

穂いもちの発病増加曲線と薬剤散布適期について

中 村 啓 二

I 緒 言

穂いもち病の発生生態は多くの研究者によって発生環境、発生機作、発生経過、発生型、発生分布などがあきらかにされている。また圃場における発生生態に関しては平野、後藤⁷⁾の研究があるが、前記の云わば静的面の発生生態の研究にくらべ、圃場における穂いもちの発生量の増加をあきらかし、環境要因との関連を研究する云わば動的な発生生態面の研究は乏しいようである。

圃場における病害の発生量の増加の様相と変化をあきらかにすることは、単に病害増加の数学的モデルの記載にとどまらず、発生型と環境の関係を知らることにより、病害発生の予察が可能となろうし、薬剤防除の適期を生態面から決定することなど、応用面における価値も大きいものと思われる。

Plank²⁶⁾は圃場における病害発生の様相を発病量の経時的変化でとらえ、増加率(r)に関する概念を明確にし、病害防除面における r の応用について論述している。圃場における発生生態の研究は、まず圃場における発病量を測定し発病増加曲線を求め、ついで増加曲線と環境の関係から発生型を導きだし、前述の応用面へ進むのが1つの行き方であろう。この過程において静的生態面での知識が不可欠のものであることは云うまでもないことである。

穂いもちの発生型については栗林、市川¹⁴⁾のまた流行型に関する橋岡⁵⁾の研究があるが、これらの研究以後はこの方面に関する研究はほとんどないようである。また病害虫発生予察事業によって予察圃場で発生量を調査した多くのデータがあるが、調査時期の間隔が長いと発生型の決定にはあまり役立たないようである。

穂いもちの薬剤防除は、ボルドー液の使用に始まり多くの薬剤が開発され、また穂いもちの防除適期についても多くの試験の結果、穂朶期～穂揃期の散布がほぼ固定的に推奨されているのが現状である。近年水稻の栽培法の早期化によって出穂期が早くなり、これにともなって穂いもちの発生相に変化のあることが予想されるし、穂いもちに対する薬剤効果が低下したとの現地の声を聞くことも多いので、穂いもちの発生生態面から、防除時期を再検討する必要があると思われる。

この研究は圃場における穂いもちの発生量を測定することによって、穂いもちの発病増加曲線をあきらかにし、同時に薬剤が発病増加を抑制する様相を発病増加曲線上にもとめることにより、薬剤の発病抑制機構を知り、この両者から穂いもちに対する薬剤防除適期をあきらかにするため行なったものである。

この試験の一部は農林省新技術適応連絡試験によって行なわれたもので、同試験の主査後藤和夫博士には終始御援助、御指導をいただいた。また高坂渚爾博士からは病害発生増加の生態について啓発されるどころが多かった。この研究は現広島農試環境部長萩原良雄氏の指導下に行なわれ、試験の実施にあたっては、元當場病害虫科職員下中義憲、力田宏明、現當場環境部研究員半川義行、井本征史、酒井泰文君らの助力によるところが多かった。記して感謝の意を表す。

II 圃場における穂いもちの発生生態

穂いもちの感染部位は吉井³⁷⁾はじめ多くの研究によってあきらかになっている。また感染後の病斑伸長によって枝梗いもちが発生する過程、生育時期による枝梗いもちへの進展速度、風(特に台風)による穂いもちの発病増加機構などは平野、後藤⁷⁾の研究によって、ほぼその全容があきらかになったと云えるだろう。しかし圃場において環境の変化によって、枝梗いもちの初感染部位はどのように変わるか、台風による発病の増加は何時頃どの部位にあらわれるか、などの圃場における実態は必ずしもあきらかになっていないと思われる。また穂いもちの初感染部位や枝梗いもちの発病増加曲線、発生型などに関する知識は乏しいのが現状である。

この試験は既往の研究を参考にしながら、圃場における穂いもち発生の実態を把握するために行なったも

のである。

1 穂いもちの病徴と進展

1) 実験方法

広島県賀茂郡西条町農業試験場圃場においてこの試験を行なった。試験圃場の耕種方法は供試品種：愛知旭または旭二号、植付月日；6月18日、施肥量；基肥追肥を合わせて窒素 $1.3\text{kg}/a$ 、磷酸 $0.41\text{kg}/a$ 、加里 $0.78\text{kg}/a$ 、栽植密度； $25 \times 25\text{cm}$ 正条植、1株2本植とした。植付月日その他は当地方の慣行であるが、窒素の施与量は慣行の2～3割増しである。

調査方法は1958年、1959年においては所定株の調査対象穂の略図を画き、発病部位、病斑の進展状況を調査日毎に画き込んだ。1966年は1株中の草丈のもっとも高い茎の穂について同様の調査を行なった。各調査年の調査穂数は1958年、愛知旭 62穂(10株)、旭二号 78穂(10株)、1959年、愛知旭 91穂(10株)、1966年、旭二号 50穂(50株)である。

調査時期は出穂期から始め1～5日毎に成熟期まで継続した(倒伏などにより調査を中止した場合もある)。初発病部位の発生日は病徴を肉眼で認めた日とし、枝梗いもちの場合は病斑が枝梗を完全に取囲んだ日を発生日とした。穂の部位の名称はおおむね、平野、後藤⁷⁾に準拠したが、枝梗節を枝梗節と小枝梗と二次枝梗の分岐点の小枝梗節の2つにわけ、それぞれ枝梗節、小枝梗節と呼ぶことにした。

第1表 枝梗いもちの枯上り例(1958年)

品種名	感染部位	発病月日	枯上り長 (mm)	枯下り長 (mm)	備考
旭二号	枝梗節	9.26	5.6	5.6	
	穂軸節	9.20	5.6	0	枝梗へ枯上る
愛知旭	枝梗節	9.26	10.2	1.0	
	"	10.10	5.2	0	
	"	10.16	10.4	5.1	
	穂軸節	10.10	-	0	枝梗へ枯上る
	"	10.13	30.8	0	"

2) 実験結果

(1) 穂の発病部位の病徴と枝梗への進展

籾：多くの場合籾の上部から白色化し⁷⁾、籾全体が白色を呈する。次いで小枝梗を枯下り小枝梗節に達すると、枝梗の先端方向および基部方向へ進展する。先端方向への進展は数mm(1つ上位の小枝梗節まで)で停止するが、基部方向へ進展を続け枯死部が増大する「穂の枯下り現象」⁷⁾を呈する。

副護穎：副護穎全体がやや水浸状の暗紫褐色を呈する。発病後は籾の場合と同様に小枝梗へ枯下るが、護穎、小穂軸への進展はおそく籾への進展はみとめられなかった。副護穎が発病すると籾の先端が白色化することがよくあるが、このような現象は穂くび、みご、枝梗などが急激にいもち病に侵された場合や、害虫の喰害の場合によくみられる。

小枝梗節：小枝梗節が暗灰色を呈し、病斑は小枝梗を籾の方向へ進展し副護穎まで達する。小枝梗節を病斑が取囲むと穂の先端方向へ枝梗を数mm進展し停止する。次いで基部方向へ進展を続け枯下りとなる。

枝梗節：小枝梗節と同様の病徴で基部方向へ進展するが、先端方向へ進展するものも少数例ではあるがみとめられた。

穂軸節：穂軸節の部分に発病するが、病斑の色は枝梗節の場合より褐色が濃い。穂軸の片側を上下方向へ進展するが、病斑が節部を取囲むと下方へ進展し枯下りとなる。

節間：多くの場合穂軸または枝梗の側面に発病する。枝梗の発病部の色は灰色で浸潤状、病斑の長さは2～5mm程度である。空気の乾燥する昼間は病斑部が収縮し昆虫の喰害のような様相となる。上下方向へ進展するが病斑が、穂軸や枝梗を取囲むと下方へ向って進展し枯下りとなる。

以上のように病斑の進展は基本的には平野、後藤⁷⁾の枯下りであるが、少数例ではあるが顕著な枯上り現象もみられる、1958年にみられた枯上りの例を第1表に示した。枯上りの現象は枝梗節、穂軸節感染の場合に多く見られるが、その出現頻度はきわめて低く、旭二号の場合は241例中2例、愛知旭では190例中5例にすぎない。

(2) 穂いもちの感染と進展

穂いもちの初感染部位別の発生数を第2表に示した。1958年の旭二号の穂いもちの発病は、大部分が穂首およびミゴの感染によるもので、枝梗などからの枯下りによる発病は少ない。1959年の発病は全発病の3分の2が首以外の感染部位からの枯下りによる発病である。また他の部位からの枯下りによる発病は、首の感染による発病にくらべておそい時期に発生する傾向がみとめられる。

第2表 初感染部位別穂いもち

1958年(旭二号)				1959年(愛知旭)								
発病 月日	穂首 苞葉	ミ ゴ	枯下りによる発病		発病 月日	穂首 苞葉	枯下りによる発病					
			枝梗 節間	穂軸 節間			籾	枝梗 節	穂軸 節	枝梗 節間	穂軸 節間	
9.19	2	3			9.14	1						
22	1	2			22				1			
24	2	1			29	2						
26	2				10.1	2						
28	1				3			1				1
30		1			6						1	
10.2			1		10		1	1	1			1
4				1	14			1				2
計	15			2	計	5			11			

第3表 初感染部位、枝梗いもちの発生数および枝梗いもちへの進展割合

初感染 部 位	1958年(愛知旭)			1958年(旭二号)			1959年(愛知旭)			1966年(旭二号)		
	感染部 位数A	枝梗い もちB	B/A ×100									
籾	223	49	21.9	607	162	26.7	383	163	42.6	34	16	47.0
副護穎	92	47	51.1	197	17	8.6	54	29	53.7	3	1	33.3
果梗節	57	43	75.4	27	22	81.5	166	139	83.7			
" 間				1	0	0	26	12	46.2			
枝梗節	28	22	78.6	11	11	100	129	93	72.1	4	4	100
" 間	16	16	100				170	135	79.4	1	1	100
穂軸節	29	9	31.0	23	18	85.2	111	90	81.1	1	1	100
" 間	3	3	100	4	4	100	13	11	84.6			
小穂軸	2	1	50.0	7	1	14.3						
退化枝梗	2	1	50.0	6	6	100						
計	451	190	42.1	882	241	27.3	1,091	682	62.5	43	23	53.4

