

稲いもち病制御のための非親和性 いもち病菌レースの利用

岩 野 正 敬

(東北農業試験場)

Control of Rice Blast Disease

by Incompatible Races of

Rice Blast Fungus

(*Pyricularia oryzae* Cav.)

Masataka IWANO

(Tohoku National Agricultural Experiment Station)

作物が病原菌に感染する前に、その作物に対して病気を起こさない菌、又は系統（レース）をあらかじめ接種しておく、抵抗性が誘導されて病原菌による発病が抑制される現象のあることが多くの病害で報告されている。近年、この現象を利用して病害を防除しようとする研究が盛んに行われるようになってきている。

いもち病菌の中には真性抵抗性遺伝子を持つ品種に接種すると典型的な罹病型病斑を形成するレース（以下、親和性菌と略記する）と無病斑、又は微少な褐点型病斑しか形成できないレース（以下、非親和性菌と略記する）がある。この両菌の胞子を混合して接種すると病斑数の減少及び病斑の拡大が抑制されることが約20年前に Kiyosawa⁵⁾、大畑⁸⁾によって明らかにされていたが、その後の研究は少なく、本現象を利用していもち病を防除しようとする試みは全く

なされていなかった。

筆者は親和性菌と非親和性菌を供試して、発病抑制効果が発現される各種の条件を検討し、圃場においても非親和性菌の接種によっていもち病の発病が抑制されることを明らかにしたので、その概要を紹介し、更に今後の問題点について述べてみたい。

1 非親和性菌と親和性菌の混合噴霧接種による発病抑制効果

真性抵抗性遺伝子 *Pi-a* を持つササニシキと *Pi-k* を持つクサブエをガラス室内において多室状態で栽培し、第6葉が完全展開したときに親和性菌（ササニシキにはレース003のいもち病菌、クサブエにはレース033のいもち病菌）の胞子濃度を顕微鏡倍率150倍で1視野当たり約5個に調整した胞子懸濁液とこの胞子懸濁液

に非親和性菌（両品種ともレース001のいもち病菌）を加え、その孢子濃度を変えた懸濁液を作製し、これにツィーン20を0.02%になるように加えて噴霧接種を行った。25℃で、20時間温室に保持した後、再びガラス室内に置いて7日後に罹病型病斑数を調査した。

試験結果を表—1に示した。ササニシキに親和性菌を単独接種した場合の病斑数を100とすると非親和性菌の等量及び2,4倍量混合区では明瞭な差異が認められなかったが、8,16倍量混合区では各々68, 57に病斑数が減少した。クサブエでも非親和性菌の8倍量混合区で病斑数は56に減少し、非親和性菌の孢子濃度が高くなると発病抑制効果が発現されることがわかった。

接種に供した親和性菌単独区と非親和性菌16倍量混合区の孢子懸濁液中の孢子発芽率を調査したところ、発芽率は各々97, 95%で両者の間には差異は認められなかったことから、両菌の混合懸濁液中における直接的な拮抗作用によって発病抑制効果が発現されたものでないと考えられた。

2 非親和性菌と親和性菌の接種間隔と発病抑制効果

クサブエを供試し、前試験に準じて、第6葉が完全展開したときに非親和性菌を噴霧接種（前接種）した。1, 2及び3日後に親和性菌を噴霧接種（後接種）して、両菌の接種間隔の差異が親和性菌の発病に及ぼす影響を調査した。前接種した非親和性菌の孢子濃度は顕微鏡下1視野当たり約10個であり、後接種した親和性菌の孢子濃度は、イネ葉身が抽出後日数の経過と共に抵抗的になることを考慮して、1日後接種の場合には約3個、2日後接種の場合には約6個、3日後接種の場合には約9個に調整した。発病調査は親和性菌接種7日後に行った。

調査結果を表—2に示した。非親和性菌を前接種したことより、いずれの後接種の場合でも病斑数は減少した。すなわち、蒸留水を噴霧して、親和性菌を後接種した対照区の病斑数を100とすると、1日後接種で38、2日後接種で35、3日後接種で20となり、3日後接種で発病抑制効果が最も強く発現されることがわかった。

