之低溫及在不同苗期處理相同日數，其立枯苗率因不同處理而異。其中以出芽後立即在 2.5°C 之低溫下處理 5 天，立枯苗發生率最高。詳細結果見(表五)。

柚木氏⁽⁶⁾在溫室內育苗，至 1.5 葉期，移至 3°C 及 10°C 之低溫室內處理 3 天及 7 天，發現以 3°C 處理 7 天，發病率達 39.8%，處理 3 天者達 13.6%。以 10°C 處理 7 天者發病率爲 7.5%，處理 3 天僅達 4.2%。而對照組不發病。

在本省，黃氏⁽¹⁴⁾爲探討溫度與苗枯病發病及防治效果之相互關係。曾在 61 年 12 月至 62 年 4 月間作過三次試驗。結果圖二顯示，氣溫愈低，立枯病之發病率愈高。

1973 年，茨木氏⁽⁶⁾試驗 *Rh. oryzae* 致病性與溫度之關係。發現播種後 5 日間，以 35°C 高溫處理，苗立枯病及萌前立枯發生率較高。反之，於出芽後，以 5~10°C 之低溫處理，亦能助長根障害率。

1976 年，茨木氏⁽⁹⁾報導，現行加溫出芽溫度 30~32°C，易誘發 *Trichoderma viride* 引起之苗立枯病。其報告指出，用 25, 30 及 35°C 恆溫處理，以 30°C 處理區發病率最高。

表 5. 綠化期低溫處理與苗立枯病發生之關係 (茨木, 1976)⁽⁸⁾

Table 5. Effect of low-temperature treatments at greening stage of seedlings on the incidence of seedling blight

處理溫度 Temp., °C	處理期間 Time of treatment	立枯苗率 Disease incidence (%)	
		<i>F. roreum</i>	<i>P. spp.</i>
2.5	5月 1~ 5日	6.5	68.7
	5月 6~10日	0.2	8.5
	5月11~15日	0	1.2
	5月16~20日	0	0.4
7.5	5月 1~ 5日	0.4	40.7
	5月 6~10日	0.2	6.7
	5月11~15日	0	1.4
	5月16~20日	0	0.2
12.5	5月 1~ 5日	0.4	3.7
	5月 6~10日	0	4.1
	5月11~15日	0	1.3
	5月16~20日	0	0.4

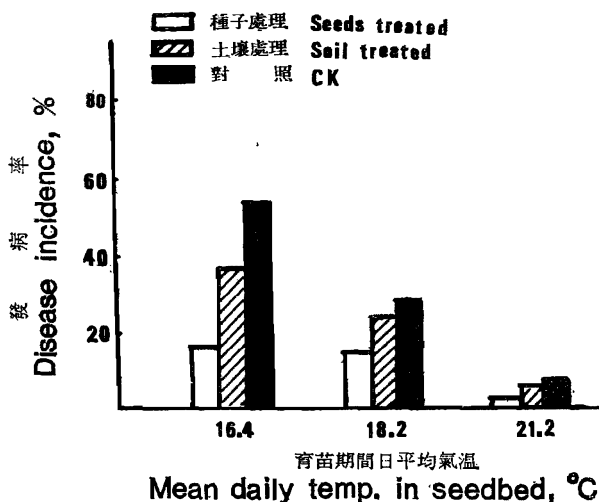
圖 2. 育苗期間之日平均氣溫與育苗箱內苗枯之發病關係⁽¹⁴⁾

Fig. 2. Effect of daily mean temperature at seedling stage on the incidence of seedling blight

其他如 *Rhizoctonia solani*, *Corticium rolfii* 及 *Pseudomonas glumae* 均在高溫之條件下易發生⁽⁹⁾。