(3) 枝梗いもちの感染と進展

a) 圃場における感染部位

各調査年における感染部位数を第3表に示した。1958年の愛知旭では籾の発病がもっとも多く、全発病数の約半数を占め、ついで副護穎、小枝梗節に発病が多い。旭二号では籾の発病が68%を占め、ついで小枝梗節、副護穎であるが、この年の旭二号の調査は、倒伏のため愛知旭より2週間早く打切っているので、発生時期の早い籾の発病が多い結果になったが、調査を継続していたならば愛知旭と同じ結果がえられたであろう。

1959年は籾の発病が多いが、全発病数に対する割合は35%と前年よりかなり低下し、穂軸節、枝梗節など

の節部や枝梗節間の発病が増加している。1966年も籾の発病が多く全発病数の79.1%で、副護穎、節部、節間部などの発病が少ないのが特徴である。

各調査年を通じて籾の発病が最も多く副護穎、節部、節間部などの発病は、年によってかなり変動している。各調査年の気象を付表に示したが、1958年は出穂後の天候が良かったので、いもち病の発生は葉、穂とも非常に少ない年であった。1959年は出穂以降の平均気温高く、降水量も平年より多く、また9月17日、25日に台風があり穂いもちの発生が多い年であった。1966年は9月第3半旬以降の気温が急激に低下したのが特徴である。したがって初感染部位、初感染部位数、その相対的な割合は、気象環境によって変動するものと考えられる。

第4表 初感染部の発病から枝梗いもち発生までの日数

1958年(愛知旭)							1958年(旭二号)						
発病期間 (月日)	籾	副護穎	果梗節	枝梗節	枝梗節間	穂軸節	発病期間 (月日)	籾	副護穎	果梗節	枝梗節	穂軸節	穂軸節間
9.16~20	23.3 ^日	-	-	-	-	-	9.16~20	8.8 ^日	-	3.0	0	0	-
21~27	20.4	-	-	0	0	0	21~27	7.7	6.2	2.7	0	0	0
28~4	14.0	-	-	-	-	0	28~4	4.8	3.2	0.1	0	0	0
10.5~8	10.3	9.7	1.3	-	0	0	10.5~6	3.0	1.5	1.7	0	0	-
9~15	5.1	7.2	1.7	0	0	2.3							
16~20	-	2.1	0.2	0.2	0	0							

1959年(愛知旭)								備	考
発病期間 (月日)	籾	副護穎	果梗節	枝梗節	枝梗節間	穂軸節	穂軸節間		
9.11~14	9.0 ^日	5.0	0	2.0	-	2.0	0		出穂期 穂揃期
15~21	10.8	6.9	2.0	3.8	2.4	2.8	-	1958年	愛知旭 9月6日 9月10日
22~28	7.8	7.0	1.7	1.3	3.4	1.2	0		旭二号 9月8日 9月12日
29~5	4.6	4.7	1.7	2.1	3.2	3.5	2.9	1959年	愛知旭 9月1日 9月4日
10.6~14	5.5	0.6	1.4	1.7	1.1	1.7	-		

b) 圃場における枝梗いもちの発生

各調査年における枝梗いもちの発生数を、初感染部位別に調査した結果を第3表に示した。穂の初感染部位から枯下りなどによって枝梗いもちが発生するが⁷⁾、その進展割合は年によってことなり、1958年は初感染部位の42.1%が、また1959年は62.5%、1966年は53.4%が枝梗いもちへ進展した。3年間の平均で穂の感染部位の約50%が枝梗いもちへ進展したが、発生環境が罹病的な年ほど進展割合が高い傾向がみとめられる。

穂の感染部位別の枝梗いもちへの進展割合は、3年間を通じて籾が低く、進展割合が高いのは枝梗節間、枝梗節、穂軸節など枝梗自体に発病するものか、枝梗に近い部分の発病である。1959年は発病環境が罹病的であり、発病期間も長いので、枝梗に近い発病部位ほど枝梗いもちに進展しやすい傾向が、明りょうにあらわれている。

初感染部位別の枝梗いもち発生数は1958年の愛知旭では籾、副護穎、小枝梗節の感染による枝梗いもちが、それぞれ25.8%、24.7%、26.6%と発生量の大半を占め、その他の部分の発生は少ない。1959年は籾の感染によるもの23.9%、小枝梗節によるもの20.4%であるが、穂軸節13.2%、枝梗節13.6%、枝梗節間19.8%と節部、節間部の感染による枝梗いもちが多くなっている。1966年は籾の感染によるもの69.6%、枝梗部によるもの17.4%である。初感染部位別の枝梗いもちの割合は、初感染部位の割合に平行的である、したがって初感染部位別の枝梗いもち数も、気象環境に影響されるものと思われる。

c) 初感染部位から枝梗いもちへの進展期間

初感染部位の病徴がみとめられた日から、枝梗いもちの初発生日までの日数をしらべたものが、第4表である。

籾から枝梗いもちへの進展期間がもっとも長く 愛知旭では3.0~26.0日 平均16.2日、旭二号では3.0~9.8日 平均8.2日、副護穎からの進展期間は愛知旭で4.2~17.0日 平均4.7日、旭二号では2.0~5.7日 平均4.0日を要したのに対し、節部、節間部でみじかく1.0日以下であった。また初感染部位の発生時期別の枝梗いもちへの進展期間は、発病時の早いものは長く、おそいものは短かい傾向がみとめられ、穂の成熟程度が進むにつれて進展期間が短くなる傾向がみとめられる。

d) 病斑が枝梗を枯下る速さ

病斑が枝梗を穂の基部方向へ枯下る速さを、1958年の愛知旭について調査した結果を第5表に示した。初感染時期の速いもの、すなわち穂の若いうちに発生した枝梗いもちほど、枯下りの進展距離は長く30mm以上に達するものもあるが、進展の速さは穂の若い時期ではおそく、成熟するにつれて速くなる。したがって穂の若い時に発生した枝梗いもちほど、平均的な進展速度は、おそくなる傾向がみとめられた。

第5表 枝梗いもちの枯下りの速さ

発病期間 (月日)	調査 枝梗数	枝梗 病斑長 (mm)	枯下り 速さ (mm/日)
9.16~24	4	17.2	0.4
25~30	5	24.7	1.1
10.1~8	12	21.0	1.6
9~20	126	10.9	1.6

3) 小 括

穂いもちの感染部位は吉井³⁷⁾、伊藤、島田¹⁰⁾、小野^{24,25)}、平野、後藤⁷⁾らによって籾、護穎、副護穎、穂軸節、枝梗節、節間などが知られているが、この調査における感染部位も前記の結果と一致している。感染部位の割合は、籾の発病が全体の35~79%と多く副護穎、小枝梗節、穂軸節、枝梗節、節間などの発生割合は年によって変動している。

平野、後藤⁷⁾の接種試験および圃場調査によると、籾の感染が全感染部位中に占める割合が非常に高いが、これは後述する感染部位の経過によると、籾が早期に発病し、おくれてその他の感染部位が増加することから考えて、接種試験が穂揃10日後までであること、圃場調査が比軸的早い時期に行なわれていることのため、籾いもちの発生割合が高い結果になったものと考えられる。

感染部位が枝梗いもちへ進展する割合は約50%で、年によって若干変動する、また初感染部位別の枝梗いもち発生数の割合は籾、小枝梗節の感染による枝梗いもちが全体の20~25%を占め、その他の部位の発病は環境によって変動するようである。籾感染による枝梗いもちの割合は他の部位よりかなり高いが平野、後藤⁷⁾の結果にくらべれば低い、これは感染部位と同様に調査時期の差によるものと思われる。感染部位別の枝梗いもちへの進展割合は籾が低く、枝梗節間、枝梗節、穂軸節などで高い、籾は発病してから菌糸が枝梗に達するまで長時間を要するので⁷⁾、枝梗いもちへ進展する割合も低くなるのであろう。

1959年は節部、節間部の発病が多い。この年は9月1日、25日に台風があり台風後にこれらの部位の発病が増加しとくに節間部の発病増加が特異である。風によって穂が付傷し、いもち病菌が侵入しやすくなることは平野、後藤⁷⁾によってあきらかにされているが、節間部の発病についてはふれていない。しかし出穂後の経過日数が多い枝梗ほど風による付傷がはげしいこと⁷⁾節間部の発病がこの年に限られていることから、節間部の発病は、台風による付傷部分からの菌の侵入によるものと考えられる。

枝梗いもちの発生時期が早いものほど、枯下りの距離は長いが進展速度はおそい。また初感染日から枝梗いもちの初発生日までの期間を初感染時期別にみると、感染時期の早いものすなわち穂が若いうちに感染したものほど長時間を要している。この結果は平野、後藤⁷⁾の結果とおうむね一致する。枝梗の罹病性に関する既往の研究結果^{7,11,33)}とあわせ考えると、穂は成熟するにつれて抵抗力が低下するものと考えてよいようである。

2 圃場における穂いもちの発病増加

1) 実験方法 I 1 1)に同じ

2) 実験結果

(1) 感染部位の増加

籾、副護穎、節部、節間部などの感染部位別の発病増加曲線を第1図に、またこれらの合計値——全感染部位——の発病増加曲線を第3図に示した。

1958年の感染部位の発生経過は、傾穂初め頃から急激に発病が増加し、数日間の停滞後ふたたび徐々に増加する。初期の発病増加後の停滞は旭二号ではっきりあらわれているが、愛知旭ではあまりはっきりせず、ゆるやかな直線的増加となっている。初期の発病増加は主に籾の発病であり、停滞後の再増加は籾、副護穎、節部などであるが、節間の発病は他に比べて少ない。

1959年は初期の発病増加が明りょうにあらわれ、後期の増加も1958年より急速である。初期の増加は主に籾の発病によるもので、後期の増加は籾、節部、節間部の発病であるが、9月26日頃から小枝梗節、枝梗節間の発病が急増している。この年は9月17日、25日に台風があったが、病原菌の潜伏期間を10日(7.12)と考え、また9月25日頃平均気温が20°C以下²²⁾になっていることなどから、9月17日の台風による付傷が、9月26日以降の特定部位の発病の原因であろう。1966年は主に籾による初期の発病増加だけがみとめられ、後期の増加はない、これは後述するように気温の低下による発病抑制と考えられる。