表—1 非親和性菌と親和性菌の混合孢子懸濁液を噴霧接種した場合の罹病型病斑数

孢子混合比率 非親和性菌：親和性菌	1 葉 当 た り の 病 斑 数	
	サ サ ニ シ キ	ク サ ブ エ
0 : 1 (対照)	13.3 個 (100)	85.5 (100)
1 : 1	14.4 (108)	88.3 (103)
2 : 1	10.9 (82)	79.0 (92)
4 : 1	14.3 (108)	66.3 (76)
8 : 1	9.0 (68)	48.3 (56)
16 : 1	7.6 (57)	未 調 査

注．括弧内の数字は対照区を100としたときの指数

表一 2 非親和性菌を前接種し、日数を変えて親和性菌を後接種した場合の罹病型病斑数
(品種：クサブエ)

接 種 方 法		前 接 種 後 日 数		
前接種	後接種	1 日 後	2 日 後	3 日 後
非親和性菌	親和性菌	16.4 個 (38)	19.3 (35)	9.7 (20)
蒸 留 水	親和性菌	43.2 (100)	54.9 (100)	47.7 (100)

3 前接種した非親和性菌の孢子濃度と 発病抑制効果との関係

前述した二つの試験結果(表一 1, 表一 2)から非親和性菌と親和性菌を混合噴霧接種した場合よりも、非親和性菌をあらかじめ接種しておいた方が発病抑制効果は強く発現されることが明らかになった。そこで、更に強く発病抑制効果が発現される条件を明らかにする目的で、前接種した非親和性菌の孢子濃度の差異が後接種した親和性菌の発病に及ぼす影響を検討した。

非親和性菌の孢子濃度を顕微鏡下、1 視野当たり約16個に調整した孢子懸濁液を原液にして、次々と倍量希釈を行い、孢子濃度の異なる懸濁液を作製し、噴霧によって第 6 葉が完全展開したササニシキに前接種を行った。7 日後に病斑数を、13 日後に病斑面積を調査した。

調査結果を表一 3 に示した。非親和性菌の孢子濃度が顕微鏡下、1 視野当たり約 1 個の場合でも病斑数は非親和性菌を前接種するかわりに、蒸留水を噴霧した対照区の40%に減少し、約16 個の場合には4%と、更に著しく減少した。一方、病斑面積を比較したところ、病斑数の場合と同様な傾向が認められ、前接種した非親和性菌の孢子濃度が高いほど面積も減少し、前接種した非親和性菌の孢子濃度が約16個の場合には対照区の14%であった。

非親和性菌の孢子濃度が高いほど病斑の褐変

表一 3 前接種した非親和性菌の孢子濃度の
差異が後接種した親和性菌の罹病型
病斑形成及び病斑拡大に及ぼす影響
(品種：ササニシキ)

前接種した非親和性 菌の孢子濃度 (個)	病 斑 数 (個)	病斑面積 (mm ²)
0 (蒸留水)	24.3 (100)	29.5 (100)
1	9.6 (40)	18.1 (61)
2	7.4 (30)	14.4 (49)
4	2.7 (11)	11.7 (40)
8	0.9 (4)	7.2 (24)
16	0.9 (4)	4.2 (14)

は早く始まり、停止型病斑になった。このことが非親和性菌を前接種したイネ葉において病斑面積が小さくなった原因である。

本試験の結果から、前接種した非親和性菌の孢子濃度が高くなるに従い、発病抑制効果が強く発現されることがわかった。

前述した試験とは逆に、親和性菌を針接種(前接種)し、3 日後に非親和性菌を噴霧接種(後接種)して病斑面積を調査したところ、前接種しなかった対照区の病斑面積を100とすると89であった。このことから、親和性菌の侵入菌糸がイネ組織内で伸展を始めた後では、非親和性菌を接種しても発病抑制効果は低下するのではないかと考えられた(表省略)。

4 非親和性菌の前接種後、新たに抽出したイネ葉における発病抑制効果

これまで述べてきた試験は、イネの同一葉に非親和性菌と親和性菌を接種した場合の発病抑制効果を検討したものであった。次に、発病抑制効果が非親和性菌を前接種した後に、新たに抽出したイネ葉でも発現されるものか、否かを検討した。

ササニシキとクサブエの第6葉が完全展開したときに非親和性菌を噴霧によって前接種し、第7葉が完全展開したときに親和性菌を葉身中央部の片側に針接種して、1葉に1個の病斑を形成させた。親和性菌接種13日後に病斑面積を調査した。

