

民國64年12月5日「水稻病蟲害
損失估計」研討會講稿

水稻黃葉病與黃萎病損失估計¹

Assessment of Yield Losses due to Rice Transitory Yellowing and Yellow Dwarf

謝式埤 鈺²

S. P. Y. Hsieh

- 一、前言
- 二、黃葉病之損失估計
- 三、黃萎病之損失估計
- 四、討論
- 五、參考文獻

摘要：水稻感染黃葉病或黃萎病之損失率是依病徵出現先後來決定；愈早發病損失率愈大。由於損失率與病徵出現時之稻齡呈直線相關，可以預先算好各級損失率之發病時期，再按期調查發病率，換算整個損失率。文中並討論利用此法調查損失率應注意事項及其優劣點。

一、前 言

水稻毒素病及類似毒素病害在全世界已報告者有十二種之多⁽¹⁾，臺灣已知有四種，即黃萎病 (Yellow dwarf)⁽²⁾，黃葉病 (Transitory yellowing)⁽¹³⁾，縐葉枯病 (Stripe)⁽¹⁰⁾ 和草狀矮化病 (Grassy stunt)⁽¹¹⁾，其中前兩種對本省水稻頗具威脅性，而後兩種從沒有嚴重或普遍發生之記載。

黃葉病與黃萎病皆可由黑尾浮塵子 (*Nephotettix apicalis* Motsch.)，偽黑尾浮塵子 (*N. cincticeps* Uhler) 和臺灣黑尾浮塵子 (*N. impicticeps* Ishihara) 傳播^(15,17)。前者為一種毒素病⁽¹³⁾，只發生於本省，別處尚沒有此病之報告，主要發生於第二期水稻。後者為一種菌質 (Mycoplasma) 引起之病害⁽³⁾，東南亞各水稻栽培區都有該病之發生，本省兩期水稻都有，但仍以第二期水稻較為猖獗^(1,9)。

水稻黃葉病主要分佈於臺灣之中南部及東部，北部較少，民國 49 年開始大規模發生，僅屏東地區即有 13,772 公頃受害；民國 50 年發病總面積高達 13,848 公頃；以後逐漸減少，除民國 58 年只發生 480 公頃外，每年都發生二千公頃以上。黃萎病在臺灣之分佈比黃葉病普遍，但以西海岸平原地區較多⁽²⁾，茲將近十年來臺灣黃葉病與黃萎病發生之面積抄錄於表一。

雖然黃葉病與黃萎病歷年皆很普遍地發生，但到底可引起多少之損失，而缺可靠之資料。有關這兩種毒素及類似毒素病之損失調查報告很少。少數幾篇報告是根據人工接種不同稻齡以觀察所引起之

1. 臺灣植物保護中心植物病理組綜合論述第 2 號。

2. 國立中興大學植物病理系副教授，兼臺灣植物保護中心技正。

損失^(4,5,6,12)。今以此等報告做根據，試擬損失估計方法。

表一、近十年臺灣省水稻黃葉病和黃萎病之發生面積 (公頃)¹

病 期 年 度	名 別	黃 葉 病			黃 萎 病		
		第一 期 作	第二 期 作	計	第一 期 作	第二 期 作	計
民國55年		205	3,675	3,880	4,715	37,084	41,799
56		20	3,488	3,508	2,350	21,728	24,078
57		35	2,058	2,093	235	20,283	20,518
58		63	417	480	10,358	19,976	30,334
59		175	5,876	6,051	3,990	34,573	38,563
60		183	7,158	7,341	3,414	23,519	26,933
61		59	2,805	2,864	4,007	16,116	20,123
62		515	3,642	4,157	6,489	9,806	16,295
63		322	4,374	4,696	1,077	11,859	12,936
64		130	6,487	6,617	706	7,750	8,456

1. 農林廳資料⁽⁶⁾

二、水稻黃葉病之損失估計

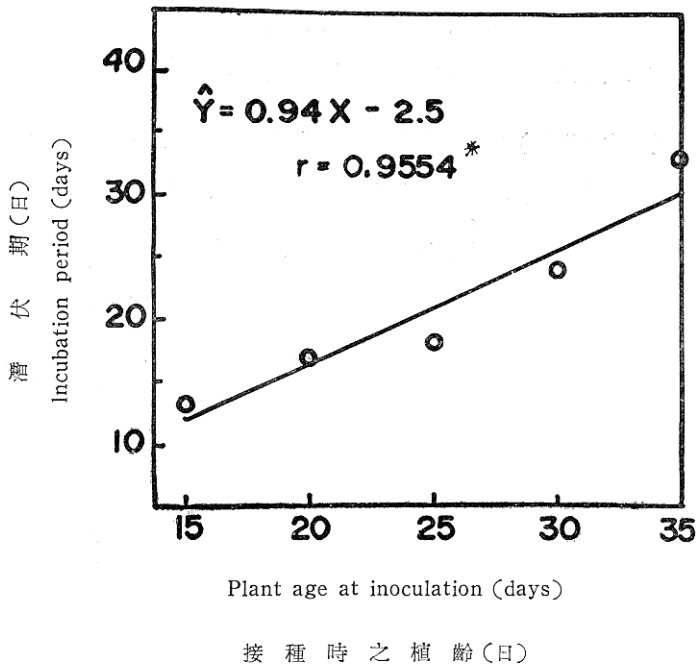
民國 53 年第二期作，高雄區農業改良會做防治試驗⁽¹⁾，以嘉南 8 號單株插秧，發現病株之產量為健株之四分之一，但用以估計產量之病株，其病徵出現時期並不齊一。同年臺中區農業改良場也以單株插秧臺中 65 號⁽¹⁾，而以病徵出現之日期為準做產量比較，結果發現病徵出現在插植後 45 天者，其平均產量最低，但因沒有同時期調查健株之產量，無法計算損失率。