感染部位の増加曲線を前期に増加する部分、後期に増加する部分に分けて実験公式¹⁶⁾のあてはめを行なうと次のようになる*。

1958年 愛知旭前期 $y=239.9[1-e^{-0.075t-0.022}]$ 、同後期 $y=700/1+e^{1.69-0.094t}$ 、旭二号前期 $y=328.7[1-e^{-0.314-0.350t}]$ 、同後期 $y=1180/1+e^{1.175-0.283t}$ 、1959年 愛知旭前期 $y=79.9[1-e^{-0.007-0.37t}]$ 、同後期 $y=1100/1+e^{2.632-0.457t}$ 、1966年 旭二号前期 $y=42.1[1-e^{-0.49-0.95t}]$

前期の増加曲線は単分子反応方程式 $y=L[1-e^{-at}]$ 、後期の増加曲線は自己触媒方程式(ロジスティック曲線) $y=L/1+e^{a-rt}$ である。前期から後期へ移行する時期は、1958年の愛知旭で初発病後15日、旭二号で12日、1959年は5日であり、罹病的な品種や環境下においては、移行するまでの時間が短いことがうかがわれる。

(2) 枝梗いもちの増加

籾感染部位別の枝梗いもちの発病増加曲線を第3図に、その合計値を第2図に示した。枝梗いもちの初発生は初感染部位に発病をみとめた日から0~6日後、平均3.0日でみられるが、初発生後の発生経過は年、品種などによってことなっている。1958年の愛知旭では初発生後約18日間籾、小枝梗節の感染による枝梗いもちが徐々に増加しているが、その増加速度はきわめておそい、10月初旬の収かく期頃に籾、副護穎、小枝梗節、枝梗節、節間部の感染による枝梗いもちが急激に増加する。旭二号では初感染部位の発病後2日で枝梗いもちの発生がみられ、4日間の停滞後急激に増加する。初期の発病増加は主に籾の感染によるものであり、後期の増加も籾の感染による発病で、その他の部位による発病は少い、これは倒伏によって調査を中止した為で調査を継続したならば、おそらく10月8日以降に、籾以外の部位の感染による枝梗いもちが増加したものと考えられる。

1959年の愛知旭では初感染部位の発病後ただちに枝梗いもちの発生がみられる、初期の発病は主に籾の感染によるものであるが、9月17日の台風後節間、枝梗節、穂軸節などの感染による枝梗いもちが増加する。また1966年の旭二号は初感染部位の発病後、約6日で枝梗いもちが発生する、感染部位は主に籾であり、9月中旬から枝梗節の感染によるものが若干発生するが、9月末になると発病増加は完全に停滞する。

枝梗いもちの増加曲線に実験公式¹⁶⁾のあてはめを行なうと次のようになる*。

1958年 愛知旭前期 $y=1.09t-0.24$ 、同後期 $y=0.055e^{0.16t}$ 、旭二号前期 $y=0.78e^{0.505t}$ 、同後期 $y=273/1+e^{0.05-0.24t}$ 、1959年 愛知旭前期 $y=11.68[1-e^{-0.27-0.47t}]$ 、同後期 $y=750/1+e^{3.62-0.25t}$ 、1966年 旭二号前期 $y=24.16[1-e^{-0.72-1.09t}]$

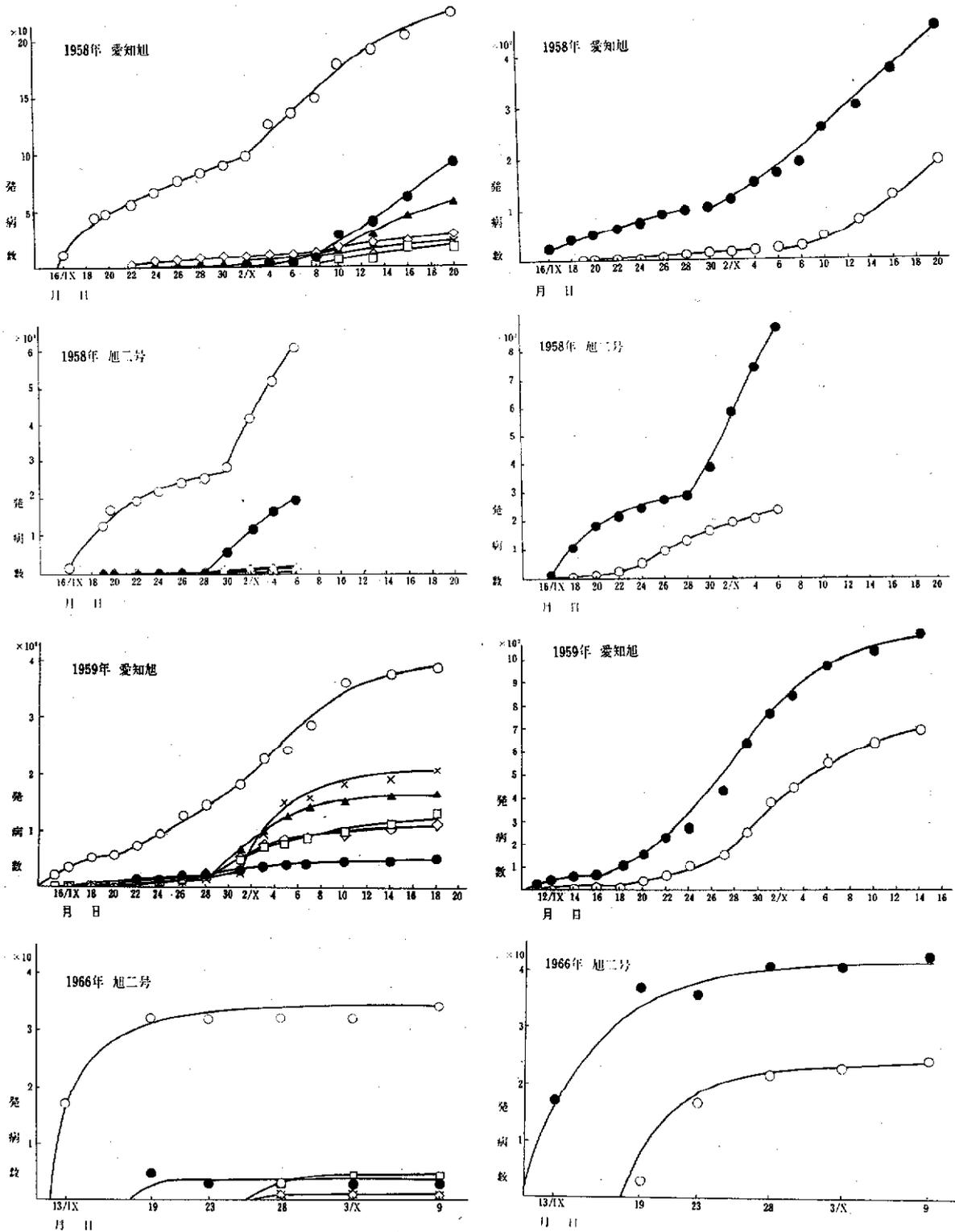
前期の増加曲線は単分子反応方程式、対数増殖方程式 $Y=ae^{rt}$ 、直線式 $Y=rt-a$ が、後期は対数増殖方程

* y は t 時(日)における発病量、 L は上限、 a は定数、 r は発病増加率である。

式，自己触媒方程式が適合し，おおむね初感染部位の増加曲線と平行的関係がみとめられる。

3) 小 括

感染部位の発病経過は，主として籾の発病が傾穂始め頃から始まり，ある程度の増加後停滞し（前期発病），再び籾やその他の部位の感染が増加する場合と，前期発病が停滞したままで，後期発病の見られない場合と



第1図 感染部位発病増加曲線

○籾 ●副ごえい △果梗節 □枝梗節
◇穂軸節 ×節間

第2図 感染部位，枝梗いもちの発病増加曲線

○感染部位 ●枝梗いもち

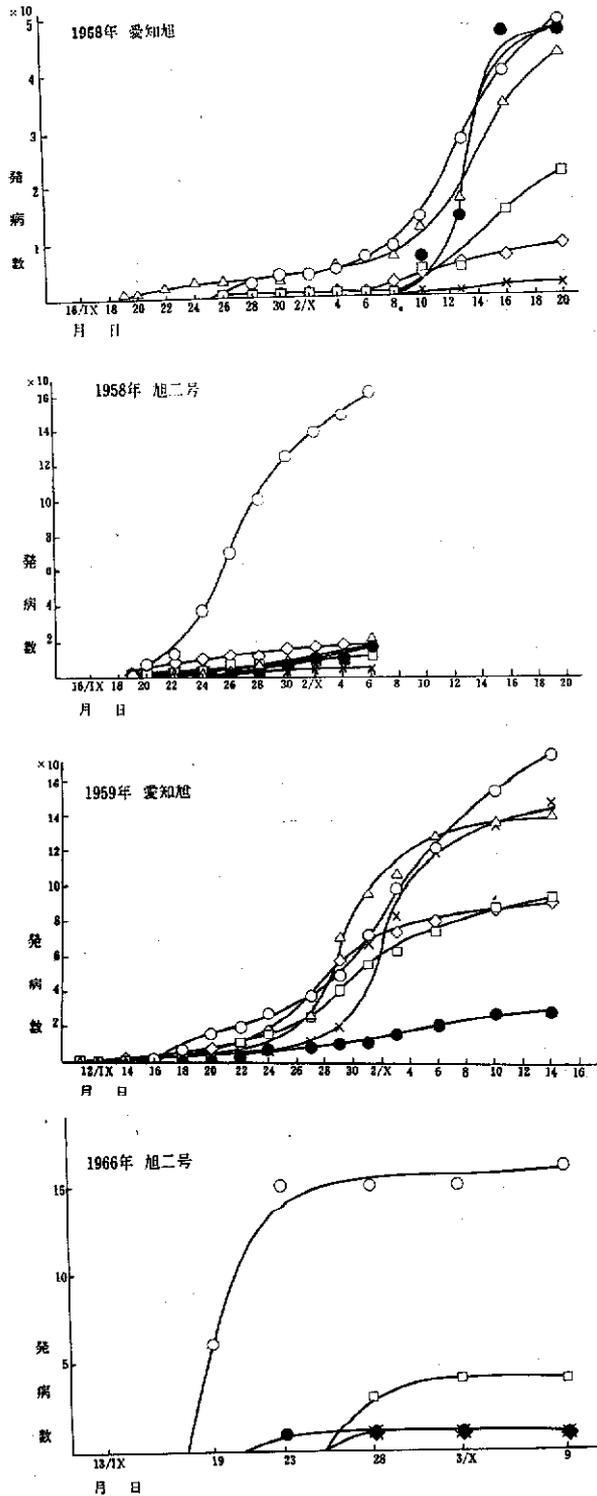
がある。また前期発病から後期発病に移行する時期は品種、環境によってことなるようである。