調査結果を表一4に示した。非親和性菌を前接種した第6葉ではこれまでの試験と同様に病斑の拡大は抑制され、非親和性菌を前接種するかわりに蒸留水を噴霧した対照区の病斑面積を100とするとササニシキでは40、クサブエでは14であった。しかし、非親和性菌を前接種した後、新たに抽出した第7葉では抑制効果は全く認められず、対照区を100とするとササニシキでは105、クサブエでは114となり、むしろ非親和性菌を前接種した場合の方が病斑面積は大きくなる傾向が認められた。

本試験の結果から、発病抑制効果は非親和性菌が接種された葉だけで発現され、各種さび病で報告されていると同様な局所的な誘導抵抗性によって発現されるのではないかと考えられる。

5 圃場における非親和性菌による葉いもち及び穂いもちの発病抑制効果

非親和性菌の前接種により親和性菌の発病が抑制されることが明らかになったので、圃場においても同様な発病抑制効果が発現されるものか、どうか検討し、いもち病菌の非親和性レースを利用したいもち病の防除の可能性を明らかにするために試験を行った。

(1) 葉いもちに対する発病抑制効果

ササニシキと新潟早生 (*Pi-z Pi-a*) を供試し、栽植距離22.5×22.5cmで1株2本植えして、1区当たり252株(14列×18株)の試験区を設けた。基肥として硫加磷安13—13—13を61.5kg/10a施用し、移植20日後に硫安18kg/10aを追肥して多窒素状態で栽培した。

初発約1週間前に試験区の中央に親和性菌をパンチ接種した直後のササニシキの苗を感染源として植え込み、その2、4及び5日後に非親和性菌の孢子懸濁液(孢子濃度、顕微鏡下1視野当たり約10個)を1区当たり約3ℓ、試験区

表一4 非親和性菌を前接種した後に抽出したイネ葉における親和性菌の病斑拡大

品 種	接 種 方 法		病 斑 面 積 (mm ²)	
	前接種(噴霧)	後接種(針)	第 6 葉*	第 7 葉
サ サ ニ シ キ	非 親 和 性 菌	親 和 性 菌	9.6 (40)	36.0 (105)
	蒸 留 水	親 和 性 菌	24.1 (100)	34.2 (100)
ク サ ブ エ	非 親 和 性 菌	親 和 性 菌	13.6 (64)	28.9 (114)
	蒸 留 水	親 和 性 菌	21.4 (100)	25.3 (100)

注. *非親和性菌を前接種した葉

表一 5 非親和性菌の噴霧接種による親和性菌の葉いもち発病抑制効果

品 種	非親和性菌の接種の有 無	感染源からの株数(西) ← * → 感染源からの株数(東)															総病斑数(個)
		7	6	5	4	3	2	1	0	1	2	3	4	5	6	7	
ササニシキ	接 種	34	34	34	41	19	24	57	*	81	62	31	42	35	38	37	569(28)
	無接種	63	92	36	141	154	196	259	*	244	141	152	142	114	196	259	1982(100)
新潟早生	接 種	—	3	3	7	8	7	24	*	47	29	26	23	12	10	8	207(26)
	無接種	—	80	82	53	66	66	116	*	95	38	49	25	40	47	32	789(100)

注. * 感染源, — 未調査, 株間距離 22.5cm

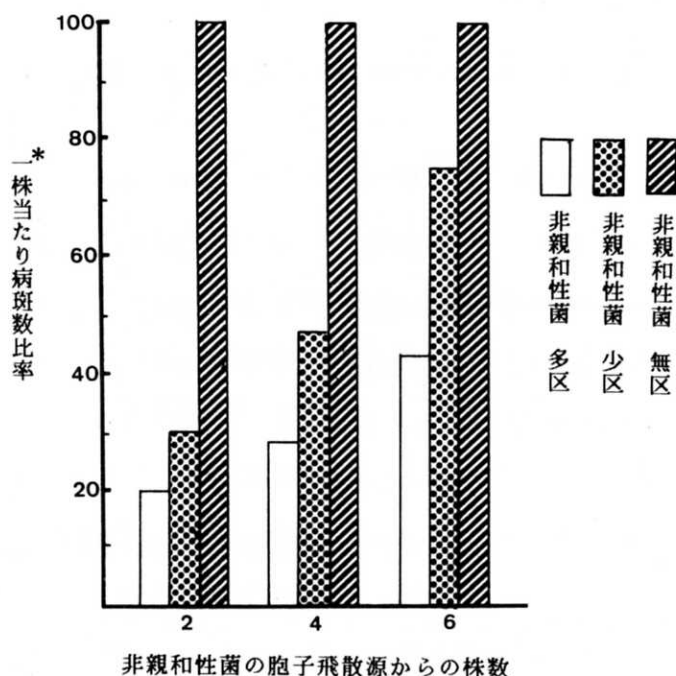
全体に噴霧接種した。非親和性菌の最終接種日から25日後に試験区の中央3列について、1株任意5茎の病斑数を調査した。