謝和廖⁽¹²⁾於第二期作期間在溫室栽種臺中 65 號和臺中秈 2 號，用帶毒昆蟲接種不同植齡之水稻測定黃葉病對水稻農藝性狀之影響，得知病株之株高減低，有效分蘗數減少，穗長減短，不孕率增加，千粒重減輕，成熟期延長。被害度因不同植齡感染有很大差別；稻齡愈小受害時，影響愈大。今以謝和廖之報告進一步統計分析，以找出可行之損失估計方法，表二為臺中秈二號。播種 15 天後每隔 5 天接種一次所得之潛伏期、產量與減產率。減產率是根據每一處理之對照，即飼養未帶毒之媒介昆蟲，計算所得。由接種之先後，計算和潛伏期之相關而得圖一。由圖一可知潛伏期和接種時期有顯著相關性 $r=0.9554$ ，而接種時稻齡 (X) 與潛伏期 (Y) (均以日數表示) 之關係可由公式 $Y=0.94X-2.5$ 相互推測，也就是說在田間看到病徵出現時，可以推測在何時被感染或用人工接種後可以預期何時發病，當然在臺中秈二號只能限於植齡 15 天至 35 天之內，低於或高於此植齡則無法用此公式相互推算。從表二同樣可以算出不同植齡於感染黃葉病和產量與減產率之相關性，結果 (圖二和圖三) 都成極顯著相關。由這兩個圖可以估計不同植齡感染黃葉病時實際產量和減產率。

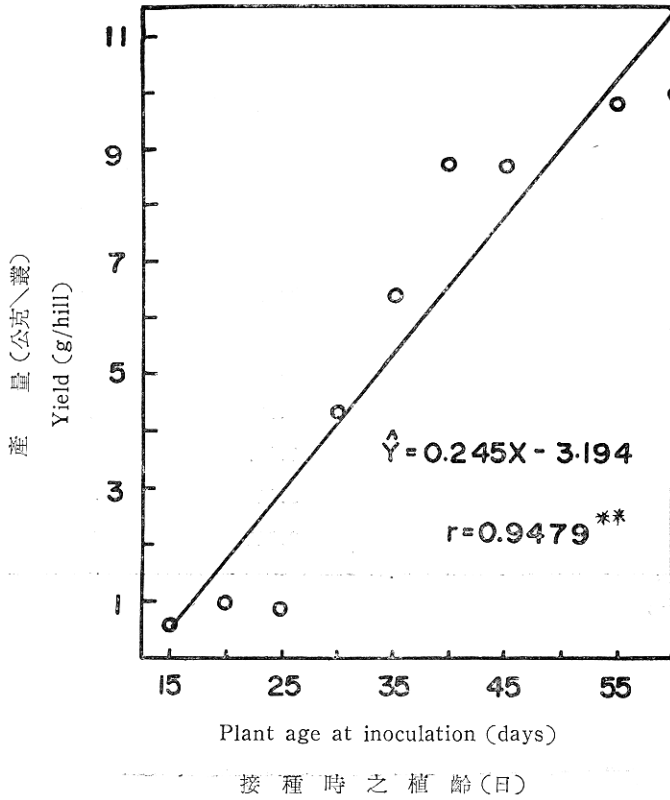
表二、水稻（臺中秈二號）在不同植齡感染黃葉病之潛伏期、產量及減產率

Plant age at inoculation (days) 接種時植齡(日)	Incubation period (days) 潛伏期(日)	Yield g/hill 產量克/叢	Yield reduction (%) 減產率(%)
15	13	0.607	94.84
20	17	1.009	90.88
25	18	0.947	88.62
30	24	4.469	53.65
35	33	6.529	23.33
40	—	8.843	0
45	—	8.732	0
50	—	9.027	0
55	—	9.912	0
60	—	10.011	0

