

## 採種圃産種子により移入したいもち病菌が地域における いもち病菌の個体群構造に与える影響

石川 浩司<sup>1,2</sup>・黒田 智久<sup>1,2</sup>・堀 武志<sup>1</sup>

Kouji ISHIKAWA · Tomohisa KURODA · Takeshi HORI :

Effect of *Pyricularia oryzae* population structure at seed farms on local population structure

新潟県内の採種圃場で栽培された2003年産「コシヒカリ」種子からいもち病菌を分離し、レースを調査した。その結果、同一地域内の採種圃であってもレース頻度が異なる場合があった。これは、それぞれの採種圃に分布するいもち病菌は、レース頻度の異なる別々の伝染源の影響を受けたためと推定された。そこで、採種圃産種子からの分離菌と、その種子で栽培したイネの葉いもち病斑からの分離菌について、*Pot2*-rep PCR法によるフィンガープリントパターンを比較した。その結果、両者には一部類似点もあったが、相違点が多く認められた。このことから、保菌した採種圃産種子が、翌年その種子が配布された地域におけるいもち病菌の個体群構造に与える影響は小さい可能性が示唆された。

Key words : イネいもち病, 採種圃産種子, *Pot2*-rep PCR DNAフィンガープリント法, レース頻度, 個体群構造  
Rice Blast, seed farms, *Pyricularia oryzae* Cavara, Race frequency, Population structure

### 緒 言

イネいもち病は*Pyricularia oryzae* Cavaraにより発生するイネ (*Oryza sativa* L.) の重要病害である。最近では1991年, 1993年, 2003年に全国的に多発生している (平野, 1992; 小泉, 2004; 内藤, 1994)。このように、気象条件によっては薬剤による防除を実施していても作況に影響するような大きな被害をもたらす場合がある。

いもち病菌の越冬伝染源として、箱育苗が普及した現在では罹病種子が最も重要とされている (吉野, 1987)。村松ら (2003) は、特定の少数の遺伝子型を持ついもち病菌に感染した種子が種子更新によって秋田県内に広く配布され、その菌が蔓延した可能性を指摘している。荒井ら (2009) は、九州地域におけるMBI-D耐性菌の発生実態を調査し、耐性菌の分布拡大には種子の来歴や流通が大きく関与していると報告している。岩手県では2005年から2006年にかけて特定の遺伝子型のMBI-D剤耐性いもち病菌の発生地点が拡大した (高橋ら, 2010)。高橋ら (2010) は、耐性菌に感染した採種圃産種子が広く配布されたためと考察している。

一方、深谷ら (2001) は35.6%の育苗施設内外にイネ残渣が放置されていたことから、イネ残渣からの伝染割合はかなり高いと推定している。笹原 (2004) はDNAマーカーを用いた解析で、葉いもち本田初発の主要伝染経路は、罹病種子由来の苗いもちまたは前年の被害残渣を第一次伝染源とする育苗期感染としている。このように、種子だけでなく、前年の被害残渣も有力な伝染源と考える報告もある。

この他に、罹病種子を10月下旬に地面に放置し、翌5月に本菌を分離すると、わずかであるが生存が認められた (鈴木ら, 1985)。また、野外で腐植しない条件において穂などで本菌の生存が確認され (三浦ら, 1975; 本蔵・菊池, 2011)、本菌の野外での越冬が報告されている。

石黒・小林 (1999) は、上記のように種々の可能性がある初期伝染源それぞれの相対的重要度が不明なため、防除を重点化できていないと指摘している。このため、初期伝染源の相対的重要度の解明は効率的な防除法開発のために重要と考えられる。

水稻の種子更新率は高く、2016年産種子では全国平均

<sup>1</sup>新潟県農業総合研究所作物研究センター Niigata Agricultural Research Institute, Crop Research Center, 857 Nagakura, Nagaoka, Niigata 940-0826

<sup>2</sup>現: 新潟県農業総合研究所 Niigata Agricultural Research Institute, 857 Nagakura, Nagaoka, Niigata 940-0826