調査結果を表一5に示した。ササニシキ、新潟早生の両品種とも非親和性菌を接種したことにより、いずれの調査株においても病斑数は減少した。その結果、非親和性菌無接種区の調査全株の総病斑数を100とすると、非親和性菌接種区のササニシキは28、新潟早生は26となり、非親和性菌を接種したことによる明瞭な発病抑制効果が認められた。

前述した試験は非親和性菌と親和性菌の両菌を人工的に接種した場合の発病抑制効果を検討した試験であった。表一4に示したように非親和性菌による発病抑制効果は、非親和性菌を接種したイネ葉だけで発現されるので非親和性菌の孢子飛散源を圃場に配置して、継続的に非親和性菌の孢子を飛散させて、自然感染による葉いもちの抑制効果について調査した。試験は次のようにして行った。ササニシキを22.5×22.5cmの栽植距離で1株2本植えし、1区当たり460株(23列×20株)の試験区を設けた。初発約1週間前にササニシキに非親和性を示すレース041のいもち病菌をフクニシキ(041に対して親和性を示す)の苗にパンチ接種し、これを非親和

性菌の孢子飛散源として試験区の中央に植え込んだ。この際、非親和性菌の量と発病抑制効果を比較するために非親和性菌多区として120個、少区として40個の病斑を形成させたフクニシキの苗を植え込んだ試験区を設けた。非親和性菌の孢子飛散源を植え込んでから36日後に非親和小生菌の孢子飛散源から2、4及び6株離れた株の自然感染したササニシキの病斑数を調査した。

調査結果を図一1に示した。非親和性菌の胞



図一 1 非親和性菌の孢子飛散源を配置した場合の自然感染したササニシキの病斑数

注. 株間距離 22.5 × 22.5 cm

* 非親和性菌無区の病斑数を 100 としたときの比率

子飛散源を配置した区では対照区の孢子飛散源を配置しなかった区に比べ、明らかに病斑数は少なかった。また、非親和性菌多区では少区よりも病斑数は減少した。孢子飛散源から2株離れた株では対照区の病斑数を100とすると、多区で20、少区で30となり非親和性菌の孢子飛散源を配置したことにより、ササニシキの病斑数は1/3～1/5に減少した。孢子飛散源から離れるに従い、発病抑制効果は減少し、6株離れた株では対照区の各々43、75であった。

(2) 穂いもちに対する発病抑制効果

耕種概要は硫安の追肥を出穂約1週間前に行ったほかは、葉いもちに対して行った試験と同様である。ササニシキとハマアサヒ(Pi-a Pi-i Pi-k Pi-b)を供試し、1区当たり400株(20列×20株)栽植した試験区を設け、葉いもちの発生を抑えるために初発約1週間前にプロペナゾール剤を3.5kg/10a散布した。穂揃期に2

回非親和性菌を試験区全体に噴霧接種し、翌日に親和性菌を噴霧接種した。孢子濃度は顕微鏡下1視野当たり約15～30個で、噴霧量は1区当たり約2～3ℓである。親和性菌の接種22日後に1区当たり35株、約500茎の穂いもち発病調査を行い、次式によって発病度を求めた。発病度=穂くび罹病穂率+(枝梗の2/3が罹病した穂率×0.6)+(枝梗の1/3が罹病した穂率×0.3)。

ササニシキの調査結果を表一6に示した。非親和性菌を前接種し、親和性菌を後接種した区の穂くび罹病穂率、枝梗の2/3が罹病した穂率及び枝梗の1/3が罹病した穂率のいずれもが、非親和性菌を接種しなかった区よりも低い値を示した。後者の発病度を100とすると前者のそれは31であった。また、表一7には親和性菌接種35日後の調査結果を示した。22日後調査に比較して罹病穂率は全体に高くなった。枝梗の1/3が罹病した穂率は非親和性菌を前接種しなかった区