謝和廖資料⁽¹²⁾



圖一、黃葉病毒在不同植齡之水稻（臺中秈二號）內之潛伏期

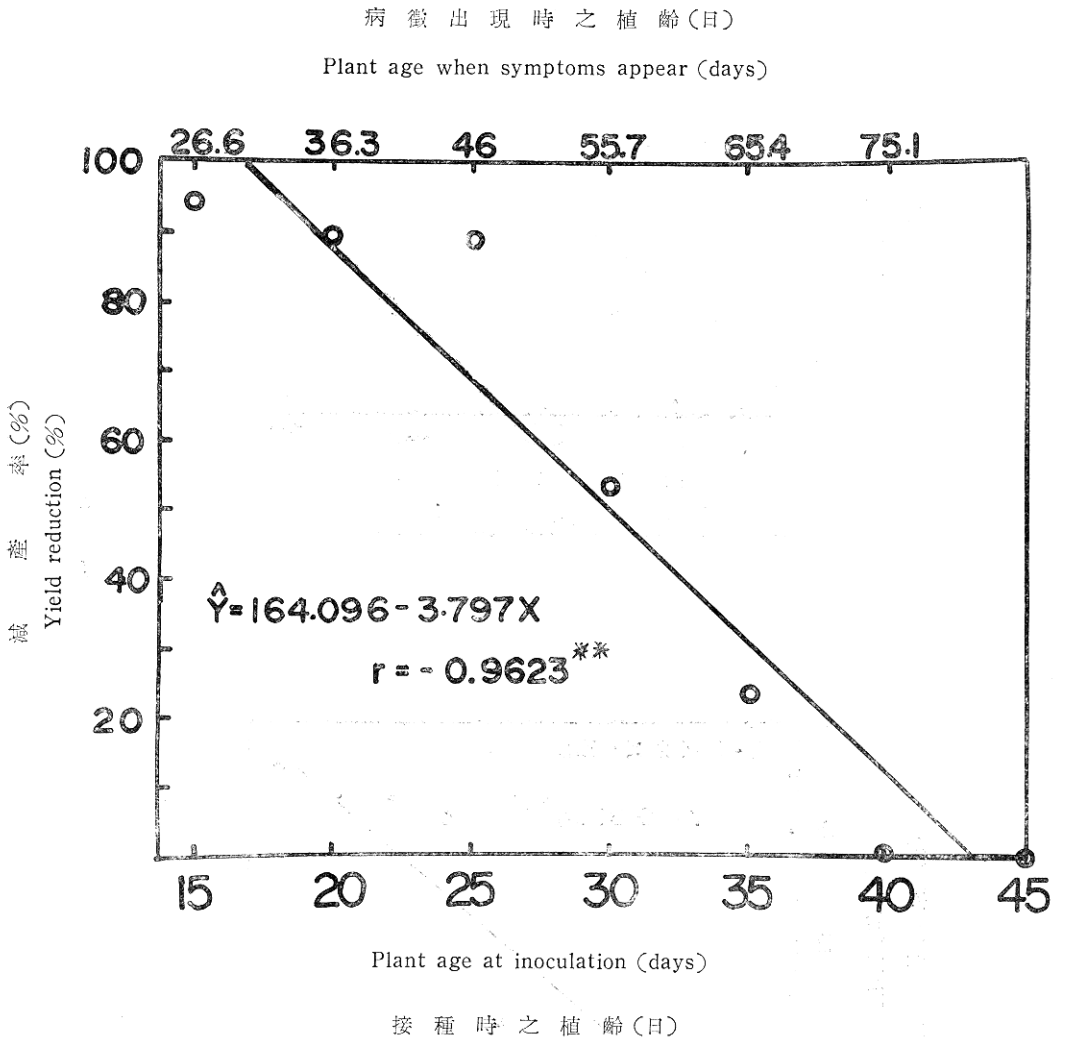


圖二、水稻 (臺中秈二號) 不同植齡感染黃葉病對產量之影響

表三、水稻 (臺中 65 號) 在不同植齡感染黃葉病之潛伏期、產量及減產率

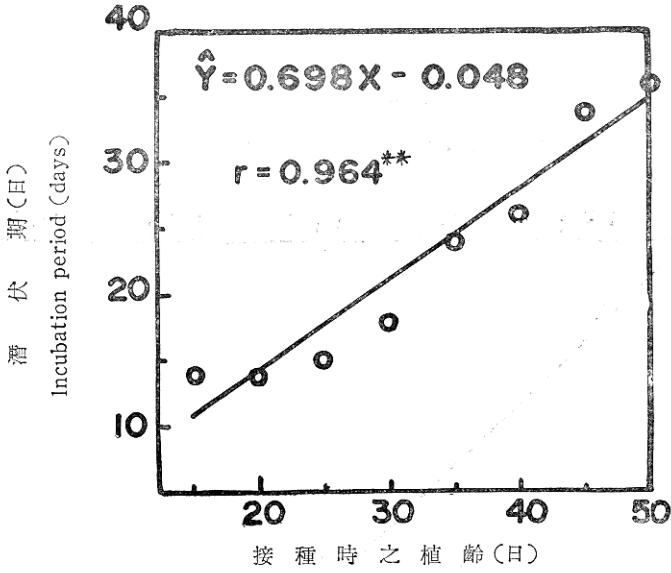
Plant age at inoculation (days) 接種時植齡	Incubation period (days) 潛伏期(日)	Yield g/hill 產量 (公克/叢)	Yield reduction (%) 減產率 (%)
15	14	0	100
20	14	0.04	99.41
25	15	0.329	95.06
30	18	0.586	91.47
35	24	0.891	87
40	26	1.482	73.99
45	34	5.296	0
50	36	5.518	13.89
55	—	5.529	1.92
60	—	6.047	0

根據謝和廖資料⁽¹²⁾

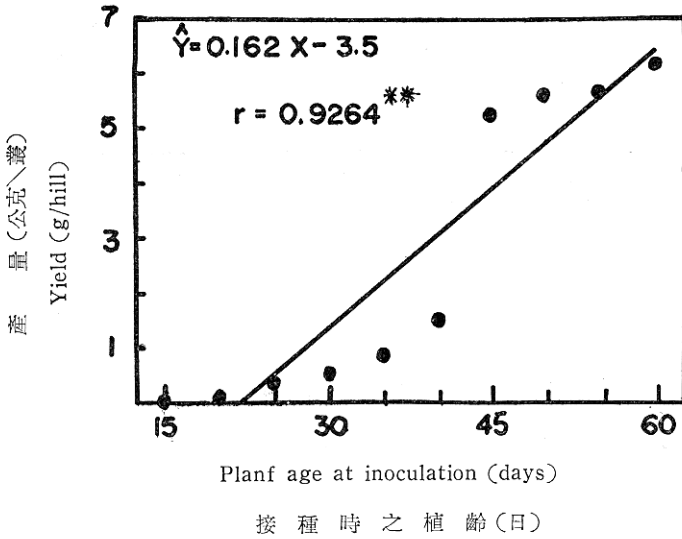


圖三、水稻(臺中秈二號)不同植齡感染黃葉病之減產率

表三為不同植齡之臺中 65 號感染黃葉病之潛伏期、產量和減產率。很顯然地臺中 65 號比臺中秈二號感病。臺中 65 號植齡 50 天接種黃葉病到收穫前尚會出現病徵，但臺中秈二號則植齡 40 天以後到收穫前就不會出現病徵。如同臺中秈 2 號，不同植齡感染黃葉病分別和潛伏期，產量和減產率成直線關係(圖四、圖五和圖六)。由圖四可以根據病徵出現期推測感染時期，或做相反之推測；但只限於植齡 15 天至 50 天之內。