で87.9%、米の主産地である北海道、東北、北陸ではそれぞれ100、94.0、93.8%となっている（全国米麦改良協会、2017）。このため、伝染源として採種圃産種子の影響が大きければ、初期伝染源として非常に重要となる。しかし、石川ら（2023）、堀ら（2022）はコシヒカリマルチラインにおける侵害レースの分布状況から、侵害レースは地域内の伝染環で越冬し、採種圃産種子による移入ではないと推定している。また、いもち病菌のレース別分離割合（以下、レース頻度）（本田ら、1998；石川ら、2005；岩野・山田、1983）やハプロタイプで解析した個体群構造（Suzuki et al., 2010）の年次変化は連続的である。このように、当年のレース頻度や個体群構造は翌年に引き継がれていることから、石川ら（2023）は、地域内の伝染環の影響は地域外からの移入より大きいと推定している。したがって、採種圃産種子の越冬伝染源としての関与割合はそれほど高くない可能性がある。

保菌した採種圃産種子が越冬伝染源として重要であれば、その種子を用い栽培された地域のいもち病菌個体群構造は種子の菌個体群構造の影響を受けると考えられる。そこで、保菌した採種圃産種子によるいもち病菌個体群の移入が、地域のいもち病菌個体群に与える影響を明らかとするため、採種圃産種子とその種子が供給された地域のいもち病菌のレース頻度の調査、*Pot2*-rep PCR法によるDNAフィンガープリントパターン（以下、FP）解析を行い、両者の菌の相互関係について検討した。

## 材料および方法

### 1. 採種圃産種子からの菌の分離

2003年に新潟県内の6地域にある16カ所の「コシヒカリ」採種圃について、乾燥調製後の1ロットからそれぞれ種子約200~300gを収集し調査対象とした。また、3カ所（No. 1, 6, 7）の採種圃について、上記およびそれぞれに栽培者の異なる「コシヒカリ」の種子25, 6, 4点を調査対象とした。菌の分離は1点約1110粒（No. 1採種圃の25点は約370粒）についてプロッター法（温室25℃・3日間）を行い、胞子を形成した粉1粒からいもち病菌1菌株を単孢子分離し、PSA斜面培地に移植して検定菌株とした。1点あたり10菌株以上を基本に、目標菌株に達しない場合は追加でプロッター法を行い（No. 1採種圃の25点を除く）、菌株を分離した。

### 2. 一般栽培圃場からの菌の分離

2003年産の採種圃産種子が配布され、2004年に「コシヒカリ」を栽培した一般栽培圃場から葉いもち病斑を採集した。一般栽培圃場は、C地域No. 7採種圃と同一市内にあり、No. 7採種圃の「コシヒカリ」種子が供給された。葉いもち病斑は、1圃場を1地点として2004年7月9日、22日に14地点から採集した。病斑の採集は、新潟県内の市町村防除協議会、病害虫防除所、農業普及指導センターに依頼した。1病斑からいもち病菌1菌株を単孢子分離し、PSA斜面培地に移植して検定菌株とした。1地点あたり4菌株を基本に菌株の分離を行った。

### 3. いもち病菌レースの検定

分離菌のレースは常法に従って12判別品種（Kiyosawa, 1981；Yamada et al., 1976）に接種し、7~10日後の接種葉の反応から判別した。

### 4. DNAフィンガープリントパターンの解析

2003年のNo. 7採種圃産「コシヒカリ」種子および2004年に同種子が配布され栽培された地区の葉いもちからの分離菌について、Suzuki et al. (2006)の方法に準じて*Pot2*-rep PCR法によるFP解析を実施した。500~3000bpの範囲に存在する明瞭なバンド12種類の有無を用い、遺伝子型を類別した。

### 5. 統計解析

統計解析には、統計ソフトウェアのEZR Version 1.61を用い、 $p < 0.05$ を統計的有意差ありとして判定した。Fisherの正確検定にはレース別分離菌株数を用い、bonferroni法で $p$ 値を調整し多重比較を行った。