平野、後藤⁷⁾、勝部、越水¹²⁾によると、いもち病菌の穂における潜伏期間は約10日と考えられるから、前期発病は、出穂直後から数日間の侵入によるものと考えてよからう。この時期のいもち病菌胞子の形成源は、主として圃場内に発病している葉いもち、葉節いもち²⁴⁾と考えられ、前期発病は穂以外の部分に形成された分生胞子の穂への侵入感染によるものであるから、この時期を感染期（一次伝染期）と呼ぶことにする。

感染期の発病増加曲線は、単分子反応曲線に適合するが、この曲線は上限をもち、シグモイド曲線の y が充分大きい部分に相当するものである¹⁶⁾。感染期における上限の出現は環境の影響、寄主の抵抗力、病原菌量の減少のいずれかによるものと考えられる。1966年のように、あきらかに気温の低下により上限が形成されることもあるが、感染期に続いて後期発病がみられる年では気象環境の影響とは考えられない。徳永、勝部、越水³³⁾によれば籾は出穂直後はいもち病菌に侵されやすいが経時的に耐病性を増大するとしている、しかし筆者の行なった圃場調査では、籾の発病は成熟期まで増加し、発病経過からみて出穂直後の籾は罹病性で、出穂後4~6日目から数日間は抵抗力が増すものと思われた、また穂孕後期から出穂期にかけては葉いもち、葉節いもち病斑の胞子形成能力が急激におとろえる時期なので¹⁹⁾、上限は穂とくに籾の抵抗力と、病原菌量の2要因によって形成されるものと推定される。

感染期に続いてあらわれる増加曲線は、シグモイド曲線である。この公式はPlank²⁶⁾がじゃがいも疫病の発病増加曲線にあてはめ、我が国では関口、古田³¹⁾、日野、古田⁶⁾が畑苗代における苗いもちの発病進展曲線に適合するとしたものである。後期発生の穂いもちの感染部位の増加曲線は、主に感染期の侵入による籾いもちに形成された分生胞子からはじまる、内部的な増殖によるとみなされるから、この時期を増殖期（二次伝染期）と呼んでよいだろう。この試験でえられた増殖期の発病増加曲線は寄主の感染可能部分が多く、病原菌の増殖が寄主量の制限をうける以前に上限に達している、これは環境要因主として気温の低下により、いもち病菌の侵入が制限されるためと考えられる。

感染部位の発病増加曲線に潜伏期間を加えて推定された病原菌の侵入曲線の、変曲点における半旬平均気温は、1958年旭二号で20.4°C、1959年の愛知旭は23.5°Cであり、上限値の90%に達した時期の半旬平均気温はそれぞれ19.8°C、19.6°Cである。また1966年は9月14日以降の平均気温20°C以下、最低気温14°C以下に低下している。いもち病原の侵入



第3図 初感染部位別枝梗いもち発病増加曲線
 ○籾 ●副ごえい △果梗節 □枝梗節
 ◇穂軸節 ×節間

は平均気温 22°C になると減少しはじめ、平均気温 19.8°C でほとんど侵入しなくなるものと考えられる。この数値は岡本、山本²²⁾が穂いもち病菌の侵入が、いちじるしく減少するとした平均気温 20°C 以下とよく一致している。

枝梗いもちの発生は初感染部位からの枯下りによるものであり、初感染部位から枝梗いもちへ進展する時間は環境、品種によってことなる、したがって枝梗いもちの発病曲線は、初感染部位の発病増加曲線の正しい反映とはならない。しかし枝梗いもちの発病増加曲線は、初感染部位から枝梗いもちへ進展する割合が、発病時期によってあまり差がないことから(第6表)初感染部位の発病増加曲線にほぼ類似したものとなる。また初感染部位から枝梗いもちへの進展率は約50%であり、年次間にあまり差がないから、初感染部位数と枝梗いもちの発生数とは、平行的関係にあるものとみられる。したがって初感染部位数から穂いもちの発生予察が可能と思われ、すでに佐々木、加藤、越水²⁸⁾は籾いもちによる穂いもち予察の可能性について報じている。

枝梗いもちの発病増加曲線が、初感染部位の発病増加曲線よりおくれ形成されるのは当然であるが、増加曲線の変曲点、上限に達する時期もおくれる、これは病原菌の侵入限界温度よりも、病斑の進展限界温度が低いところにあるためと考えられる。枝梗いもちの発病増加曲線の変曲点の半月平均気温は、1958年が 19.5°C 、1959年が 18.7°C であり、上限値の90%に達した半月の平均気温は、それぞれ 14.9°C 、 14.8°C であった。これを侵入限界温度と比較すると、変曲点では平均 2.9°C 、上限値の90%に達した時期では 4.7°C 低い、初発生部位から枝梗いもちへの病斑進展は、平均気温 19°C で制限を受けはじめ 15°C 以下になると停止すると云える。岡本、山本²²⁾は穂いもち病の穂体内組織における拡大は、 15.9°C でも行なわれるとし、逸見⁸⁾、伊藤¹⁰⁾は葉いもちでは $17\sim 18^{\circ}\text{C}$ で発病しうるとのべているが、圃場の実態からえられた病斑進展の限界温度は、岡本ら、逸見、伊藤の結果よりやや低いところにあるようである。

第6表 初感染部位から枝梗いもちへの進展割合

発病期間 (月日)	1958年		発病期間 (月日)	1959年	
	愛知旭	旭二号		愛知旭	
9.16~20	40.0%	69.1%	9.11~14	57.1%	
21~24	38.5	62.5	15~20	51.6	
25~30	36.4	30.5	21~24	59.3	
10. 1~ 6	25.9	6.6	25~29	74.5	
7~10	37.1		30~ 6	65.5	
.11~16	60.7		10. 7~14	34.7	
17~20	38.6				

Ⅲ 穂いもちに対する薬剤の効果

穂いもちに対する薬剤の散布適期は栗林、市川¹⁴⁾、豊田、土屋³⁴⁾がボルドー液について出穂直前、穂揃期をあげ、有機水銀剤の実用化にあたっては多くの研究^{3,18,20,23,32,36)}が穂孕期~穂揃期を、またその後開発された抗生物質、有機塩素剤、有機燐剤などについても穂孕期~穂揃期としているものが多い^{2,35)}。これらの散布適期は、実験的に種々の散布時期の効果の比較から求められたもので、病原菌の侵入時期、侵入後の進展と薬剤散布適期との関係を調べた研究は少ない²²⁾。

この試験は畑晩播苗代における、各種薬剤の防除効果発現の様相をあきらかにし、Ⅱ章であきらかにした穂いもちの発病増加に関する知識とあわせて、穂いもちの薬剤散布適期をあきらかにしようとしたものである。

1 畑晩播苗代における薬剤の効果とその解析

1) 実験方法

畑晩播苗代の畦巾は90cmとし、催芽した種籾(中生新千本)を散播した。1区面積は 1 m^2 、各処理区間の境界には巾20cmの浅い溝(深さ $1\sim 2\text{ cm}$)を設けた。施肥量は基肥および追肥(第3葉期)で硫酸アンモニアを 1 m^2 当り65g施与した。病原菌の接種は別に設けた畑晩播苗代から採集した罹病苗を、畦の肩の部

分にならべて行ない、試験区に発病がみとめられるとただちに接種苗を取除いた。

調査方法は1966年に於ては、1 定期間ごとに葉面積、病斑面積（農林省 病害虫発生予察要項 病斑面積図によつて該当面積をもつ病斑を分類して計算した）および病斑数を、1967年には病斑数を1区20茎について計数した。薬剤散布は初発病をみるとただちに1区当り100cc（*a*あたり10ℓ）の薬液（展着剤5000倍加用）を小型噴霧器を用いて散布した。散布回数は两年とも1回とした。

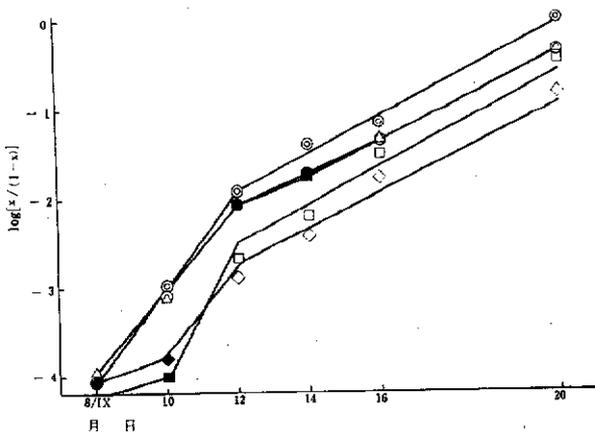
薬剤効果の表現は調査日毎に病斑面積歩合または病斑数の共分散分析を行ない、有意差のみとめられた期間を薬剤の有効期間とした。有効期間内の発病増加率 r_l, r (Plank の $r_l = \frac{1}{t_2 - t_1} \ln \frac{x_2}{x_1}$, $r = \frac{1}{t_2 - t_1} \ln \frac{x_2(1-x_1)}{x_1(1-x_2)}$ 但し $t_2 - t_1$ は有効期間 x_1, x_2 は有効期間の始期および終期の発病量) と無処理区の $r'l$ または r' を求め、 $r' - r / r' \times 100$, または $r'l - r_l / r'l \times 100$ を薬剤の発病抑制率とした。