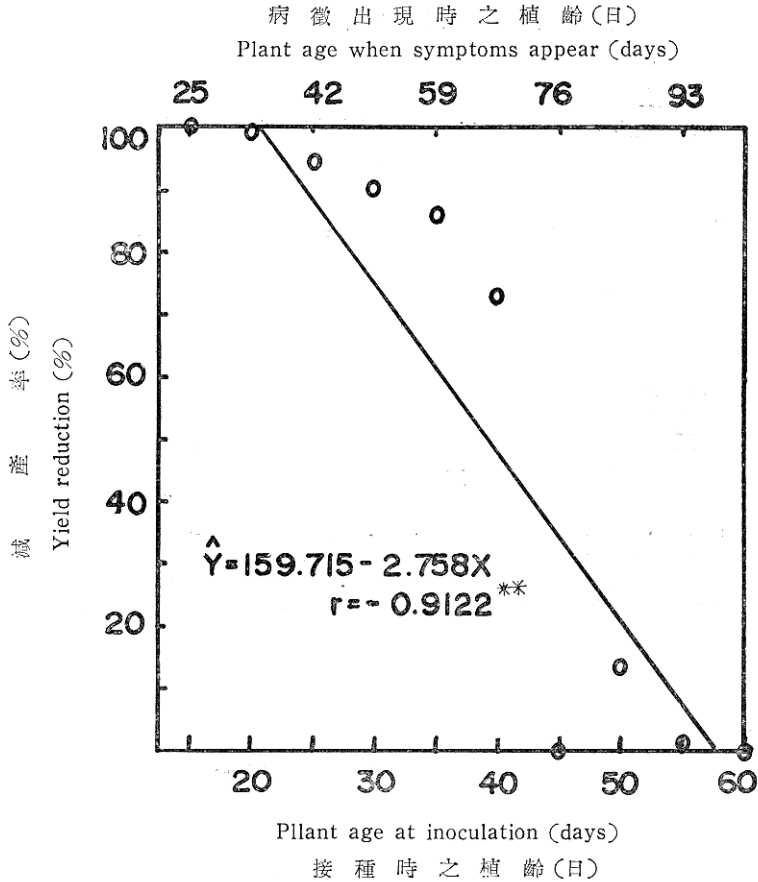


圖四、黃葉病毒在不同植齡之水稻(臺中65號)內之潛伏期



圖五、水稻(臺中65號)不同植齡感染黃葉病對產量之影響

由以上兩種品種對黃葉病之反應，可以看出黃葉病之減產率隨着感染時期之延後而減少。換言之，病徵出現愈遲，減產率也愈小。因此可以先由圖一或圖四推算不同植齡感染黃葉病時理論上何時出現病徵。圖三和圖六上方之“病徵出現時之植齡”即由此計算來的。譬如圖一於植齡20天時接種，



圖六、水稻(臺中65號)不同植齡感染黃葉病之減產率

$Y = 0.94 \times 20 - 2.5 = 16.3$ (日) 即理論上之潛伏期為 16.3 天, 再加上接種時之植齡 20 天, 即為圖三上方之 36.3 天。同樣地由圖四之公式 $Y = 0.698 X - 0.048$ 可以推算任何圖六上方之病徵出現時植齡。所以只要定期到田間調查發病率, 再根據圖三或圖六之減產率迴歸直線即可以預估減產率。但為了計算方便, 可以由圖三或圖六之相關方程式預先算出減產率 100%, 75%, 50%, 25% 或其他理想數目之減產率時何時感染黃葉病, 另由圖一和圖四之相關方程式推算出何時出現病徵, 再根據預定時期分別調查發病率, 以計算整個減產率。

例如圖三方程式推出 100% (Y) 減產率之感染時期 (X) 為 $100 = 164.096 - 3.797X$, $X = 16.88$ (日) 然後由圖一之公式算出其潛伏期 $Y = 0.94 \times 16.88 - 2.5 = 13.37$ (日)。加上感染時之植齡 16.88 日, 等於 30.25 天。也就是說, 臺中私二號植齡 30 天以前出現病徵者其減產率皆達 100%, 同法可以算出植齡 43、56、和 69 天時出現病徵之減產率分別為 75、50、和 25%。

同理可以算出臺中 65 號植齡 37、53、68 和 83 天出現病徵時之減產率分別為 100、75、50 和 25%。

由以上之推算再代入下面公式以求整個減產率

$$\text{減產率 (\%)} = \frac{AK_1 + (B-A)K_2 + [C - (A+B)]K_3 + [D - (A+B+C)]K_4 \dots}{100}$$

式中 A、B、C……分別代表第一、第二、第三……各次調查時之發病率 (%); K_1 、 K_2 、 K_3 ……

分別代表相關各調查期之減產率(%)，如臺中秈二號在植齡 30 天時調查，其 K 等於 100，又如植齡 65 天發病時之 K 等於 50。

病害減產率調查前可以預先算好不同生育期間感染黃葉病之減產率，再酌量情形分幾次調查，最後綜合算出全部減產率，當然調查次數愈多，減產率之估計也就愈準確。

三、水稻黃萎病之損失估計

水稻感染黃萎病後其農藝性狀有很大影響⁽⁵⁾；無效分蘗增多，植株極端矮化，抽穗延後，千粒重減輕，着粒數減少，抽穗畸型，不稔率很高。如同黃葉病及其他水稻毒素病及類似毒素病，早期感染常常不會孕穗，而致減產率可達 100%^(5,16,18)。後期感染則隨着植齡之增長而減產率隨着愈少。本省有關黃萎病損失估計之試驗只有陳與柯⁽⁵⁾之報告。

陳與柯⁽⁵⁾在第一和第二期作栽種臺南 5 號，分別於苗期、分蘗期、孕穗期和齊穗期接種帶毒媒介昆蟲，其結果如表四（第一期作）和表五（第二期作）。

表四、水稻（第一期作）在不同植齡感染黃萎病之潛伏期、產量及減產率

Plant age at inoculation (days) 接種時植齡 (日)	Incubation period (days) 潛伏期 (日)	Yield g/hill 產量 (公克/叢)	Yield reduction (%) 減產率 (%)
25	82.25	12.40	55.74
60	69.50	22.23	20.36
90	51.20	25.30	9.41
115	35.41	26.70	4.37
CK	—	27.92	—