## 結果

### 1. 採種圃産種子および葉いもち病斑から分離されたいもち病菌のレース

第1表に2003年採種圃産種子からの分離菌株数と分離菌のレース頻度を、県内をA~Fの6地域に区分して示した。菌株数が目標の10菌株に満たなかった場合は追加でプロッター法による菌の分離を行ったが、D、EおよびF地域では1~9菌株しか分離できない採種圃があった。また、C地域のNo. 6採種圃の種子からはいもち病菌の分離ができなかった。目標数を超えた菌の分離を行わず、追加でプロッター法を行った採種圃もあるため、

第1表の菌株数は保菌割合を示すものではないが、採種圃により分離菌株数は異なった。採種圃産種子からは001.0, 003.0を中心に007.0, 037.1など県内に分布する主要なレース（石川ら, 2005）が分離された。各採種圃のレース頻度は、優占レースが001.0となる採種圃が7カ所で最も多く、003.0, 007.0, 037.1が優占レースとなる採種圃もあり、採種圃により異なった。また、同一地域内の採種圃を比較すると、D地域のように採種圃による差が小さい地域とA地域のNo. 1採種圃とNo. 2採種圃、B地域のNo. 4採種圃とNo. 3, 5採種圃のように差が大きい地域があった。

第2表に1つの採種圃から複数のサンプルについて調査したNo. 1, 6, 7採種圃のレース頻度、およびNo. 7採種圃産「コシヒカリ」種子が配布された地区における2004年の葉いもち病斑からの分離菌のレース頻度を示した。No. 6採種圃では目標菌数に満たない場合があり、追加でプロッター法による菌の分離を行ったが、

1点で8菌株しか分離できなかった。葉いもちでは4菌株を目標に菌を分離したが、1～3菌株しか分離できない地点があった。No. 1採種圃では003.0が57%分離され優占レースとなり、001.0は29%であった。No. 6採種圃では、第1表とは耕作者が異なる種子からはいもち病菌が分離され、001.0が優占レースで、003.0や007.0のレース頻度も20, 27%と高かった。No. 7採種圃では001.0のレース頻度が72%と高く、003.0も23%分離された。Fisherの正確検定を行った結果、3カ所の採種圃のレース頻度はそれぞれに有意差が認められ、採種圃によってレース頻度は異なった。

2003年産種子からの分離菌と、翌年にその種子が配布され栽培されたイネの葉いもち病斑からの分離菌株について、レース頻度を比較した。その結果、001.0の頻度は種子分離菌で71.7%であるのに対し、葉いもちでは33.3%と低かった。007.0の頻度は種子で1.9%であったが、葉いもちでは21.4%と種子に比べ高かった。また、

第1表 2003年の採種圃産「コシヒカリ」種子から分離されたいもち病菌のレース

地域	採種圃 No.	菌株数	レース頻度 (%)							
			001.0	003.0	005.0	007.0	013.1	035.1	037.1	103.0
A	1	13	23.1	53.8	15.4	7.7	0.0	0.0	0.0	0.0
	2	12	8.3	25.0	0.0	66.7	0.0	0.0	0.0	0.0
B	3	18	22.2	16.7	5.6	11.1	0.0	0.0	38.9	5.6
	4	18	16.7	22.2	0.0	50.0	5.6	5.6	0.0	0.0
	5	13	38.5	53.8	0.0	0.0	0.0	0.0	7.7	0.0
C	6	- <sup>a)</sup>	-	-	-	-	-	-	-	-
	7	13	76.9	23.1	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
	8	10	40.0	60.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
	9	11	72.7	27.3	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
D	10	13	46.2	38.5	0.0	15.4	0.0	0.0	0.0	0.0
	11	9	44.4	44.4	0.0	11.1	0.0	0.0	0.0	0.0
	12	9	55.6	44.4	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
E	13	13	53.8	23.1	0.0	23.1	0.0	0.0	0.0	0.0
	14	6	16.7	0.0	16.7	66.7	0.0	0.0	0.0	0.0
	15	1	0.0	100.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
F	16	3	66.7	33.3	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0