2) 実験結果

(1) 無処理区の発病経過

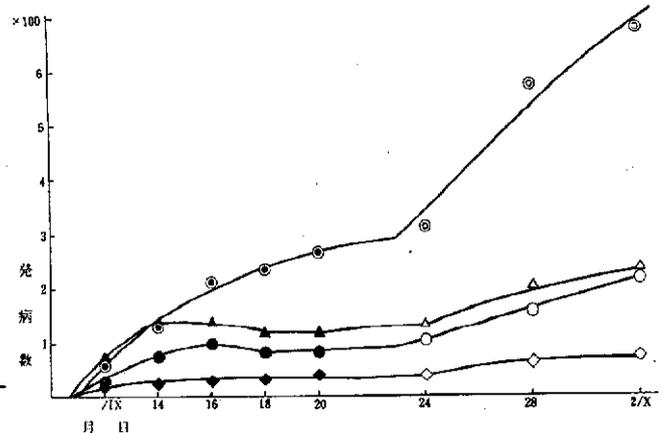
a) 1966年の成績

9月5日に罹病苗をもちいて接種を行ない、9月7日1区あたり2~3ヶの病斑がみとめられたので、同日接種に用いた罹病苗を取りのぞいた。9月8日から9日の間台風19号による降雨（9月8日 PM8.10~9.20 37mm, 9月9日 AM10.00~PM9.30 70.4mm）があった。各調査日の病斑面積歩合を $\log x / (1-x)$ に変換した発病増加図を第4図に示した。



第4図 畑晩播苗代における薬剤試験の発病増加図 (1966)

○無処理 □フミロン △オリゾン ◇ヒノザン
◇カスミン ●—● ■—■ などは薬剤の有効期間



第5図 畑晩播苗代における薬剤試験の発病増加図 (1967)

○無処理 □フミロン △プラスチン ◇カスミン
●—● ▲—▲ は第一次伝染期間

病斑面積の増加は第4図によると9月8日~12日と、9月12日~21日の2つの直線に分けられる。罹病的な苗におけるいもち病菌の潜伏期間を5日程度とすると、接種による発病は9月8日~12日の間で、この期間の発病は主に接種源からの分生胞子による発病——感染期、一次伝染期間——とみなすことができる。9月12日から21日までの発病は、接種罹病苗を初発病後ただちに取除いているので、外部からの分生胞子の飛来はほとんどなく、試験区内の病斑に形成された分生胞子による内部増殖的な発病——増殖期、二次伝染期間——とみなされる。発病増加曲線に実験公式¹⁶⁾をあてはめると、感染期 $y = 1 / (1 + e^{9.41 - 1.25t})$, 増殖期 $y = 1 / (1 + e^{4.38 - 0.47t})$ で自己触媒方程式が適合する。

b) 1967年の成績

9月4日罹病苗による接種を行ない、9月8日1区あたり2~3ヶの病斑がみられたので、ただちに接種苗を取り除いた。発病の増加を調査日毎の病斑数であらわしたものを第5図に示した。発病増加曲線は9月12日から20日までの期間と、9月20日から10月2日までの期間に分けられる。前者は接種日から6日目の初発生で、接種苗を取除いてから8日目の発病を接種による最終発病とするとa)で述べた感染期に相当するものと考えられ、後者は同様に増殖期間とみなすことができる。発病増加曲線に実験公式¹⁶⁾をあてはめを行なうと、感染期は単分子反応方程式 $y = 315.4 (1 - e^{0.16 - 0.38t})$, 増殖期は自己触媒方程式 $y = 800 / (1 + e^{0.47 - 0.85t})$

が適合する。

(2) 薬剤散布区の発病経過と薬剤効果の解析

a) 1966年の成績

供試薬剤はカスミン液剤(有効成分含量2.3%) ヒノザン乳剤(「40%」オリゾン水和剤(「50%」) フミロン水和剤(「5%」) の1,000倍液とし9月8日に散布した、各調査日の病斑面積歩合を $\log x/1-x$ に変換した発病増加図を第4図に示した。

9月8~10日の共分散分析の結果カスミン、ヒノザンは、無処理に対してあきらかに有意差がみとめられた。この期間は感染期に相当しているが、薬剤による発病抑制が終了した日から、感染期の終了日までの病斑増加は、無処理区にほぼ平行している(有意差なし) 病原菌の侵入、発病は区間差なくほぼ均等に行なわれたものとみなすことができる。フミロンとオリゾンは9月12日~14日の期間で、無処理区より発病が減少している(共分散分析の結果有意差あり)。この期間は増殖期にあたり薬剤の有効期間の始期の発病量は、無処理の発病量と有意差なく、効果終了日からの発病増加は無処理区のそれと平行している(有意差なし) 区間の干渉なくそれぞれの区内で、内部的増殖が行なわれたものと推定される。

以上の結果によって薬剤の効果は、発病増加曲線上に発病増加の抑制すなわち発病増加率の減少として、有効期間は発病増加抑制期間として、明りように表現されることがわかった。カスミン、ヒノザンの有効期間は2日、抑制率は両薬剤とも約60%であり、オリゾン、フミロンは有効期間2日、発病抑制率はそれぞれ24.6%、15.8%であった。発病増加抑制期間の始期はカスミン、ヒノザンでは薬剤散布直後であり、オリゾンフミロンは薬剤散布4日後である。前者の効果発現機構は治療的であり、後者は予防的であるが(17.19.30.38)、このちがいは抑制効果の始期の差にはっきりあらわれている。なおこの試験で予防的薬剤の有効期間が2日間と短いのは、散布直後に大量の降雨があったので、降雨による薬剤の流亡によるものと考えられる。

b) 1967年の成績

供試薬剤はカスミン液剤(有効成分含量2.3%) プラスチン水和剤(「50%」) フミロン水和剤(「5%」) の1,000倍液とし、薬剤散布月日は9月8日である。調査日毎の病斑数からえられた発病増加曲線を第5図に示した。

この試験では感染期の期間が前年より長いため、薬剤の効果はこの期間だけにあらわれ、増殖期におよんでいない。増殖期における薬剤散布区の発病増加曲線は、無処理区のそれにほぼ平行している(有意差なし) 前年の試験と同様薬剤効果の判定が可能である。9月12日の病斑数はカスミン区が無処理区、プラスチン区にくらべ顕著に少なく、9月16日~20日の共分散分析の結果は、プラスチン区の発病が無処理区にくらべてあきらかに少な

第7表 畑晩苗代薬剤試験の発病増加式

薬剤名	1966年	1967年
カスミン	$y=1/1+e^{6.19-0.46t}$	$y=76/1+e^{-0.85t}$
オリゾン	$y=1/1+e^{4.08-0.40t}$	
プラスチン		$y=260/1+e^{0.02-0.81t}$
フミロン	$y=1/1+e^{4.01-0.42t}$	$y=242/1+e^{0.29-0.88t}$
ヒノザン	$y=1/1+e^{5.39-0.48t}$	
無処理	$y=1/1+e^{4.38-0.47t}$	$y=800/1+e^{0.47-0.85t}$

第8表 畑晩苗代薬剤試験各調査日の防除価

薬剤名	1966年				
	10/X	12/"	14/"	16/"	20/"
カスミン	84.6%	80.0%	89.1%	74.9%	75.6%
オリゾン	26.9	27.8	57.4	34.9	41.0
フミロン	30.8	33.1	52.4	37.7	46.4
ヒノザン	91.3	65.2	76.1	53.6	50.4
薬剤名	1967年				
	12/X	16/"	20/"	24/"	28/"
カスミン	67.7%	85.7%	84.8%	87.7%	89.3%
プラスチン	0	33.3	56.3	58.3	65.4
フミロン	52.6	54.3	68.8	66.3	72.5

第9表 仮定した発病増加曲線からえられた予防価

薬剤名	1967年				
	24/X	28/"	2/X	6/"	10/"
カスミン	87.6%	82.3%	72.1%	55.9%	36.7%
プラスチン	57.4	48.5	35.4	22.1	11.9
フミロン	66.2	55.7	40.2	24.0	12.3

い。カスミンは薬剤散布後ただちに効果をあらわし有効期間は4日、抑制率は57.1%、プラスチックは散布後6日目から効果をあらわし有効期間は6日、抑制率100%、フミロンは有効期間4日、抑制率は95.1%であった。試験期間中は降雨少なく、とくに薬剤の効果に影響する環境要因はないと思われるので、一応標準的な薬剤効果がえられたものとみなすことができる。

1966年と1967年の薬剤の効果と比較すると、66年の抗生物質剤は67年にくらべ有効期間が4日から2日へ減少しているが、抑制率はほとんどかわいていない。有機水銀剤、有機塩素剤は有効期間が6日から2日へ減少、抑制率も大きく減少している。両年の環境の中で防除効果に大きな影響をおよぼしたものは、散布直後の降雨の有無であるが、治療的薬剤は予防的薬剤にくらべて、降雨の影響²⁹⁾をあまりうけないことがあきらかにうかがわれた。

3) 小 括

畑晚播苗代での薬剤試験のように処理区の面積が比較的小さい試験で、発病増加率から薬剤の抑制効果をもとめようとする場合、感染期においては接種源からの孢子の飛散が、供試圃物内において均等なことが必要である。これは接種源を均等に配置することなどで、比較的容易に行なうことができる。また増殖期においては1区内の増殖が、他区からの影響を受けないことが必要である。このことは初発生時期または初発生量のことなる区において、それぞれ一定の増殖が維持されるかどうかによって判定できるものと思われる。

第7表に1966、1967年の無処理区および薬剤散布区の抑制効果終了日後の発病増加式を示した。1966年は各式の上限値(1)は共通であり、病斑面積率の増加率(r)は各式においてほぼひとしい、

また1967年は各式の病斑数の増加率(r)はほぼひとしいが上限値はそれぞれことなっている。上限に達する時期は各処理においてほぼひとしいことから、上限は罹病可能部分の減少や地力、肥料むらなどの内部的要因によるものとは考えられず、各区に共通な要因によるものと思われる。この要因はおそらく気温の低下であろう。以上の結果からこの試験のような一区面積の小さい試験区においても、初発生時期や初発生量の差を反映した内部増殖を持續することがわかった。なお増殖期における発病増加式 $y=L/1+e^{a-rt}$ において、 a の値は増殖開始時の発病量と上限に関係した値 ($a=\ln(L/t-1)$)であるから、間接的に薬剤効果を表現しているものである。

第8表はこの試験の結果から各調査時期の防除価(PV)を算出したものである。また第9表は1967年の各処理区の発病増加式(第7表)の上限を無処理の上限と同一のものと仮定した式から、各調査時期の防除価を算出したものである。防除価は各調査時期によってことなっている、1967年の防除価の変動は66年ほどではないが、防除効果の中に気温の低下による発病増加の停滞がふくまれ、薬剤の有効期間を実際より長く想定するおそれが多いと思われる、また有効期間内のある時点の防除価を防除効果とすると、薬剤が効果をあらわし、病斑数の減少となってあらわれる時期が、薬剤によってことなるから、薬剤の効果発現機構に依じた散布時期や調査時期を決定しなければならないが、これは事実上困難であろう。従来の薬剤試験では、ある時期に調査された発病量の対標準比や防除価(PV)で薬剤効果を表現していた。この方法は実際場面でのある程度の有用性は首肯できるが、正しい薬剤効果の表現は、発病増加曲線からえられた抑制率と有効期間でなされるべきものと考えられる。