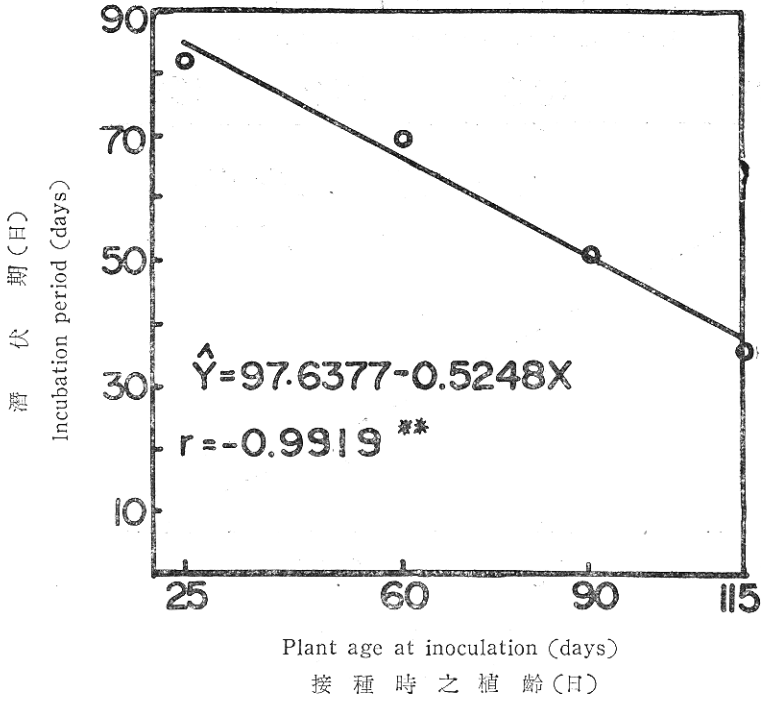
陳和柯資料⁽⁵⁾

表五、水稻（第二期作）在不同植齡感染黃萎病之潛伏期、產量及減產率

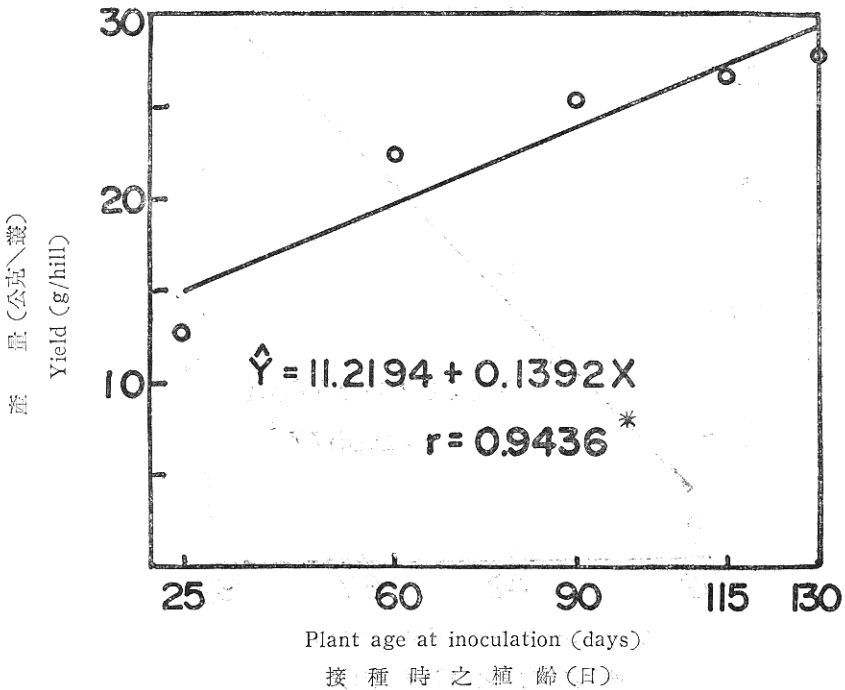
Plant age at inoculation (days) 接種時植齡 (日)	Incubation period (days) 潛伏期 (日)	Yield g/hill 產量 (公克/叢)	Yield reduction (%) 減產率 (%)
12	36.00	1.45	93.19
42	38.04	11.89	54.17
67	35.00	20.48	3.82
92	—	21.09	0.97
CK	—	21.30	—

陳和柯資料⁽⁵⁾

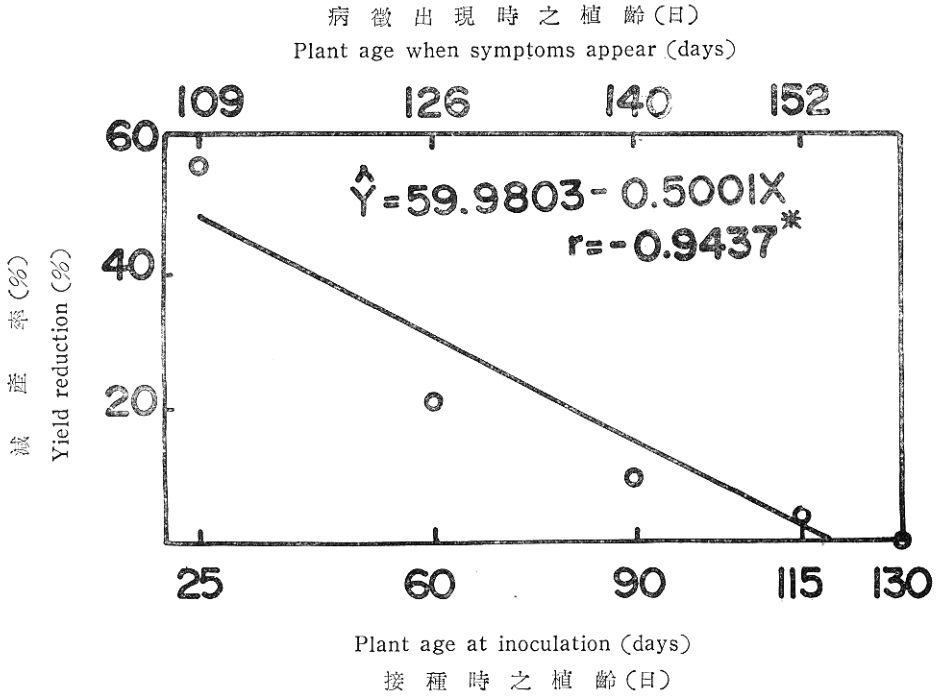
表四和表五之資料經統計分析，第一期作植齡和潛伏期成負相關（圖七），這並非意味植齡愈長感染黃萎病其潛伏期愈短，而是因為第一期作生長初期氣溫很低，隨着植齡之增長氣溫也逐漸升高，所以植齡與潛伏期所成之負相關關係由氣溫促成。第二期作期間氣溫都在 24°C 以上，植齡和潛伏