a) 分離できず。

第2表 「コシヒカリ」の種子および葉いもち病斑から分離されたいもち病菌のレース

採集年	地域	採種圃 No.	種類	分離源	地点数	菌株数	レース頻度 (%)						Fisher <sup>a)</sup>	
							001.0	003.0	005.0	007.0	035.1	037.1		103.0
2003	A	1	採種	種子	25	127	29.1	56.7	4.7	7.9	1.6	0.0	0.0	a
2003	C	6	採種	種子	6	71	45.1	19.7	2.8	26.8	0.0	4.2	1.4	b
2003	C	7	採種	種子	4	53	71.7	22.6	0.0	1.9	0.0	0.0	3.8	c
2004	C	-	一般 <sup>b)</sup>	葉身	14	42	33.3	38.1	2.4	21.4	0.0	4.8	0.0	ab

a) bonferroni法によりp値を調整し、Fisherの正確検定による多重比較を行い、同一英小文字を付した数値の間に有意差 ( $p < 0.05$ ) はないことを示す。

b) No. 7採種圃産「コシヒカリ」種子が配布されたNo. 7採種圃と同一市内の一般栽培圃場。

種子からは分離されなかったレース005.0と037.1が葉いもち病斑から分離された。種子と葉いもちからの分離菌のレース頻度は、Fisherの正確検定で有意差が認められた。

## 2. DNAフィンガープリントパターン

第3表に2003年産種子と2004年葉いもち分離菌について、*Pot2*-rep PCR法によるFPで類別した遺伝子型別の割合をレース別に示した。分離菌の遺伝子型は13種類に類別された。同一のレースで異なるFPを示す菌株や、異なるレースで同一のFPを示す菌株があるなど、FPは多様であった。全体としては、BタイプとHタイプの割合が高かった。レース別には、001.0では種子、葉いもちで共通してB、Hタイプの割合が高かった。しかし、種子で頻度の高いCタイプが葉いもちでは分離されず、頻度は低いながら種子から分離されるD、F、G、I、Kタイプが葉いもちでは分離されなかった。逆に、種子からは分離されないA、Eタイプが葉いもちでは分離されるなど、相違点が多かった。レース003.0では種子と葉いもちともにB、Hタイプの比率が高く、種子と葉いもち分離菌株の個体群の構成は似ていた。

## 考 察

県内16カ所の採種圃産の「コシヒカリ」種子におけるレース頻度は、採種圃により違いがあり、その違いは同一地域内の採種圃でも認められる場合があった(第1表)。各採種圃について1点しか調査していないため、それぞれの採種圃のレース頻度を代表した値ではないが、

この結果は採種圃によってレース頻度が異なる可能性を示唆している。石川ら(2005)は新潟県内のレース分布を調査し、同一地域内の同一品種であっても、調査地点によりレースは異なっていたと報告している。その理由として、いもち病の1回の感染距離は1km程度であり(原澤ら, 2000; 石黒ら, 1998)、異なる調査地点のレースはそれぞれに由来の異なる伝染源の影響を受けたためと考察している。採種圃によりレース頻度が異なるのも、同様な理由によるものと考えられる。この傾向は、1つの採種圃から複数サンプルを調査した3カ所の採種圃のレース頻度でも確認された(第2表)。

採種圃産「コシヒカリ」の種子とその種子を用い栽培された地区の葉いもちについて、レース頻度及び*Pot2*-rep PCR法によるFPで類別した遺伝子型別の割合を比較した(第2, 3表)。なお、この地区の水田は中山間地の河川沿いにあり、周辺地区の水田とは地理的に隔離されており、周辺地区からの孢子飛散によるいもち病菌の移入を考慮する必要はない。種子と葉いもちのレース頻度は、種子で葉いもちより001.0の頻度が高く、007.0の頻度が低いなど、違いが認められた。種子と葉いもちのレース頻度の違いは、この地区でそれぞれ約4%の面積割合で栽培されている真性抵抗性遺伝子*Pia*や*Pii*を持つ品種からの003.0や007.0の飛散孢子の移入により生じた可能性がある。しかし、001.0の頻度は種子の71.7%から葉いもち33.3%となっており、移入の影響と考えるには頻度の差が大きい。また、FPで類別した遺伝子型別の割合について、「コシヒカリ」以外の品種の影響を受けないレース001.0について比較すると、種子と葉いもちで共通して割合が高い遺伝子型が2つ認められたが、