高坂¹⁵⁾は「一般に薬剤の圃場効果は薬の発病抑制力すなわち力価とその残効性の合成ベクトルの価で代表できるようで……いもち病防除剤の場合には……力価が高く残効性の長いものほど有効である」と述べているが、これにしたがうとこの試験に供試した薬剤の効果は、2カ年の平均値で有機水銀剤(抑制力価55.5%, 3日)有機塩素剤(62.3%, 4日)抗生物質(57.8%, 3日)と表現することになる。これに対して防除価(PV)、発病の対標準比などを薬剤の効果とするならば、両年の試験とも抗生物質剤、有機塩素剤、有機水銀剤にまさることになる。これは薬剤散布が抗生物質、有機塩素剤の適期に行なわれ、有機塩素剤、有機水銀剤は散布適期から、かなりおくらせて散布されたためである。

2 穂いもちに対する薬剤の効果とその解析

1) 実験方法

広島県賀茂郡西条町農業試験場圃場においてこの試験を行なった。散布時期試験圃場の耕種方法は、供試品

種：愛知旭（1958, 1959年）旭二号（1966年）植付月日 6月18日，施肥量：基肥追肥を合わせて窒素1.3kg/a，磷酸0.41kg/a，加里0.78kg/a，栽植密度：25×25cm正条植，1株2本植，区制および1区面積：3連制，16.5m²（1958, 1959年）4連制，13.2m²（1966年），供試薬剤，稀釈倍数，散布量：水銀乳剤（農業技術研究所製，有効成分4.5%）1,000倍（展着剤3,000倍加用）aあたり144ℓ（1958, 1959年）ブラエス乳剤（有効成分2%）その他は1958年に同じ（1966年），薬剤散布時期：第10表に記載，発病調査月日：1958年10月9日，1959年10月9日，1966年10月2日，生育期：出穂期9月6日，穂揃期9月9日（1958年）出穂期9月1日，穂揃期9月4日（1959年）出穂期9月3日，穂揃期9月7日である。

枝梗いもちの発生時期と被害の関係の試験は，1958年の穂いもち病の発生生態を調査した圃場（Ⅱ）の愛知旭から，10月20日（収かく期）に枝梗いもちによる被害部分および籾いもちを発病時期別に採取し，完全米，不完全米（死米，青米，銹米）数および粒重を調査した。

第10表 穂いもちに対する薬剤散布時期試験

1958年			1959年			1966年		
散布時期 (月日)	首	枝梗	散布時期 (月日)	首	枝梗	散布時期 (月日)	首	枝梗
穂孕期(8.26) 1回	0.4%	23.0%	穂孕期(8.24) 1回	5.2%	20.8%	9.2~8 3回	0.3%	1.4%
後期(9.2) "	0.3	11.5	穂揃期(9.4) "	4.2	14.9	" ~14 5	0.3	0.9
出穂期(9.6) "	0.4	18.8	傾穂期(9.15) "	7.1	14.2	" ~20 7	0.2	1.5
穂揃期(9.9) "	0.8	23.8	糊熟期(9.21) "	7.5	17.2	" ~26 9	0.2	1.3
傾穂期(9.19) "	1.3	30.0	穂孕期(8.24.26) 2回	4.4	21.6	無処理	0.8	4.2
穂孕後期・出穂期 2回	0.3	14.3	" ・穂揃期 "	3.1	12.9	lsd	N.S	0.71
" ・穂揃期 "	0.3	14.3	" ・傾穂期 "	2.3	13.5	散布月日：9月，2.5.8.12.		
" ・傾穂期 "	1.0	19.8	" ・糊熟期 "	2.9	11.1			
出穂期・傾穂期 "	0.7	18.3	無処理	12.1	29.3			14.17.20.
無処理	1.3	27.0	lsd	4.0	9.0			24.26日
lsd	N.S	12.0						

第11表 枝梗いもち，籾いもちの発生時期と米質の関係

枝梗いもち					籾いもち			
発病期間 (日/月)	20~30/X	1~10/X	11~20/X	無発病	発病期間 (日/月)	16~20/X	1~10/X	11~20/X
完全米 {健全	31.2%	68.0%	73.7%	73.6%	完全米 {健全	46.4%	40.5%	61.3%
腹白	6.5	17.6	13.4	13.2	汚米 ^a	21.4	51.4	29.0
死米	50.6	0.8	0.5	0	不完全米 {死米	3.6	2.7	0
青米	9.1	10.4	9.7	10.4	青米	3.6	5.4	9.7
銹米	2.6	3.2	2.7	2.8	糝	29.0	0	0
計	100	100	100	100	計	100	100	100
千粒重 g	16.9	24.0	24.2	24.1				

a：表面に汚濁色の汚れのみとめられるもの

2) 実験結果

(1) 圃場における薬剤散布時期試験

試験結果を第10表に示した，1958年のいもち病の発生はきわめて少なく，多量の窒素肥料をほどこしたが葉いもちの発生はほとんどなく，首，枝梗いもちの発生も少なかった。発病調査の結果は枝梗いもちに5%水準で有意差がみとめられた。有効と思われる散布時期は1回散布では出穂4日前（穂孕後期），2回散布では穂孕後期と出穂期および穂揃期のもので，穂揃期以降の散布はまったく効果がみとめられなかった。

1959年は前年にくらべ首，枝梗いもちの発生多く，ことに9月中の台風によって，10月中旬まで枝梗いもちの発生がつづいた。発病調査の結果は首，枝梗いもちとも有意差がみとめられ，2回散布は1回散布より

効果高く、1回散布では穂揃期および穂揃10日後の散布がもっともよく、穂揃15日後の効果も高かった。2回散布では穂孕期2回散布のものがやや劣るようであるが、他はほぼ同様の高い効果を示した。前年にくらべ穂揃期以降の散布にも効果がみとめられた点が特色である。

1966年は3~4日おきに3~9回薬剤を散布し効果を比較したが穂孕期、穂揃期の散布が有効で、穂揃期以降の散布によって、防除効果の増加はまったくみとめられなかった。

(2) 枝梗いもちの発生時期と被害の関係

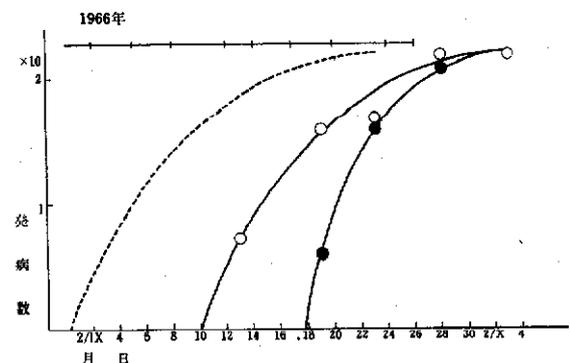
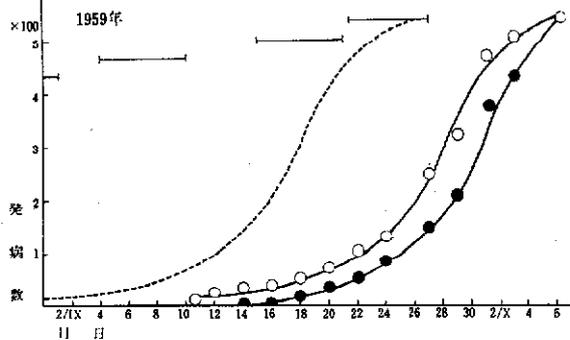
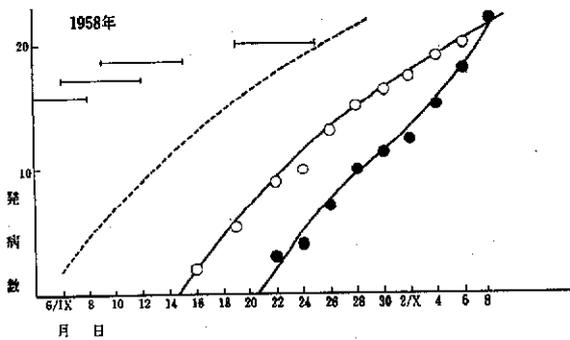
調査結果を第11表に示した。出穂後約30日以後に発生した枝梗いもちはほとんど被害がなく、発病時期が出穂後30日以前であると、発病時期の早いものほど被害も大きくなるようであった。なお30日以後の発病でも靱いもちの場合は、玄米の表面がやや汚れた色になり、品質面に若干の影響があるように思われた。

3) 小 括

感染部位の発病増加曲線(第1図)から、薬剤試験の調査日までに発病した枝梗いもちの初感染部位の発生日を抽出し、推定潜伏期間10日をくわえ推定侵入日をもとめ、推定侵入曲線を作図し第6図に示した。

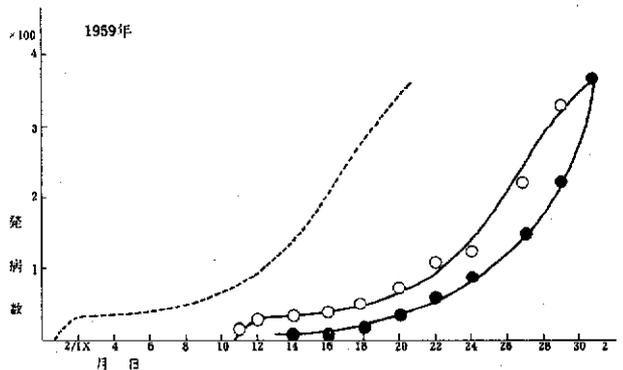
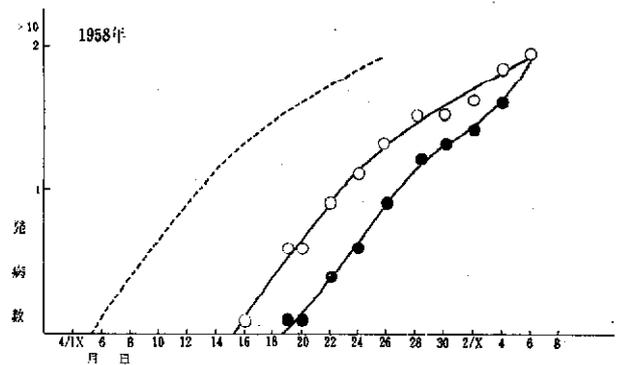
有機水銀剤の穂いもち防除適期に関する今迄の知見(3.18.20.32.36)から、防除効果は初感染部分の発病防止