表一6 非親和性菌の噴霧接種による親和性菌の穂いもち発病抑制

(品種：ササニシキ、接種22日後)

接 種 方 法		罹 病 穂 率 (%)			発病度
前接種	後接種	穂くび(A)	枝梗2/3罹病(B)	枝梗1/3罹病(C)	
非親和性菌	親和性菌	4.8 (29)	0.9 (11)	14.0 (44)	9.5 (31)
蒸留水	親和性菌	16.6 (100)	8.1 (100)	31.8 (100)	31.0 (100)

注. 発病度 = $A + (B \times 0.6) + (C \times 0.3)$

表一7 非親和性菌の噴霧接種による親和性菌の穂いもち発病抑制

(品種：ササニシキ、接種35日後)

接 種 方 法		罹 病 穂 率 (%)			発病度
前接種	後接種	穂くび(A)	枝梗2/3罹病(B)	枝梗1/3罹病(C)	
非親和性菌	親和性菌	15.8 (46)	20.7 (51)	27.4 (44)	36.4 (57)
蒸留水	親和性菌	34.5 (100)	40.5 (100)	17.3 (100)	64.0 (100)

注. 発病度 = $A + (B \times 0.6) + (C \times 0.3)$

表一 8 非親和性菌の噴霧接種による親和性菌の穂いもち発病抑制

(品種：ハマアサヒ、接種22日後)

接 種 方 法		罹 病 穂 率 (%)			発 病 度
前接種	後接種	穂くび (A)	枝梗 2/3 罹病 (B)	枝梗 1/3 罹病 (C)	
非親和性菌	親和性菌	10.3 (52)	1.2 (26)	5.5 (48)	14.0 (50)
蒸 留 水	親和性菌	19.9 (100)	4.7 (100)	11.4 (100)	28.2 (100)

注. 発病度 = $A + (B \times 0.6) + (C \times 0.3)$

の方が前接種した区よりも高くなったが、穂くび罹病穂率と枝梗の $\frac{2}{3}$ が罹病した穂率は非親和性菌を前接種した区の方が明らかに低く、非親和性菌を前接種しなかった区の発病度を100とすると、前接種した区のそれは57であった。

ハマアサヒの非親和性菌接種22日後の調査結果を表一 8 に示した。前述したササニシキと同様な発病抑制効果が認められ、非親和性菌の前接種を行わず、親和性菌だけを後接種した区の発病度を100とすると、非親和性菌を前接種した区のそれは50であった。

以上の結果から、穂いもちにおいても非親和性菌の前接種による発病抑制効果が発現されることが明らかになった。

6 今後の問題点

いもち病菌の非親和性菌が親和性菌の発病を抑制する効果は二つに大別される。一つは罹病型病斑数の減少であり、他の一つは病斑拡大の抑制である。この二つの効果はいずれもいもち病の病勢進展と密接な関連がある。圃場においてはこの二つの効果が総合されて、いもち病の発病が抑制されたものと考えられるが、本病の防除法として非親和性菌を利用するためには解決しなくてはならない問題点が多く残されている。以下、この点について述べる。

第1は圃場に非親和性菌と言えども、いもち病菌そのものを接種することの危険性である。非親和性菌の中には極めて低率ではあるが、病原性の変異した胞子が含まれている場合があり^{4,7)}、噴霧接種することによってこれらの胞子による病斑が形成される可能性がある。この危険性を回避するためにはイネ以外の植物に寄生するいもち病菌や拮抗微生物を利用することが考えられる。これまでに、いもち病菌²⁾、ごま葉枯病菌¹⁾、白葉枯病菌³⁾などで拮抗微生物が存在することが報告されているが、いずれも拮抗作用の弱いことが知られている。今後は強い拮抗作用を有する微生物を探索する必要がある。

第2はいもち病菌を接種することの繁雑さである。いもち病菌胞子は露などの水滴の存在下で発芽し、付着器を形成してイネ組織内に侵入するので、接種は日没後に行う必要がある。また、水を吸収した胞子は再び乾燥状態になると死滅するので、接種時期が限定される。この解決策として、乾燥胞子をタルクなどの適当な増量剤と混合して日中散布する方法と、本試験で行ったように非親和性菌の胞子飛散源を圃場に植え込む方法が考えられる。前者の方法ではいかにして大量に、安価な胞子が生産できるかが問題であり、後者の方法では周辺の真性抵抗遺伝子を持っていない品種の圃場に胞子が飛散する危