第3表 2003年産種子と翌年にその種子が配布された地区の葉いもち病斑からの分離菌におけるレースとFP別菌株の割合

分離源 <sup>a)</sup>	レース	調査菌株数	<i>Pot2</i> -rep PCRにより分類した菌株の割合(%)												
			A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	K	L	M
2003年産 種子	001.0	47		36	26	4		4	2	13	4	6	2		2
	003.0	15		13	7					67		7			7
	007.0	1									100				
	103.0	2								100					
2004年 葉いもち	001.0	13	8	38				8		15		23			8
	003.0	11		18	9					73					
	005.0	1		100											
	007.0	8		38	13					13	25			13	
	037.1	2			50					50					

a) 種子はNo. 7採種圃の5点、葉いもちはNo. 7採種圃産種子を使用した一般栽培圃場14地点。品種はいずれも「コシヒカリ」(第1表、第2表参照)。

相違点も多かった。種子と葉いもちで共通した遺伝子型の菌が認められたのは、採種圃場が葉いもち採集圃場と同一地区内にあり、種子のいもち病菌個体群が地区の個体群の一部で構成されているためと推定される。種子と葉いもちで遺伝子型に多くの相違点が認められたことは、採種圃産種子により移入したいもち病菌個体群の、地域のいもち病菌個体群構造への関与程度が低い可能性を示唆していると考えられる。

新潟県では16カ所に採種圃が設置され、約120,000haの一般栽培圃場に対し、採種圃の面積は約820haであり、採種圃の面積は一般圃場の約0.7%に過ぎない。(石川, 2006)。それぞれの採種圃のレース頻度は狭い範囲の伝染源の影響を受けそれぞれに異なる場合があるため、地域のレース頻度と種子のレース頻度が大きく異なる場合も生じると推定される。その場合、種子の越冬伝染源としての影響が大きければ、栽培品種の変更などレース頻度の変化に影響する要因がなくても、2か年の間で地域のレース頻度が大きく変化する可能性が高い。しかし、そのような事例の報告は無く、いもち病菌のレース頻度(本田ら, 1998; 石川ら, 2005; 岩野・山田, 1983)やハプロタイプで解析した個体群構造(Suzuki et al., 2010)の年次変化は連続的となっている。これは、種子とともに移入したいもち病菌個体群は地域の個体群構造に大きな影響を与えておらず、地域内の越冬伝染源の影響は個体群構造の連続性が保たれる程度に大きいことを示している。

新潟県の採種圃では、種子消毒、育苗期防除、葉いもちの予防剤による防除、穂いもちの茎葉散布剤による2回の防除が実施されている(石川, 2006)。採種圃産「コシヒカリ」種子の保菌は、2004年の調査では保菌率0.5%未満の採種圃の割合が約31%、残りの採種圃では0%であった(石川, 2006)。このような採種圃産種子の低い保菌程度も、種子による菌の移入が地域の個体群構造に大きな影響を与えていないことに関与していると推定される。

箱育苗が普及した現在では罹病種子が越冬伝染源として最も重要とされ(吉野, 1987)、MBI-D剤耐性菌の分布拡大では種子を介した伝染が指摘されている(荒井ら, 2009; 高橋ら, 2010)。耐性菌の場合、種子により移入した地域で耐性を持つ薬剤が使用されていると、感受性菌と耐性菌に対する薬剤の選択圧の違いにより耐性菌の頻度が高まるため、耐性菌の初期頻度が低くても短期間に顕在・優占化すると考えられる。したがって、種子に

よるMBI-D剤耐性菌の分布拡大と、本研究で推定された採種圃産種子の地域の越冬伝染源としての重要度は高くないとする説は矛盾しないと考えられる。ただし、採種圃産種子はいもち病菌の自然感染による拡散範囲を大きく超えて広域に流通し、種子更新率も高い。このため、耐性菌や新レースなどの分布拡大を抑制するために採種圃産種子の保菌防止対策などを考慮することは重要と考えられる。