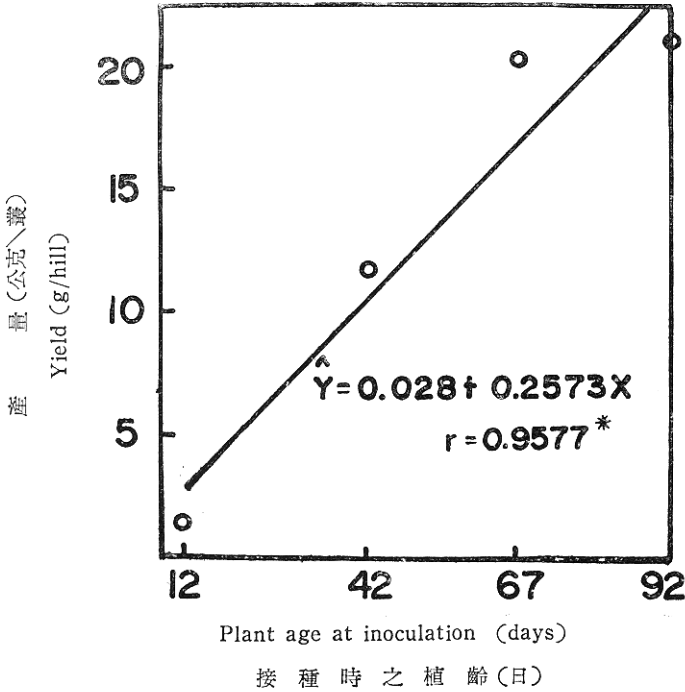
圖七、黃萎病原在不同植齡之水稻(第一期作)內之潛伏期



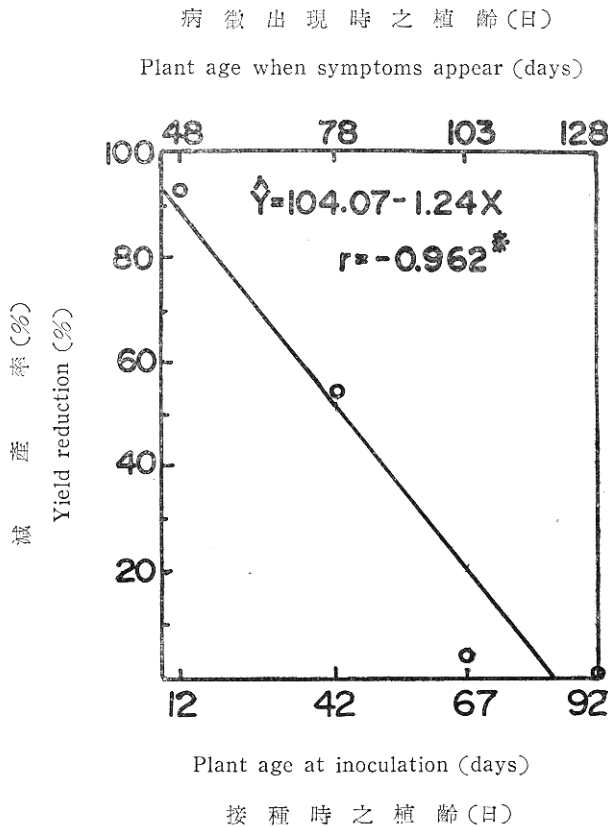
圖八、水稻(第一期作)不同植齡感染黃萎病對產量之影響



圖九、水稻(第一期作)不同植齡感染黃萎病之減產率



圖十、水稻(第二期作)不同植齡感染黃萎病對產量之影響



圖十一、水稻（第二期作）不同植齡感染黃萎病之減產率

期沒有相關性，由此可知黃萎病病原在稻體內之潛伏期跟植齡無關。

分析不同植齡接種黃萎病和產量及減產率之關係時，得到圖八、九、十和十一。第一期作之最高減產率只有約 50%，因為試驗是由植齡 25 天開始，如提早接種，可能會得到較高之減產率。

雖然黃萎病在稻體內潛伏期與接種或感染時之植齡不成相關性，但在第二期作不同植齡感染黃萎病之潛伏期是在 35~38 天之間，平均約為 36 天，如以此做基準，乃能由病徵出現日期推算感染期，或由接種時期推測病徵出現之時期。因此可以如同黃葉病之損失估計方法，事先算好減產率在那個範圍內其病徵之出現期。如圖 11 可以算出病徵出現時之植齡如為 40、60、80 和 100 天，則其減產率分別為 100、75、50 和 25%。

綜合以上之結果，很顯然地可以看出，減產率之大小是以病徵之出現先後來決定，今以新海⁽⁴⁾和後藤等人⁽⁴⁾之資料來分析，表六是農林 36 號，表七為吉光。表中接種時之植齡加上其潛伏期則得到病徵出現時之植齡，再以此病徵出現時之植齡和減產率做統計分析，而得到圖十二和圖十三之負相關，由此負相關所得之方程式同樣可以預測病徵出現之不同時期之減產率。如圖十三，吉光出現病徵時之植齡如為 120 天，圖十二農林 36 號出現病徵時之植齡如為 126 天，其減產率同為 50%。