(二)土壤種類性質與發病之關係

使用不同種類之土壤為床土，能影響苗立枯病之發生程度。柚木氏⁽⁵⁾使用不同土壤為床土，發現發病率最高者為泥沼土（70.8%），其次為陸稻連作黑色火山灰土（21.8%），再次為水田砂壤土（8.3%），合成培土最輕微（6.5%）。在臺灣，黃氏⁽¹⁴⁾報導，採用水田土壤發病率最高，其次為紅土，再次為牆土，而使用水田表土之發病率較心土為高。茨木氏⁽⁸⁾報告 *Rhizopus oryzae* 引起之苗立枯病在壤土火山灰土發病最高，其次為植壤土，再次為砂質土壤，*Trichoderma viride* 引起之立枯病在保水力小，孔隙量少之花崗岩風化土及第3紀砂岩，發病率最高，在火山灰土發病率最低⁽⁹⁾。

土壤反應（pH）亦可直接影響立枯病之發生程度。由 *Fusarium* 引起之苗立枯病，在土壤pH愈高之條件下，發病率愈高。茨木氏⁽⁹⁾指出在 pH 5 發病受強烈抑制。*S. rolfii* 引起之苗立枯病，發病率在 pH 5.5~5.6 之範圍最高，pH 4.5~4.7 最低（見圖三）⁽¹⁴⁾。*T. viride* 引起苗立枯病在 pH 4 發病最高，其次為 pH 5，pH 6 最低⁽⁸⁴⁾。

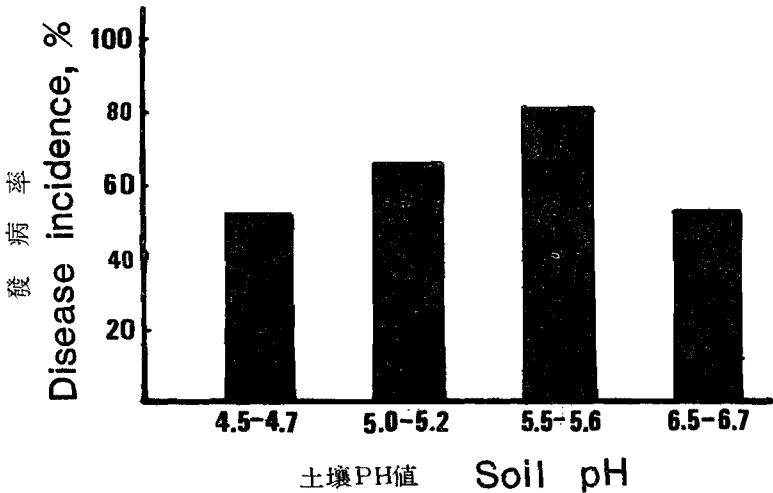


圖 3. 土壤反應性對苗立枯病發病之關係⁽¹⁴⁾

Fig. 3. Effect of soil pH on the incidence of seedling blight

(三)土壤水分與發病之關係

土壤水分與苗立枯病之發病有關。例如 *Rh. oryzae* 所引起之立枯病在土壤水分多時發病率高。反之，*T. viride* 引起之立枯病在土壤水分少時發病率高^(8,9)。

(四) 其他因素

除上述環境因素外，播種量之多寡及育苗箱之新舊因素，也能影響苗立枯病之發生程度。例如 *Rh. oryzae* 引起之苗立枯病之發病率與播種量成正化。播種量愈多，發病愈高。如表六所示。

在育苗中心使用 2~3 年的舊育苗箱，假使不消毒繼續使用，因其可能潛伏或附着病原菌，故比新育苗箱之發病率高^(12,13)。

表 6. 播種量與 *Rh. oryzae* 引起之苗立枯病之關係 (茨木, 1976)⁽⁸⁾

Table 6. Effect of rate of seeding on the incidence of seedling blight caused by *Rh. oryzae*