村松ら(2003)は、2000年および2002年の秋田県では少数の遺伝子型のいもち病菌が県内に広く優占し、その理由として、保菌した種子によりそれらの遺伝子型の菌が蔓延した可能性を指摘している。秋田県では1980年の調査においてレース003の頻度が78%と高かった(進藤ら, 1982)。しかし、真性抵抗性遺伝子*Pia*, *Pii*を持つ「あきたこまち」の作付け増加に伴い、1990年には003の頻度は17.1%に低下し、007を中心に037, 107, および307のような*Pii*に感染可能なレースの頻度が89%となった(園田ら, 1991)。2000, 2002年には、007の頻度はそれぞれ99.4, 100%であった(村松ら, 2003)。*Pii*に病原性を持たないレースは真性抵抗性遺伝子*Pii*を持った品種には感染できないので、*Pii*品種の面積増加の過程では*Pii*に病原性を持つレースと*Pii*品種の間に、前述の薬剤耐性菌と耐性を持つ薬剤の使用との関係と同様な現象が成り立っていたと考えられる。このため、種子が保菌する*Pii*に病原性を持ついもち病菌個体群の移入の影響が相対的に大きくなり、村松ら(2003)の報告のように少数の遺伝子型の菌が広く優占した可能性がある。

地域内の越冬伝染源として、育苗期感染の伝染源として重要性が指摘されている育苗環境周辺に存在する被害残渣(深谷ら, 2001; 笹原, 2004)の他、圃場に落下し生存能力を保持した罹病種子(鈴木ら, 1985)や腐植しない条件での穂(本蔵・菊池, 2011; 三浦ら, 1975)などの野外越冬が考えられる。笹原(2004)は葉いもち本田初発の主要伝染経路は罹病種子由来の苗いもち、または罹病残渣由来の育苗期感染苗としており、本研究の結果と合わせて考えると、地域内の越冬伝染源として育苗環境周辺の被害残渣の関与程度が高い可能性がある。しかし、越冬伝染経路それぞれの関与程度は未解明であり、今後明らかにしていく必要がある。

## 謝 辞

いもち病の病斑採集には、新潟県内の市町村、農業協同組合、農業共済組合、農業普及指導センター、病害虫防除所の職員に協力いただいた。採種圃産種子は新潟県種子協会から提供いただいた。この場を借りて深く御礼申し上げます。

