

特集：QoI 剤耐性菌の発生状況とその対策（水稻編）

佐賀県における QoI 剤耐性イネいもち病菌の発生とその対策

佐賀県農業試験研究センター ^いなだ ^みのる ^しょうぶ ^{しん}いちろう
稲田 稔*・苺蒲 信一郎

はじめに

近年の水稻栽培では、生産者の減少や高齢化に対応した効率的な生産を行うため、集落営農組織での共同作業や大規模農家への農地集積等の取り組みが推進されているものの、米価の低迷や生産資材費の上昇等により、生産者の経営環境は一層厳しいものとなっている。

このような中、オリサストロビン粒剤、メトミノストロビン粒剤、アゾキシストロビン水和剤等のストロビルリン系薬剤（以下、QoI 剤）は、水稻の主要病害であるいもち病、紋枯病等を同時に防除でき、また、無人ヘリなどの多様な処理法に対応した豊富な剤型を有することから全国で広く利用されている。ところが、2012年以降、西日本を中心に本系統剤に耐性を示すいもち病菌による被害が発生し、その対策の確立が急務となっている（宮川・富士，2013）。

ここでは、佐賀県における QoI 剤耐性イネいもち病菌の発生状況、防除対策等について紹介したい。なお、本研究の一部は「農林水産省ゲノム情報を活用した農産物の次世代生産基盤技術の開発プロジェクト（PRM5004）」により実施した。

I 佐賀県におけるいもち病の防除状況

佐賀県における水稻の主要病害は、紋枯病、いもち病、ごま葉枯病、もみ枯細菌病、ばか苗病等である。いもち病対象には、まずイブコナゾール・銅水和剤（テクリードCフロアブル）などの薬剤や温湯消毒により種子消毒が行われている。本田においては、標高や作型により防除対象となる病害やいもち病の発生程度が異なり、それに伴い使用薬剤も地域によって異なっている。

MBI-D 剤耐性菌の教訓から、本県では耐性菌発生リスクが高い長期持続型 QoI 剤の使用を控えていたが、福岡県境の山間部に位置し、いもち病の発生が多い北部

地域では、オリサストロビン粒剤の育苗箱処理が 2008～12 年まで実施された。

一方、西北部地域は山麓～平坦部であるが、いもち病が常発する地帯であり、育苗箱に抵抗性誘導剤等を利用し、本田では臨機または基幹防除としてもいもち病と紋枯病を対象に、メトミノストロビン粒剤、または無人ヘリによるアゾキシストロビン水和剤の散布が行われている。

また、平坦部の南部地域では、いもち病の発生は少なく QoI 剤はほとんど利用されていない（図-1、表-1）。

II 耐性菌の発生確認

2012 年 7 月に北部地域のオリサストロビン粒剤処理苗を移植した圃場において、葉いもちが多発生しずり込みを生じる被害が認められた。その要因を明らかにするため、葉いもちから分離した本病原菌を供試し、苗を用いた生物検定（中村，2009）により QoI 剤の防除効果を調べた。

その結果、表-2 に示す通り、MBI-R 系のトリシクラゾール粒剤は各菌株に高い防除効果（防除価：94～100）を示したのに対し、オリサストロビン粒剤は対照

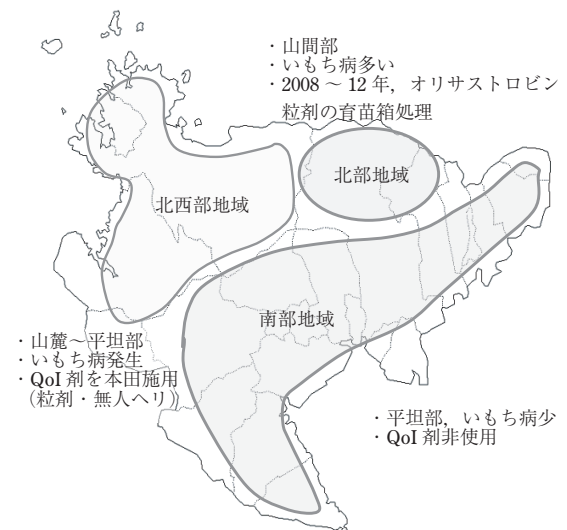


図-1 佐賀県内各地域におけるいもち病の発生状況と QoI 剤の利用状況

Occurrence and Control of QoI Fungicide-Resistant Strains of *Magnaporthe oryzae* on Rice in Saga Prefecture. By Minoru INADA and Shin-ichirou SYOBU