によるもので、初感染部位からの病斑の拡大を防ぐ効果はないものとみなし、畑晩播苗代試験の結果からえられた抑制効果(予防効果)と有効期間を推定侵入曲線にあてはめ、散布時期と防除効果の関係を考察する。1958年は出穂期から穂揃期にかけての散布で、全侵入数の60%を防止することができるが、穂揃後10日目の散布では22%を防止するにすぎない。したがって穂孕後期から穂揃期にかけての散布が有効で、穂揃期以降の散布はほとんど効果がみとめら



第6図 穂いもち薬剤試験の発病増加および推定侵入曲線

...推定侵入曲線 — 薬剤の有効期間
○初感染部位 ●枝梗いもち



第7図 実害ある枝梗いもちの発病増加および推定侵入曲線

...推定侵入曲線
○初感染部位 ●枝梗いもち

れない結果になった。1959年は出穂後25日間侵入の増加がみられるので、穂揃期15日後の薬剤散布まで有効であった。また第6図によると穂揃10日後の薬剤散布がもっとも有効なはずであるが、一回散布では穂揃期、穂揃期10日後の効果がまさっている。これは苗晩播苗代における薬剤効果の解析の項で述べた気温の低下による発病抑制の効果が、初期散布ほどいちじるしいためと考えられる。1966年は穂揃期まで侵入が増加し、以後の侵入はほとんどみとめられない。ブラエス乳剤の効果は治療的であり、3～4日間隔で散布期間の発病を防止できると思われる¹⁷⁾、しかし各処理区の効果差はみとめられず、穂揃期以後の散布は効果がなかったと判断できる。既往の試験研究の結果をみると、穂揃期以後の散布が有効としたもの^{1,4,21,27)}があるが、おそらく試験年または試験圃場の発生型が1959年型であったためであろう。

勝部¹³⁾は出穂後3週間目以降の侵入、すなわち出穂後30日目以降に発病した穂いもちでは減収しないと報じているが、この試験でも同様の結果がえられた。したがって減収面からみて病原菌の侵入を防止しなければならない限度は、出穂後20日目までである。第2図から出穂後30日までに発病した枝梗いもちを抽出し、その初感染部位の潜伏期間10日を加算して、推定侵入曲線を作図した(第7図)。また枝梗いもちの発生日に収率を勝部¹³⁾によって計算し、両者から穂いもち防除の標準的散布時期の穂孕後期、穂揃期の散布によって、発病および減収をどの程度防止できるかを推定した。発病抑制率100%、有効期間6日の薬剤を用いたとして1958年は発病防止率63.2%、減収防止率83.1%、1959年の発病防止率19.7%、減収防止率61.6%である、また1966年は発病防止率78.2%、減収防止率98.1%であった。1959年の薬剤散布を傾穂期頃にさらに一回行なったとすると、発病防止率61.6%減収防止率87.9%となる。

標準的な散布時期とされている穂孕期、穂揃期の2回散布で1958年、1966年のように感染期の侵入による発病が多い年では、穂いもちの発病を60%以上、減収を80%以上防止できるが、1959年のような後期に発病が増加する年には、傾穂期頃の散布を1回増し3回散布を行なうと、ほぼ同程度の効果をあげることができる。しかし前に述べた気温低下による発病抑制効果は、当然初期散布ほど顕著にあらわれるから、この計算値は当地方で7月下旬～8月上旬に出穂する品種にあてはまるが、8月下旬～9月上旬に出穂する品種における、初期散布の効果は、計算値より高くなるものと思われる。

IV 考察および摘要

1. 考 察

寄生性病害の発生量は罹病個体数、病斑数、罹病部位数、病斑面積などで測定されるが、発病増加曲線をもとめる場合、どの測定法が適しているかが問題になろう。ことに増殖曲線の場合には、病原菌が再生産される場が問題であるから、病斑面積で発生量を測定するのが妥当であろう。Plank²⁶⁾はばれいしよ疫病の発生量を病斑面積歩合で表現しているが、寄主量に経時変化の少ない場合には、病斑面積歩合によるのがよいと考えられる。また病斑が小さくほぼ定形のばあいには病斑数による測定が適している。

穂いもちでは枝梗いもちの病斑の大きさが一定でなく、病斑には分生胞子が形成されるから正しい発病増加曲線は、穂の罹病部分の面積からえられるものと思われる。したがってこの試験でえられた発病増加曲線は、理論的に正しいものとはいえない。同様のことは薬剤効果の判定を行なった苗いもちの発病増加曲線についてもいえる、さらに苗、葉いもちの場合は調査時毎に生長によって、寄主体量すなわち寄生可能部分の量が変わり、ある程度発病が増加すると病斑の発生していない生葉が枯死し、寄生可能部分が減少することなど、発病増加曲線はさらに複雑になることが予想される。しかし実際には病斑面積歩合の正確な測定は困難であるし、穂の発病部位数、罹病枝梗数、病斑数などの測定によってえられた発病増加曲線は、理論的うら付けのある既知の公式に適合するので、この試験のような応用場面に利用される発病増加曲線は、前記の測定法からえられるもので充分利用できるものと考えられる。

穂いもちの増加曲線は出穂期に葉、葉節の病斑部から飛来する分生胞子の侵入による感染増加曲線——通常は単分子反応方程式に適合する——、および穂に発生した病斑(主に靱いもち)に形成された分生胞子にはじまる増殖曲線——通常は自己触媒方程式に適合する——の2基本型があきらかになった。圃場における発生型は、感染増加曲線だけで増殖曲線のあらわれない型(I型)後期に増殖曲線だけがあらわれる型(II

型)と感染増加曲線について増殖曲線のあらわれる型(Ⅲ型)の3型が考えられる。この試験ではⅠ型(1966年)Ⅲ型(1955, 1956年)の2型が確認された、Ⅱ型はおそらく出穂期が好天候で結実期に高温、台風等の発病を促進する要因が多い年にあらわれるのではないかと思われる。

薬剤の防除効果は発病抑制率(力価)と有効期間で表現した、この考え方は基本的には日野、古田⁶⁾の考え方と同じであるが、日野らは薬剤効果の判定にもちいられる発病量の比較は、同一試験、同一品種のように素材要因を単純化できる場合においては有用なものとしているが、小括で述べたように同一品種、同一菌型の薬剤試験においても、単なる発病の比較で効果の表現を行なおうとすると、薬剤の効果発現機構に応じた散布時期や調査時期の決定が容易でなく、事実上正確な薬剤効果の判定はむずかしい。

薬剤散布による発病増加曲線の変化から薬剤効果を評価する方法は、定期的に発病調査を行なう労力を要するが、この方法でえられた発病抑制効果、有効期間の値は一般化できるものと考えられるから、より広面積の試験(本田)や、一般圃場における薬剤散布の効果判定に、理論的根拠を与えることができる。畑晩播苗代での薬剤効果判定の利点は、均一な発病が接種などにより比較的えやすいことと、せまい区面積でも区間の干渉が少なく、処理区個有の増殖が持続される点にあると思われる。なおこの試験を行なった経験によると苗いもちの病斑面積率20%、1苗あたり病斑数200カ程度になると生葉の枯死、小病斑のゆ合による計数の困難などのため、試験の遂行がむずかしくなるので、前記程度の発病が調査の限度となるようであった。

穂いもちの発生増加曲線に畑晩播苗代試験からえられた薬剤の発病増加抑制率、有効期間をあてはめ薬剤の散布時期と穂いもち防除効果との関係をあきらかにしようところみたが、今まで散布適期とされている出穂前後の時期を、発病増加曲線の面からみると感染期にあたり、穂いもちの全発生量のうちこの時期に感染するものの割合が多いほど、出穂前後の薬剤散布の効果が高くなる結果をえた。このような発生型は前に述べたⅠ型にぞくし、岡本、山本²²⁾のHL型に相当する。この型は葉いもちと穂いもちの発生量が平行的で、出穂前後の分生胞子の飛散量によって、穂いもちの発生予察が可能な地帯または年の発生型と考えられる。

薬剤散布時期が穂揃期以降でも効果があり(1956年)むしろまさる場合もあると考えられる年の発生型は、感染期より増殖期の侵入による発病が多く、発病増加曲線からみた発生型はⅢ型にぞくし、岡本、山本のH型に相当する。この型は枝梗いもちの発生が多く出穂前後の分生胞子の飛散量と、穂いもちの発生量の間に相関がみとめられない地帯、または年の発生型と思われる。西南暖地に多い発生型であるが、近年水稻の栽培型の変化による出穂の早期化によって、いわゆる高冷地や山間地帯にまで分布するにいたっている。

Ⅲ型の薬剤散布適期は小括でのべたように穂孕期、穂揃期の散布では防除効果が充分でなく、とくに7月末~8月初旬に出穂する品種では、気温の低下による発病抑制がほとんどないと思われるので、散布時期を再検討する必要がある。収量面からみると出穂後20日までの病原菌の侵入防止が必要であるから、現在市販されている薬剤の有効期間から考えて、予防的薬剤は出穂後14日目まで、治療的薬剤は出穂後20日までの散布が必要となる。したがって予防的薬剤の散布時期は穂孕後期(胞子形成抑制効果の高いもの)または出穂期、穂揃期、傾穂期の3回、治療的薬剤は穂揃期、傾穂期、糊熟期の3回となる。将来有効期間が10日程度の子防的薬剤が開発されたならば、出穂期、傾穂期の2回散布がより合理的な散布時期となろう。

2. 摘 要

(1) 穂いもちの初感染部位は籾、副護穎、果梗節、枝梗節、穂軸節、節間などで、発病数は籾、副護穎、果梗節が多く節部、節間部の発病は台風によって増加する。初感染部位から枝梗いもちへの進展割合は約50%で、初感染部位別の進展割合は節間部、節部、副護穎、籾の順で低くなる、また枯下りの速さは穂が成熟するにつれて速くなる。