表六、水稻（農林36號）在不同植齡感染黃萎病之潛伏期，病徵出現時植齡，產量和減產率

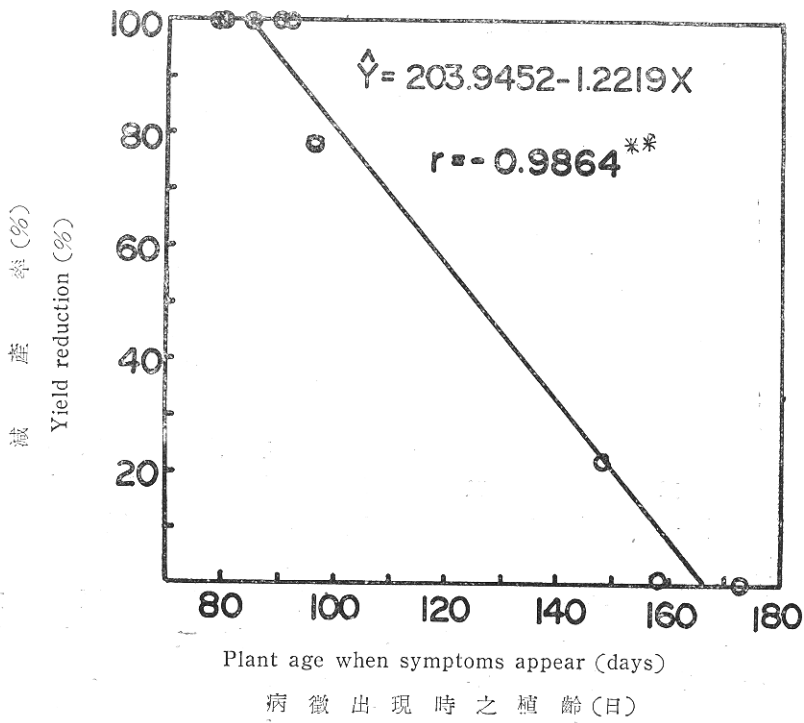
Plant age at inoculation (days) 接種時植齡(日)	Incubation period (days) 潛伏期(日)	Plant age when symptoms appear (days) 病徵出現時之植齡(日)	Yield g/hill 產量(公克/叢)	Yield reduction (%) 減產率(%)
25	65	90	0	100
31	48	79	0	100
41	39	80	0	100
45	39	84	0	100
51	39	90	0	100
58	32	90	0	100
64	28	92	0	100
69	27	96	4.2	78.57
80	68	148	15.3	21.94
88	70	158	19.4	1.02
96	77	173	19.8	0
CK	—	—	19.7	—

新添資料⁽⁶⁾

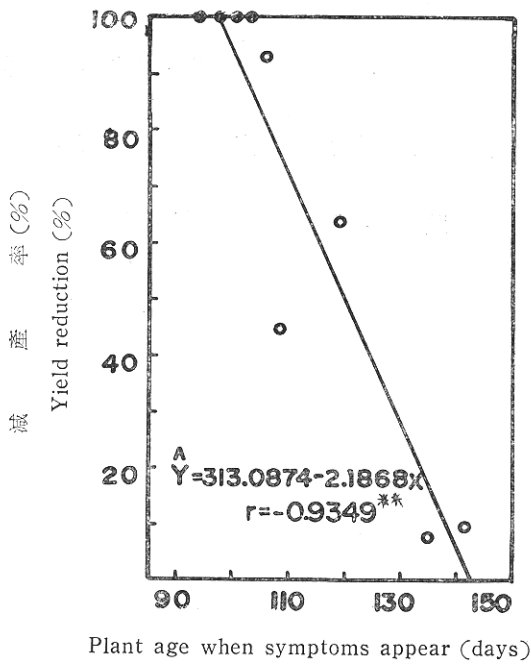
表七、水稻（吉光）在不同植齡感染黃萎病之潛伏期，病徵出現時之植齡，每叢充實粒數和減產率

Plant age at inoculation (days) 接種時植齡(日)	Incubation period (days) 潛伏期(日)	Plant age when symptoms appear (days) 病徵出現時之植齡(日)	No. of filled grain/panicle 每穗充實粒數	Yield reduction (%) 減產率(%)
45	52	97	0	100
55	39	94	0	100
61	39	100	0	100
66	38	104	0	100
72	34	106	5.4	92.85
79	30	109	41.4	45.17
86	33	119	27.6	63.44
92	43	135	69.1	8.48
100	41	141	67.9	10.07
CK	—	—	75.5	—

後藤等資料⁽⁴⁾



圖十二、水稻(農林36號)不同植齡感染黃萎病之減產率



圖十三、水稻(吉光)不同植齡感染黃萎病之減產率

四、討 論

有關水稻黃葉病損失估計方面之研究資料非常缺乏，在有限的資料內想理出一個可行之方法實在很困難，今後此方面之試驗工作應陸續加強。

水稻黃葉病皆屬系統性病害，發病程度之測量很難如各種葉斑病般地規定發病程度及等級。但由於感染先後對產量有極大之關係，所以可以用病徵出現時之植齡做為估計損失之主要根據。

影響病徵出現時期主要因子有二，一為感染時期，另一為病原在稻體內之潛伏期；前者較為單純，愈早感染病徵出現時之植齡也愈小；後者較為複雜，影響病原在稻體內潛伏期之因子以溫度最重要，高溫常常縮短潛伏期，其他如不同品種之反應，致病性强弱不同之病原，媒介昆蟲之多寡；稻本身之生理狀況等多會影響潛伏期之長短。植齡對黃葉病在稻體內之潛伏期有極顯著之相關性，但對黃萎病則無相關性。

由於氣溫太低及媒介昆蟲之密度太低，臺灣省第一期水稻從沒有受到黃葉病之威脅^(1,9)。因此黃葉病之損失估計只要注意第二期水稻即可。第二期水稻栽培期間，氣溫很適合黃葉病之發病，可以以植齡和潛伏期之相關性（圖一和圖四）相互推算感染期與發病期，進而決定調查發病率之時期，以做為推算總損失率之根據。