(キーワード：イネ、いもち病、QoI 剤、耐性菌)

*現所属：佐賀県農業技術防除センター

表-1 各地域におけるいもち病の防除体系例 (2012年)

地域	種子消毒	移植時処理	本田
北部	イブコナゾール・銅水和剤	オリサストロピン粒剤 (QoI)	ビロキロン粒剤
			フェリムズン・フサライド水和剤
北西部	イブコナゾール・銅水和剤	プロベナゾール粒剤	メトミノストロピン粒剤 (QoI, 臨機・基幹防除)
			アゾキシストロピン水和剤 (QoI, 臨機・基幹防除)
南部	イブコナゾール・銅水和剤	トリシクラゾール粒剤	カスガマイシン・フサライド水和剤
		プロベナゾール粒剤	

注) 各時期とも使用薬剤は通常は1種類。

表-2 オリサストロピン粒剤処理苗を移植した圃場から採取したいもち病菌に対する薬剤の防除効果 (2012年)

供試菌株	苗当たり病斑数 (防除価)			
	オリサストロピン粒剤	トリシクラゾール粒剤	無処理	
	個/苗	個/苗	個/苗	
多発生圃場 分離菌	2-1	1.9 (17)	0.1 (96)	2.3
	2-3	3.0 (42)	0.3 (94)	5.2
(対照菌株)	3-1	0 (100)	0 (100)	1.8

注1) 2~3葉期の水稲苗に各粒剤を50g/箱施用。翌日にプラスチックカップに5苗を移植, 4反復。

注2) いもち病菌の接種: 薬剤処理9日後に分生子 (約 $5 \times 10^4 \sim 1 \times 10^5$ 個/ml) を噴霧接種。22℃のガラス温室で8日間管理し第1および2葉の病斑数を調査。

菌株に高い防除効果 (同:100) を示したものの, 前述の多発生圃場から採取した菌株には, 防除効果が低いか認められなかった (同:17および42)。さらに, 同じ菌株を用いた別試験において, アゾキシストロピン水和剤の散布でも防除効果の低下が認められたことから, 多発生圃場から採取したこれらの菌株は QoI 剤耐性菌であることが明らかとなった。

これらの結果から, 当該圃場におけるいもち病の多発生要因として, QoI 剤に対する耐性菌の関与が考えられた (佐賀県, 2012)。この結果を受け, 北部地域では翌年の2013年から QoI 剤の利用を中止し, 他系統剤による防除を実施している。

III 寒天平板希釈法による耐性菌検定法の確立

QoI 剤の活性は培地上では低いものの, シアン耐性呼吸阻害剤である salicylhydroxamic acid (以下, SHAM)

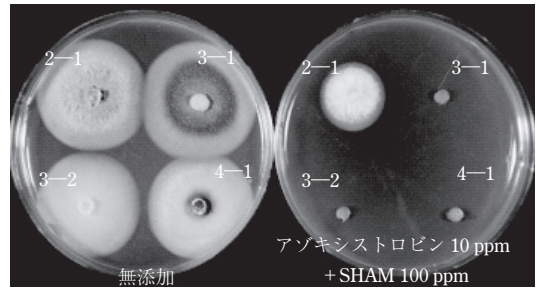


図-2 寒天希釈平板法による耐性菌の検出

注) 番号は表-3に対応。

表-3 各検定法による感受性の判定結果

菌株	苗での ^{a)} 生物検定	PCR-RFLP ^{b)} (変異の検出)	寒天平板希釈法 ^{c)} (mm)	
			無添加	AZ 10 ppm + SHAM 100 ppm
2-1	耐性	+	30.7	16.7
2-2	耐性	+	29.8	13.8
2-3	耐性	+	30.4	15.8
2-5	耐性	+	30.7	17.0
3-1	感受性	-	32.6	0
3-2	(未試験)	-	29.1	0
4-1	(未試験)	-	28.6	0
4-2	(未試験)	-	30.7	0