播種量 (g)	立枯苗率 (%)	出芽前 立枯率 (%)	不出芽率 (%)	障 害 根 苗 率 (%)	累 計 發 病 率 (%)	冠 根 異 常 苗 率 (%)
Rate of seeding(g)	%post- emergence blight	% pre- emergence blight	% non- germinated seeds	%seedlings showing root infection	Total disease incidence	% seedlings with abnormal root hat
250	4	2	1	18	25	49
200	5	2	0	16	23	21
150	3	1	1	12	17	13
100	0	1	0	13	14	11

(五) 防治方法

箱育苗發生之苗立枯病為多發性、不定性之病害。可經由種子傳染、土壤傳染或空氣傳染。因此，其防治方法亦常多所兼顧，不僅須防除附着或寄生於種子上之病菌，亦須防除土壤傳染之病菌^(1,2,11,12,13,14,21)。綜言之，箱育苗立枯病之防除須慮及下列各項問題。

1. 溫度管理：育苗管理中，最重要為溫度管理。一般稚苗之場合，催芽溫度為 30~32°C，經 2~3 天；綠化時期，日間溫度 25°C，夜間 20°C，經 2~3 天。硬化時期，晝間 20°C，夜間 15°C，14~16 天。此種溫度管理方法才合乎標準⁽⁸⁾。

2. 床土之選擇問題

選擇適宜之床土，為控制土壤環境以達到控制苗立枯病發生之一種方法。床土之 pH 不僅影響苗枯病之發生，亦左右秧苗之生長勢，作為床土之土壤，以 pH 4.5 至 5.0 間強酸性土壤為佳^(3,5,14)。

3. 藥劑防治

藥劑處理為防除苗立枯病最主要之方法。目前所推廣之殺紋寧液土壤處理法，效果最佳。據茨木氏^(3,9)之報導，殺紋寧灌注法適用於 *Fusarium roseum*, *F. solani*, *Pythium* spp., *Rhizoctonia solani*, 及 *Corticium rolfsii* 等土壤傳染性苗立枯病。*Rhizopus oryzae* 宜用 TPN 劑防治。*Trichoderma*

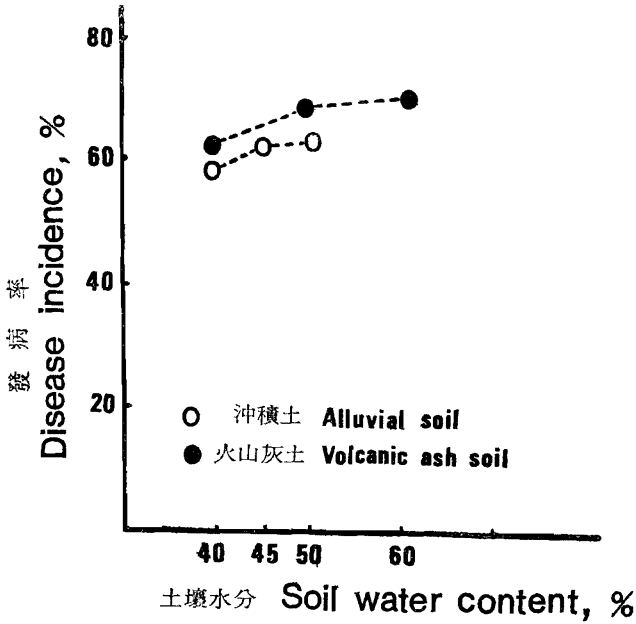


圖 4. 土壤水分與 *Rh. oryzae* 苗立枯病發病之關係 (茨木, 1976)⁽⁸⁾

Fig. 4. Effect of soil water content on the incidence of seedling blight caused by *Rh. oryzae*