表一 9 昭和61年度の東北地方の水稻奨励品種とレース000に対する反応

県名	う る ち	も ち
青 森	ハツコガネ* ハマアサヒ* シモキタ* コチミノリ アキヒカリ* ムツニシキ* ムツホナミ* ムツカオリ* 豊 盃* むつほまれ* 華 吹 雪*	わせとらもち* タツミモチ* サカキモチ*
岩 手	アキヒカリ* アキユタカ* ササミノリ* キヨニシキ* トヨニシキ* ササニシキ* コガネヒカリ* たかねみのり* (ハヤニシキ) (みちこがね*) (コチミノリ) (マツマエ*)	わせとらもち* サカキモチ* ヒメノモチ* こがねもち* (おんねもち*)
宮 城	アキヒカリ* フジミノリ* ササミノリ* ササニシキ* トヨニシキ* サトホナミ*	ヒメノモチ* みやこがねもち*
秋 田	アキヒカリ* アキユタカ* キヨニシキ* トヨニシキ* ササニシキ* アキホマレ* あさあけ* あきたこまち* たかねみのり* フクノハナ* 美山錦*	オトメモチ* ヒデコモチ*
山 形	はなひかり* アキユタカ* やまてにしき* キヨニシキ* ササニシキ* さわのはな* はなゆたか* (あさあけ*) (シモキタ*) (ハヤニシキ) (改良信交*)	ヒメノモチ* でわのもち*
福 島	コチミノリ アキヒカリ* ハツニシキ* キヨニシキ* ササニシキ* トヨニシキ* コシヒカリ* 農林 21 号* 日 本 晴* 五百万石* (ハマアサヒ*) チヨニシキ* 初 星*	ヒデコモチ* こがねもち* (サカキモチ*) (マンゲツモチ*)

注. () は準奨励・地域限定・優良品種

* レース 000 に非親和性を示す品種

 レース 000 に親和性を示す品種 未検定の品種

険性が残されている。

近年、大分、宮崎県で現行のレース判別品種の全品種に非親和性を示すレース000が分離されている⁶⁾。本レースは表一 9 に示したように東北 6 県で栽培されているほとんどの品種に非親和性を示すので、このようなレースを供試することにより、真性抵抗性の遺伝子を持っていない

他品種への孢子飛散の危険性を回避できるのではないかと考えられる。

現時点ではまだ前述した問題点を含めて、検討しなければならない課題が多く残されており、いもち病の防除に結びつく技術にするためには、更に種々の角度から試験を行う必要がある。

引用文献

- 1) 赤井重恭, 倉本 孟. 1968. イネ葉上の微生物とごま葉枯病の発生. 日植病報 34: 313—316.
- 2) 藤田佳克, 鈴木穂積. 1979. イネから分離した数種の菌といもち病菌の重複接種によるいもち病の発病抑制. 北日本病虫研報 30: 53—55.
- 3) 伊阪実人. 1973. イネ白葉枯病の予察方法に関する研究, とくに噴出菌泥検鏡法の開発とその利用について. 福井農試特別報告 4: 1—165.
- 4) 清沢茂久. 1966. いもち病菌の病原性の自然突然変異について. 植物防疫 20: 159—162.
- 5) Kiyosawa, S; Fujimaki, H. 1967. Studies on mixture inoculation of *Pyricularia oryzae* on rice. I. Effect of mixture inoculation and concentration on the formation of susceptible lesions in the injection inoculation. Bull. Natl. Inst. Agric. Sci. D17: 1—20.
- 6) 茂木静夫, 内藤秀樹, 対島誠也, 斉藤初雄. 1984. 九州地域におけるイネいもち病菌の発生生態 —1982年におけるレース分布—. 九病虫研会報 30: 8—11.
- 7) 新関宏夫, 岩永喜裕, 大野清春. 1973. いもち病菌の病原性の自然突然変異. 農林水産技術会議研究成果 63: 91—99.
- 8) 大畑貫一, 高坂淖爾. 1967. いもち病病斑形成に対する race 間の局所的干渉作用と病斑部にみられる蛍光物質について. 農技研報 C21: 111—132.