(2) 穂の初感染部位の発病増加曲線は感染期(一次伝染期)増殖期(二次伝染期)の2つに分けることができ、感染期の発病増加曲線は単分子反応方程式 $y = L(1 - e^{-at})$ 、増殖期の発病増加曲線は自己触媒方程式 $y = L / (1 + e^{-at})$ に適合する。枝梗いもちの発病増加曲線は初感染部位の増加曲線にほぼ平行し、感染期に相当するものは単分子反応方程式、対数増殖方程式 $Y = aert$ 直線式 $Y = rt - a$ が適合する、増殖期に相当するものは自己触媒方程式、対数増殖方程式が適合する。

(3) 増殖期の発病増加曲線の上限および変曲点の値から病原菌の侵入限界温度、病斑進展の限界温度をもとめた。病原菌の穂に対する侵入は平均気温22°Cで減少し始め、平均気温19.8°Cが限界となる。病斑の進

展は、平均気温 19°C で制限を受けはじめ 15°C が限界であった。

(4) 穂いもちの発病型を発病増加曲線の型によって、感染期の増加曲線だけがみられる型 (I型)、増殖期の増加曲線だけがあらわれ、感染期の増加曲線は判然としない型 (II型)、感染期に続いて増殖期の発病増加曲線のあらわれる型 (III型) の3型を想定し、IおよびIII型の発生を圃場において確認した。

(5) 畑晩播苗代における発病増加曲線の薬剤散布による変化から、有機水銀剤、抗生物質剤、有機塩素剤などの発病抑制効果、有効期間を求めた。また薬剤効果の判定方法、表現方法について論じた。

(6) 穂いもちの発病増加曲線に薬剤の抑制効果、有効期間をあてはめ、薬剤散布時期試験の結果を解析した。穂孕期、穂揃期の2回散布によって、I型の発生の場合は穂いもちの発生を60~70%、発病による減収を80~90%防止できるが、III型の場合は発病防止率20%、減収防止率60%であり、傾穂期の散布をさらに1回行なうと、I型の場合とほぼ同程度の防除効果をあげ得ると考えられた。

引用文献

- 1) 古田力・小谷義介・近藤孝雄：1961 稲クビシコウイモチ病の防除適期について 中国農業研究 17 四国農業研究 7 : 43~46
- 2) 古田力：1966 非水銀剤によるいもち病防除—有機水銀剤との代替性について 中国地域共同研究成果集録 1 : 82~93
- 3) 後藤和夫：1954 稲の病害と水銀粉剤 植物防疫 8 : 292~295
- 4) 萩原良雄・中村啓二：1958 暖地における穂クビ、シコウイモチ病の発生と防除時期について 中国農業研究 9 : 28~30
- 5) 橋岡良夫：1948 稲熱病の流行型 農及園 23 : 123~124
- 6) 日野稔彦・古田力：1967 シナ系品種クサブエ千秋染におけるいもち病の病勢進展と薬剤防除効果 中国農試報告E 1 : 63~77
- 7) 平野喜代人・後藤和夫：1963 枝梗いもち病の発病機構並びに生態に関する研究 農技研報C 16 : 1~55
- 8) 逸見武雄：1949 稲熱病の研究：東京
- 9) 石山哲爾・岡本弘・佐藤克己・中村敬・中村勝：1965 カスガマイシンのいもち病防除効果に関する研究 2. いもち病防除作用からみたKSMのイネ葉身内移行 日植病報 30 : 111
- 10) 伊藤誠哉・島田昌一：1937 稲熱病に関する研究 第5報 特に稲熱病菌感染の経過並に稲品種の抵抗性に関する実験 農業改良資料 126 : 1~109
- 11) 勝部利弘・越水幸男：1961 品種の穂いもち罹病性に関する2,3の実験 北日本病虫研年報 12 : 34~36
- 12) 勝部利弘・越水幸男：1965 穂いもちの潜伏期間ならびに罹病期間と被害の関係 北日本病虫研報 16 : 23
- 13) 勝部利弘・越水幸男：1970 いもち病による水稲の被害機構に関する研究 第一報 穂いもちの罹病率と収量構成要素ならびに玄米品質との関係 東北農試研報 39 : 55~96
- 14) 栗林数衛・市川久雄：1952 稲熱病の発生予察に関する研究 農業改良技術資料 24 : 1~229
- 15) 高坂淖爾：1965 新しいいもち病防除剤キタジンについて 農業通信 64 : 1~3
- 16) 増山元三郎：1962 実験公式の求め方 東京
- 17) 見里朝正・石井至・浅川勝・沖本陽一郎・福永一夫：1959 抗生物質による稲熱病防除に関する研究 I Blastocidin Sの葉稲熱病治療効果について 日植病報 24 : 302~304
- 18) 中川九一・小林裕：1955 異った散布時期による穂頭イモチ病の薬剤防除効果 北日本病虫研年報 6 : 43
- 19) 中村啓二：未発表
- 20) 中西勇：1958 山間部の穂首いもち病に対する水銀粉剤の散布時期と散布回数について 東海近畿農業研究 9 : 90~96

- 21) 小川正行・深津量栄・西内美武・山本盤：1961 高知県のクビシコウイモチ病に対する水銀粉剤の散布時期について 中国農業研究 17 四国農業研究 7 : 65~72
- 22) 岡本弘・山本勉：1961 穂イモチ病及びクビイモチ病に対する水銀粉剤の経済的散布適期と気温との関係について 中国農業研究 17 四国農業研究 7 : 73~97
- 23) 岡本弘・木谷清美：1961 西南暖地における穂イモチ病及び節イモチ病に対する散布適期について (総合考察) 中国農業研究 17 四国農業研究 7 : 113~120
- 24) 小野小三郎：1954 首いもちに関する2,3の知見 北日本病虫研報 5 : 56
- 25) 小野小三郎・鈴木穂積：1960 稲熱病及び稲小粒菌核病の発生機作並びに発生生態に関する研究 病害虫発生予察特報 4 : 1~156
- 26) Plank, J.E. Van der : 1963 Plant Diseases : Epidemics and Control. Academic press, Newyork and London
- 27) 領家武房・坪井三郎：1965 非水銀剤の散布量および散布時期と穂いもち病防除効果 中国地域共同研究成果集録 1 : 62~65
- 28) 佐々木次雄・加藤肇・越水幸男：1964 靱いもちの査定による穂いもち発生予察法の案出 北日本病虫研年報 15 : 38
- 29) 佐藤克己・中村敬・中村勝・岡本弘・石山哲爾：1967 カスガマイシン (KsM) のいもち病防除効果と浸透移行 日植病報 33 : 116
- 30) 角博次・高田幸義・近藤泰彦・中神和人：1968 ベンタクロロベンジルアルコールのいもち病防除効果 日植病報 34 : 114~121
- 31) 関口義兼・古田力：1968 苗いもち病の発生生態に関する研究 (第一報) 苗いもち病の初発生ならびに病勢進展について 中国農試報告E 2 : 21~36
- 32) 白坂信己・角間文夫：1955 頸稲熱病の薬剤防除回数と収量との関係 北日本病虫研年報 6 : 42~43
- 33) 徳永芳雄・勝部利弘・越水幸男：1965 水稻の代謝生理とイモチ病との関係 第3報 水稻の窒素代謝とイモチ病との関係 東北農試研報 34 : 37~80
- 34) 豊田徳治・土屋信：1941 稲熱病の防除に関する試験研究成績 (第一報) 54~84
- 35) 山貫重夫・成田武四：1964 2,3殺菌剤の散布時期ともいもち病特に穂首いもち病の防除効果について (第一報) 日植病報 29 : 281
- 36) 安正純・吉野正義・高瀬一太郎：1957 穂いもち病に対する水銀剤の散布時期について 日植病報 22 : 28~29
- 37) 吉井甫：1936 稲熱病に関する研究 II 病原菌の侵入方法に就て 日植病報 6 : 205~218
- 38) 嘉戸勝・前田泰三・内田勉・岩倉敏夫・吉永英一：1965 いもち病防除剤に関する研究 II kitazin のいもち病防除効果 日植病報 30 : 110

付表 試験年の平均気温、降水量

試験年	月	旬	9 月						10 月			
			1	2	3	4	5	6	1	2	3	4
1958	平均気温	°C	24.2	25.6	24.4	22.5	20.4	19.5	15.0	14.9	20.2	15.3
	降水量	mm	33.4	8.3	39.1	0	6.9	1.0	23.2	0.2	28.5	45.3
1959	平均気温	°C	24.6	23.1	24.6	23.5	20.6	19.6	18.7	17.9	13.8	14.7
	降水量	mm	8.6	3.2	35.2	39.9	35.0	12.6	44.2	49.3	0	28.8
1966	平均気温	°C	26.1	26.0	22.2	17.6	19.2	17.5	16.7	18.2	17.3	14.2
	降水量	mm	0.3	74.1	10.7	186.6	202.5	0.3	2.1	1.1	27.5	0.2
1967	平均気温	°C	26.6	26.9	22.3	20.3	19.1	19.0	17.9	14.7	17.7	13.7
	降水量	mm	5.0	1.0	5.0	0	1.0	0	2.0	0	27.0	0

Summary

On the Disease Progress Curve of the Ear Blast of Rice Plant Caused by *Piricularia oryzae* Cav. and the Suitable Period for Various Chemicals Application for the Control of Rice Blast

Keiji NAKAMURA

The sites of primary infection of pathogen on the ear of rice plant appear first on spikelet, subsidiary empty glume, node of pedicel, node of panicle branch, node of rachis, and internode etc. The infection of pathogen on the node and internode increases after a typhoon. The extension of lesion on the panicle branch of ear becomes more rapidly as ear becomes older.

Field infection of ear blast occurs during a duration from heading to yellowripening period. Disease progress curve of ear blast in field was divided into two parts, i.e., one is the primary infection period and the other secondary infection period.

Monomolecular reaction equation gives a good fit to disease progress curve of ear blast in field within primary infection period, and autocatalytic equation within secondary infection period. The minimum temperature for infection of pathogen and extension of lesion on the panicle branch were obtained by the value of asymptote and point of flexion of disease progress curve in field.

Three representative types of ear blast occurrence were obtained based on the disease progress curve.

In upland nursery test, the inhibitory effect and the duration of residual effect of various chemicals were obtained according to the change of disease progress curve with chemical application. We considered about the suitable application period of various chemicals for the control of the ear blast, in south-western part of Japan, on the basis of the disease progress curve and the controlling effect of chemical.