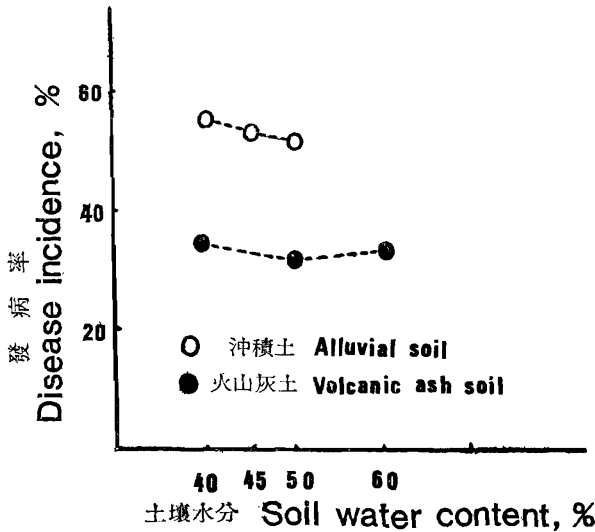


圖 5. 土壤水分與 *T. viride* 苗立枯病發病之關係 (茨木, 1976)⁽⁹⁾

Fig. 5. Effect of soil water content on the incidence of seedling blight caused by *T. viride*

viride 可用免賴得 500~1,000 倍稀釋液，在覆土後灌注 500ml 防治。種子傳染之病原菌則需用免賴得 T 劑或基多保淨劑稻種消毒。

根據黃、游二氏^(13,14)之報告，殺紋寧液劑灌注處理對苗成活率之效應不如免賴得一 T 劑塗抹處理，殺紋寧液劑對種子傳染之病原菌效果不理想，在使用上應予注意。

四、參 考 文 獻

1. 井上好之利 1972。稚苗移植と育苗技術 農藥研究 19(2) : 1—7。
2. 吉村彰治 1972。稚苗移植栽培で注意すべき病害蟲 今月の農藥 16(4) : 26—29。
3. 寺尾博 1958。育苗技術に於ける進歩の新段階 (2) 電研育苗器による稻の育苗 農業及園藝 33(1) : 15—20。
4. 佐藤善司、茨木忠雄、岩崎成夫 1974。イネ苗立枯病に關する研究 3. *Rhizopus* 屬菌の生産する毒性物質について (講要) 日植病報 40(2) : 123。
5. 柚木利文 1973。イネ苗立枯病の防除 植物防疫 27(5) : 23—26。
6. 茨木忠雄 1973。イネ苗立枯病に關する研究 1. 高温下における *Rhizopus* 屬菌の障害 (講要) 日植病報 39(2) : 141。
7. 茨木忠雄 1976a。イネ苗立枯病に關する研究 9. *Mucor* 屬菌による障害 (講要) 日植病報 42(3) : 332。
8. 茨木忠雄 1976b。水稻箱育苗における發生病害の種類、原因とその防除 [1] 農業及園藝 51(1) : 40—44。
9. 茨木忠雄 1976c。水稻箱育苗における發生病害の種類、原因とその防除 [2] 農業及園藝 51(2) : 295—298。
10. 陳其昌 1951。作物病害各論 病蟲害防治技術人員訓練班講義 p. 204—206 農林廳編印。
11. 高橋三郎 1971。機械田植用稚苗の苗立枯病の發生を顧りみて 今月の農藥 15(12) : 59—60。
12. 高橋三郎 1971。機械田植用稚苗の苗立枯病の防ぎ方 今月の農藥 15(3) : 41—43。
13. 黃益田、游俊明 1973。早秧式稻苗病害之研究 (1) 稻種消毒防治苗立枯病之效果 植物保護會刊 15(4) : 139—146。
14. 黃益田 1975。水稻苗枯病之發生及防治之檢討 農林廳編印。
15. 黃益田 1977。大生 8—60 稻種處理對直播水稻之效應 未發表。
16. 常樂武男、梅原吉廣 1974。箱育苗にともなう馬鹿苗病の防除 今月の農藥 18(3) : 14—17。
17. 福井縣立農業試驗場 1936。稻苗綿腐病に關する調査試驗成績 報告 22 號 p. 1—48。
18. 橋岡良夫 1941。一期作苗代の寒害 特に成因並に藥劑防除について 臺灣農事報 37(4) : 329—345。
19. 澤田兼吉 1912。稻苗腐敗病調査 農試特別報告第 3 號 : 1—84。