^{a)} 耐性菌: 防除価50以下, 感受性菌: 同51以上。

^{b)} 宮川・富士 (2013), +: 消化あり (バンドの切断), -: 消化なし (バンドの切断なし)。

^{c)} 25℃, 5日後に計測。

の添加により補完されることが知られており (HAYASHI et al., 1996), いくつかの病原菌でこの性質を利用した耐性菌検定法が確立されている (石井, 2009他)。そこで, いもち病菌に適用できる検定法を確立するため, 前述の苗試験で確認した耐性菌, 感受性菌を供試し, アゾキシストロピン (アミスター 20フロアブル) および SHAM (Sigma-Aldrich 社) の添加濃度が異なる培地上での菌

表-4 佐賀県における QoI 剤耐性イネいもち病菌の検出状況

地域	2013 年						2014 年					
	圃場			菌株			圃場			菌株		
	調査数	耐性菌 検出	耐性菌 検出 圃場率	供試 菌株数	耐性 菌株数	耐性 菌株率	調査数	耐性菌 検出	耐性菌 検出 圃場率	供試 菌株数	耐性 菌株数	耐性 菌株率
	圃場	圃場	%	菌株	菌株	%	圃場	圃場	%	菌株	菌株	%
北部	12	11	91.7	115	109	94.8	15	8	53.3	195	19	9.7
北西部	34	5	14.7	318	10	3.1	23	14	60.9	575	37	6.4
南部	15	1	6.7	69	1	1.4	—	—	—	—	—	—

注) 各圃場の異なる病斑部から分離したいもち病菌 10～20 菌株程度を供試。各菌株についてアズキシストロビン剤 (10 ppm) および SHAM (100 ppm) 添加 PDA 平板培地 (25℃ 3 日間培養) での菌そう生育の有無により感受性を判定。

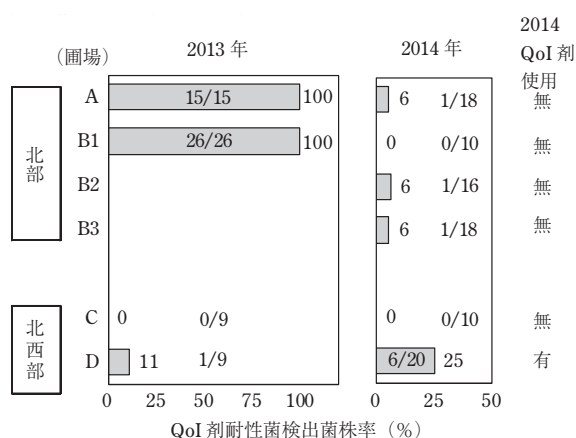


図-3 同一圃場における年度間での QoI 剤耐性イネいもち病菌の検出状況

注) 分数の表記は検出した耐性菌株数/検定菌株数。同一アルファベットは同一生産者であることを示す。2014 年の圃場 D はメトミノストロビン剤を使用。

糸伸長程度 (25℃, 5 日間培養) を調査した。

その結果, SHAM 100 ppm に加えアズキシストロビンを 10 ppm 以上となるよう添加した PDA 平板培地において, 耐性菌は菌糸伸長が見られるものの感受性菌では完全に阻止され, 両者を明確に区別することが可能であった (図-2)。本法による結果は PCR-RFLP (宮川・富士, 2013) による検定結果と一致し, 耐性菌検定法として有効と考えられた (表-3)。