## 引用文献

- 荒井治喜・鈴木文彦・古場文子 (2009) 2003年の九州地域におけるMBI-D耐性イネいもち病菌の発生実態. 九州病虫研報55: 7-12.
- 全国米麦改良協会 (2017) 米麦の種子更新率調査の概要について. 米麦改良2017.6: 17-20.
- 深谷富夫・保坂 学・飯富暁康・若畑昌邦・小田島誠悟・柴田 智・沓沢朋広・米沢 悟・庄内玲子 (2001) 秋田県における箱苗のいもち病の発生とその原因. 北日本病虫研報52: 11-13.
- 原澤良栄・小瀧慶司・堀 武志・小林 隆・石黒 潔 (2000). 全般発生開始期における発病補植苗からの伝染勾配. 日植病報66: 107. (講要)
- 平野善弘 (1992). 平成3年のイネいもち病の発生状況と発生予察. 植物防疫46: 142-148.
- 本田浩央・本間 隆・佐藤智浩・内藤秀樹 (1998). 山形県におけるイネいもち病菌レースの近年の分布推移. 北日本病虫研報49: 5-7.
- 本藏良三・菊地貞文 (2011). 宮城県中部地域においてはせ架け越冬罹病稲わらが本田イネ葉いもちの伝染源になる可能性. 北日本病虫研報62: 11-17.
- 堀 武志・渡部真帆・松澤清二郎・黒田智久・石川浩司・藤 晋一 (2022). コシヒカリマルチラインを侵害するイネいもち病菌レースの分布状況とSSRマーカーによる遺伝解析. 日植病報88: 231. (講要)
- 石黒 潔・小林 隆・中島 隆・兼松誠司 (1998). 全般発生開始期において観察された発病取置苗からの数百メートル規模の葉いもち拡散勾配. 日植病報64: 613-614. (講要)
- 石黒 潔・小林 隆 (1999) 田圃のイネいもち病菌はどこからやってくる?. 化学と生物37: 433-434.
- 石川浩司・小瀧慶司・堀 武志・原澤良栄・佐々木行雄 (2005). 新潟県において1998~2002年に分布したイネいもち病菌のレース. 北陸病虫研報54: 1-6.
- 石川浩司 (2006) イネ採種圃における防除実態と今後の対応: 新潟県における防除実態. 殺菌剤耐性菌研究会第16回シンポジウム講演要旨67-74.
- 石川浩司・堀 武志・黒田智久・松澤清二郎・岩田大介・渡部真帆・佐藤秀明 (2023). コシヒカリマルチラインにおける構成同質遺伝子系統の計画的変更によるイネいもち病真性抵抗性の持続的利用の検証. 日植病報89: 136-148.
- 岩野正敬・山田昌雄 (1983). イネいもち病菌レースの分布とその変動要因に関する研究. 北陸農試報25: 1-64.
- Kiyosawa, S. (1981). Gene analysis for blast resistance. *Oryza* 18: 196-203.
- 小泉信三 (2004). 平成15年のいもち病の多発生とその要因. 植物防疫58: 67-70.
- 三浦春夫・東海林久雄・木村和夫 (1975) わら施用田におけるいもち病, 紋枯病の初期発生について (第2報). 北日本病虫研報26: 36-36.
- 村松佳央里・藤 晋一・古屋廣光・内藤秀樹 (2003) 2000年および2002年に秋田県に分布したイネいもち病菌の個体群構造. 北日本病虫研報54: 18-22.
- 内藤秀樹 (1994). 平成5年のいもち病多発生要因の解析. 植物防疫48: 93-97.
- 笹原剛志 (2004). イネいもち病のDNAマーカーを用いた伝染源の解明. 植物防疫58: 511-514.
- 進藤敬助・八重樫博志・浅賀宏一 (1982) 1980年に東北6県に分布したイネいもち病菌のレース. 北日本病虫研報33: 15-17.
- 園田亮一・深谷富夫・八重樫博志 (1991) 1990年に秋田県で発生したイネいもち病菌レース. 北日本病虫研報42: 5-7.
- 鈴木穂積・藤田佳克・園田亮一 (1985). イネいもち病菌の種子での野外越冬と育苗期感染病斑の葉いもち発生期への伝染源. 日植病報51: 66. (講要)
- Suzuki, F., Arai, M. and Yamaguchi, J. (2006) DNA fingerprinting of *Pyricularia grisea* by rep-PCR using a single primer based on the terminal inverted repeat from either of the transposable elements *Pot2* and *MGR586*. *J. Gen. Plant Pathol* 72: 314-317.
- Suzuki, F., Yamaguchi, J., Koba, A., Nakajima, T. and Arai, M. (2010). Changes in fungicide resistance

frequency and population structure of *Pyricularia oryzae* after discontinuance of MBI-D fungicides. Plant Dis. 94 : 329-334.

高橋直子・富永朋之・藤澤由美子・岩館康哉 (2010).  
岩手県におけるMBI-D耐性イネいもち病菌の発生  
拡大要因の解析. 北日本病虫研報61 : 9-13.  
Yamada, M., Kiyosawa, S., Yamaguchi, T., Hirano, T.,

Kobayashi, T., Kushibuchi, K. and Watanabe, S.  
(1976). Proposal of a new method for differentiating  
races of *Pyricularia oryzae* Cavara in Japan. Ann.  
Phytopathol. Soc. Jpn. 42 : 216-219.

吉野嶺一 (1987). 稲いもち病 (山中 達・山口富夫編).  
pp.77-80, 養賢堂, 東京.

(2024年12月16日受理)

---