20. 簡錦忠、洪雲卿 1971。稻苗立枯病之初步觀察 農業研究 20(4): 47—50。
21. 簡錦忠、朱啓魯 1975。水稻秧苗立枯病病因之研究 研究彙報 32: 1—16。
22. 山口富夫 1966。稻灌水直播田の發芽障害の原因 今月の農藥 10(5): 52—54。
23. Cools, W. G. Jr. 1972 *Achlya* and *Pythium* species associated with the water-mold disease of rice in Southern Louisiana. A. M. S. Thesis, LSU. 36p.
24. Hashioka, Y. 1969 Rice disease in the world. IV. Diseases due to Phycomycetes (Fungal Diseases 1) *Il Riso* 18: 279—290.
25. Hemme, T. and T. Abe. 1928 An outline of the investigations on the seedling-rot of rice caused by a water-mold *Achlya proliferata* Nees. *Japan Jour. Bot.* 4: 113—124.
26. Ito, T. S. and M. Nagai. 1931 On the rot disease of the seeds and seedlings of rice plants caused by some aquatic fungi. *Jour. Fac. Agr. Hokkaido Imp. Univ.* 32: 45—69.
27. Ito, S. and Y. Tokunaga. 1933 Studies on the rot disease of rice seedlings caused by *Pythium* species. *Jour. Fac. Agr. Hokkaido Imp. Univ.* 32: 201—233.
28. Ito, T. 1943 A comparative study on the pathogenicity of some species of Saprolegniaceae and *Pythium* on rice seedling. *Ann. Phytopathol. Soc. Japan* 12: 109—115.
29. Rush, M. C., W. G. Cools and G. D. Linberg. 1971 The seed-rot and seedling disease of water planted rice in Louisiana. 63rd Annual Progress Report, Rice Experiment Station, Crowley, Louisiana p. 213—220.
30. Webster, R. K., D. H. Hall, C. M. Wick and D. M. Brandon. 1970 Seedling disease and its control in California rice fields. *The Rice Journal* 73 (8).
31. Webster, R. K., D. H. Hall, J. Hoeres, C. M. Wick, and D. M. Brandon. 1971 *Achlya klebsiana* and *Pythium* species as primary causes of seed rot and seedling disease of rice in California. *Phytopathology* 60: 964—968.

Rice Seedling Diseases: Their Etiology and Ecology

Chin-chung Chien and Yih-tyang Huang

Taiwan Agricultural Research Institute and
Hsinchu District Agricultural Improvement Station, respectively

Summary

Several fungal diseases are known to occur on rice seedlings, viz. bakanae disease, blast, damping-off (or seed rot and seedling rot) and seedling blights.

Damping-off occurs mainly under submerged condition as in the conventional rice seed bed and less frequently in the non-submerged, improved seedbed. Fungi belonging to the genera *Achlya* and *Pythium* are the

primary cause of this disease. The outbreak and severity of damping-off are mainly affected by temperature, variety, seed health, and depth of seeding. Used as seed protectants, Captan, Thiram, Difolatan and Dithane S-60 are effective for controlling damping-off.

Seedling blights are primarily found on seedling boxes under the nonsubmerged conditions. Species of *Fusarium*, *Phythium*, *Rhizopus*, *Rhizoctonia*, *Sclerotium*, *Mucor*, *Trichoderma* and *Pseudomonas* have been reported in association with seedling blights. Temperature, type, property and moisture content of the soil affect the severity of the diseases.

Tachigaren is effective for the control of seedling blights caused by *Fusarium roseum*, *F. solani*, *Rhizoctonia solani*, and *Corticium rolfsii*. TPN is most effective for seedling blight caused by *Rhizopus oryzae* and Benlate for seedling blight by *Trichoderma viridae*.

行政院農委會圖書室



0000118