IV 県内における 2013～14 年の耐性菌の発生状況

2013 および 14 年のそれぞれ 7～8 月に, 各地域の葉, 穂いもちから採取した菌株について, SHAM (100 ppm) およびアズキシストロビン (10 ppm) を添加した寒天平板培地による耐性菌検定を行った。

その結果, 表-4 に示す通り, 2013 年における北部地域の耐性菌検出圃場率は 91.7% (11/12 圃場), 耐性菌株率は 94.8% (109/115 菌株) であり, 耐性菌が高い割合で検出された。一方, 北西部および南部地域の同圃場率は 14.7% (5/34 圃場) および 6.7% (1/15 圃場), 同菌株率は 3.1% (10/318 菌株) および 1.4% (1/69 菌株) であり, 北部地域に比べ低いものの耐性菌の発生が認められた。これらのことから, 本耐性菌は県内の広範囲に存在するものの, その程度は地域間で差があることが明らかとなった。

2014 年における北部地域の圃場率は 53.3% (8/15 圃場), 菌株率が 9.7% (19/195 菌株) であり, 前年度に比べ圃場率および菌株率とも低下した。一方, 北西部地域の圃場率は 60.9% (14/23 圃場), 菌株率は 6.4% (37/575 菌株) であり, 前年に比べ菌株率は同程度であったが圃場率は高くなった。

また, 調査例数が少ないものの同一圃場での耐性菌の検出推移を見ると, 図-3 に示す通り, 北部地域では 2013 年の耐性菌検出率が 100% であったものの, 2014 年には検出されないか, またはごくわずかな検出にとどまる圃場が認められた。種子の更新および QoI 剤以外の薬剤による防除により, 耐性菌の割合が低下したと考えられる。

一方, 北西部地域では両年とも耐性菌が検出されない圃場もあったが, QoI 剤の利用により継続して検出された圃場も認められた。

V 防除対策

2014 年 2 月に北部地域において種子以外の第一次伝染源を調査したが, 収穫後の稲わらや籾殻は圃場外に持ち出されるか, 土壌中にすき込まれており確認できなかった。このことから, 当該地域における主要な第一次伝

染源は感染種子であると考えられた。

効果的な防除対策を確立するため、現地慣行のイブコナゾール・銅水和剤(商品名 テクリードCフロアブル)とベノミル水和剤(同 ベンレート水和剤)の混用(山口ら, 2009)による種子消毒効果について検討した。現地から採取した耐性菌自然感染粗(品種:‘夢しずく’, 保菌率:10%, 耐性菌株率:100%)を各種種子消毒剤に24時間浸漬し、軽く水道水ですすいだ後、2%素寒天平板培地上に置床し本病原菌の検出程度を調査した。

その結果、無消毒(水道水浸漬)でのいもち病菌検出率が11.7%であったのに対し、イブコナゾール・銅水和剤でわずかに検出されたものの、ベノミル水和剤および銅・フルジオキシニル・ペフラゾエート水和剤では全く検出されず、高い殺菌効果が認められた(図-4)。なお、2014年に県内から採取したいもち病菌はすべてベノミル感受性菌であり、本剤は耐性菌対策のみならず、いもち病対策としても有効である。現地では昨年(2014年)多発したいもち病の対策として、従来のイブコナゾール・銅水和剤にベノミル水和剤を混用する種子消毒の指導が強化されている。

また、耐性菌の発生拡大を防ぐため、殺菌剤耐性菌研究会が公表している「イネいもち病防除におけるQoI剤及びMBI-D剤耐性菌対策ガイドライン(2008)」を参考に、QoI剤については、原種圃および採種圃では使用を中止し、また、一般圃場では本場で1回以内の使用にとどめるよう呼びかけている。