儘管低溫和媒介昆蟲之密度第一期作同樣不適合黃萎病之發生，但由於病原來源——第二期作再生稻所長出之病株很多，黃萎病在第一期作仍相當普遍，其嚴重性不如第二期作，但有些年份如民國56年第一期作桃園一帶曾有很嚴重發生之記錄，部份被害地區之損失率達100%，陳與柯⁽⁶⁾之報告在第一期作由植齡25天開始接種，其最高減產率只有約55%，跟實際發生情形有很大出入，秧田期在植齡25天前被感染之減產率今後應給予測定，以符合實際需要。另一方面第一期作之潛伏期主要是受氣溫左右，如第一期作初期氣溫較高時，潛伏期縮短，減產率增加，所以氣溫與黃萎病在稻體內之潛伏期應該闡明。

發病率之調查應注意媒介昆蟲棲息習性，早期發生以田畦附近較多，其他如風向等可能都會影響病株之分佈，調查時先劃分成若干小區後再由小區內隨機取樣調查。黃葉病調查可以利用澱粉累積在病葉之特性⁽¹⁴⁾採集葉尖，經酒精或不經酒精脫除葉綠素後再用碘酒染色，病葉呈暗藍色反應，以幫助發病率之計算。

本報告之資料皆由單株移植之試驗結果，實際田間移植每叢都在兩株以上，如以叢做為調查單位，可能部份感染部份保持健全，確實之比例及其對減產率之影響，今後應進一步研究。

生長初期之水稻感染黃葉病之病株，部份在生長後期有恢復現象⁽¹³⁾，恢復稻株可以開花和抽穗，但由於感染黃葉病病株之開花通常延遲10~20天⁽¹²⁾，到收穫期這些病株尚未成熟，故病株的恢復現象，並不影響利用不同時期之發病率來估計減產率。

不同品種除了直接影響病毒在稻體之潛伏期而影響減產率外，品種間也有不同之耐病性，如臺中秈二號之耐病性比臺中65號強，換言之，如兩品種之病徵出現時期相同臺中65號之減產率要比臺中秈二號高，此可以由圖三和圖六算出。為了準確地估計減產率，目前正在推廣之重要品種，應該着手試驗。這些推廣品種在不同植齡出現病徵時之減產率，以做為今後估計黃葉病和黃萎病損失之參考。

利用生育時期之發病率來估計減產率有一大優點，即早期就可以決定發病嚴重田是否值得繼續耕種下去，生育初期之水稻感染黃葉病或黃萎病，常導致嚴重損失，可能不值得繼續浪費人工，肥料等。

五、參 考 文 獻

1. 邱人璋. 1971. 水稻黃葉病. 邱人璋編著之“農復會稻作病害專題研討會講稿集” p. 168~170.
2. 邱人璋、簡錦忠. 1971. 水稻黃萎病. 邱人璋編著之“農復會稻作病害專題研討會講稿集” p. 135~154.
3. 奈須壯兆、杉浦已代治、脇本哲、飯田俊武. 1967. イネ黃萎病の病原について(講要)日本植物病理學會報 33(5): 343~344.
4. 後藤重喜、蓮子榮吉、海田春美、永井清文、若橋哲彥. 1975. イネ黃萎病の發生生態並びに發生予察方法の確立に關する特殊調査. 農作物有害動物發生予察特別報告第 27 號 p. 67~99. 農林省農蚕園芸局.
5. 陳慶忠、柯文華. 1975. 黃萎病對水稻農藝性狀之影響. 植物保護學會會刊 17: 250~262.
6. 新海昭. 1962. 稻ウイルス病の蟲媒傳染に關する研究. 農林省農業技術研究所. C(病理昆蟲) 14: 28~53.
7. 黑澤英一. 1940. 臺灣に發生する稻の萎黃病に就て, 病蟲雜誌. 27: 161~166.
8. 臺灣省農林廳. 1966~1975. 臺灣省植物保護工作總報告, 民國 55~64 年度.
9. 謝式坤鈺. 1969. 田間黃葉病媒介黑尾浮塵子帶毒的消長. 植物保護學會會刊, 11: 171~174.
10. 謝式坤鈺、邱人璋. 1969. 臺灣水稻新毒素病——縞葉枯病(摘要). 植物保護學會會刊, 11: 175.
11. 謝式坤鈺、邱人璋. 1970. 臺灣水稻新病害——草狀矮化病. 植物保護學會會刊, 12: 136~140.
12. 謝式坤鈺、廖嘉信. 1974. 不同生育期之水稻感染黃葉病後對農藝性之影響. 植物保護學會會刊, 16: 35~41.
13. Chiu, R. J., T. C. Lo, C. L. Pi, and M. H. Chen. 1965. Transitory yellowing of rice and its transmission by the leafhopper, *Nephotettix apicalis apicalis* (Motsch.). Bot. Bull. Academic Sinica. 6: 1-18.
14. Hsieh, S. P. Y. 1966. Accumulation of starch in rice leaves infected with transitory yellowing and its application to differentiate transitory yellowing from suffocating disease. Plant Prot. Bull (China) 8: 205-210.
15. Hsieh, S. P. Y., R. J. Chiu & C. C. Chen. 1970. Transmission of rice transitory yellowing virus by *Nephotettix impicticeps*. Phytopathology 60: 1534. (Abstr.)
16. Ling, K. C. and M. K. Palomar. 1967. Studies on rice plants infected with tungro virus at different ages. Philippine Agr. 50: 155-177.
17. Ou, S. H. 1972. Rice diseases, Commonw. Myco. Inst., Kew. Surrey, England.
18. Palomar, M. K. and K. C. Ling. 1968. Yield losses due to rice grassy stunt infection. Philippine Phytopathology 4: 14.