おわりに

本県の北部地域では、オリサストロピン粒剤の育苗箱処理を開始して5年目(2012年)に耐性菌による被害

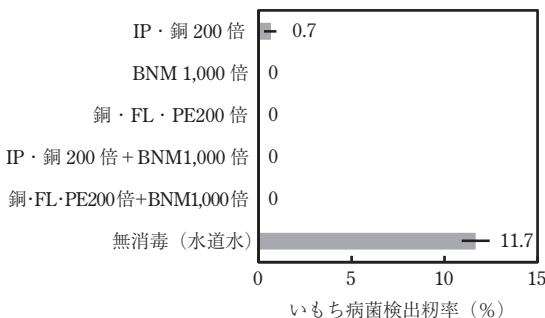


図-4 各種種子消毒剤のQoI剤耐性いもち病菌感染粗での殺菌効果

IP・銅：イブコナゾール・銅水和剤，BNM：ベノミル水和剤。
銅・FL・PE：銅・フルジオキシニル・ペフラゾエート水和剤。

を確認したが、耐性菌自体は既にそれ以前から発生していた可能性も考えられる。一方、同地域においてQoI剤の使用を2013年から中止したところ、同年は耐性菌が高率に認められたものの、翌年にはその割合の低下が認められた。本耐性菌のフィットネスは明らかではないが、薬剤の使用中止後は、感受性菌との競合や種子更新による入れ替わり等により、存在割合が比較的にすみやかに低下する可能性がある。また、耐性菌の北部地域での推移および北西部地域での発生状況との比較から、長期残効型薬剤の育苗箱処理は耐性菌発生リスクが非常に高いと考えられる。

現在、本県では育苗箱でのQoI剤の使用を中止しているが、本田処理剤のニーズは高いため、モニタリング調査および防除試験を継続し、耐性菌存在下での実用性および利用法を明らかにしたいと考えている。

2014年の北部九州は福岡、大分、佐賀県からいもち病の警報が発表されるなど、その被害が問題となった。いもち病は九州地域においても防除上の重要病害であることを再認識する必要がある。鈴木ら(2014)は、QoI剤耐性菌を含むいもち病対策は発生後では遅く、リスクを正しく予見し問題発生前から対策を講じることが重要であり、本耐性菌の発生拡大を抑えるには、健全種子の生産、供給体制の整備が必要であると述べている。

一般に水稲種子は原々種圃場から一般圃場に至るまで3年程度をかけて生産される。一般圃場でいもち病を含む種子伝染性病害の被害を安定して抑えるには、種子生産段階での防除対策を徹底し、感染のない健全種子を供給することが重要である。現在、種子生産については、県の種子管理部門と種子協会を中心に、地域農協、普及センター、行政が連携し取り組んでいるが、水稲の安定生産を図るため、効果的な防除が実施されるよう、我々、都道府県の植物防疫関係機関も積極的にかかわる必要がある。

引用文献

- HAYASHI, K. et al. (1996): J. Pestic. Sci. 21: 399 ~ 403.
- 石井英夫 (2009): 植物病原菌の薬剤感受性検定マニュアル II, 日本植物防疫協会, 東京, p.69 ~ 71.
- 宮川典子・富士 真 (2013): 第23回耐性菌研究会講要集, 25 ~ 35.
- 日本植物病理学会殺菌剤耐性菌研究会 (2008, 2014 一部改訂): イネいもち病防除におけるQoI剤及びMBI-D剤耐性菌対策ガイドライン, <http://www.taiseikin.jp/>
- 中村亘宏 (2009): 植物病原菌の薬剤感受性検定マニュアル II, 日本植物防疫協会, 東京, p.14 ~ 16.
- 鈴木啓史ら (2014): 日本植物病理学会殺菌剤耐性菌研究会第24回シンポジウム講演要旨集, 52 ~ 63.
- 佐賀県 (2012): 佐賀県研究成果情報, <https://www.pref.saga.lg.jp/web/at-contents/shigoto/nogyo/kenkyu/ai/seika.html>
- 山口純一郎ら (2009): 九病虫研究会報 55: 1 ~ 6.