

QoI 剤耐性イネいもち病菌の発生状況と対策

独立行政法人 農業環境技術研究所 ^{いし}石 ^い井 ^{ひで}英 ^お夫

はじめに

糸状菌や卵菌による多くの病害に卓越した防除効果を示す QoI 剤（ミトコンドリア電子伝達系の複合体 III たんぱく質の Qo 部位に作用し、ほとんどはストロビルリン系化合物）は農業用殺菌剤として 2 番目に重要な位置を占めるが、普及後まもなく国内外でおよそ 60 種の病害で耐性菌の発達が報じられている（石井，2012）。

イネにおいて QoI 剤は、いもち病で MBI-D 剤（メラニン合成系のシタロン脱水酵素阻害剤）耐性菌が全国的な拡がりを見せたこと、いもち病と紋枯病の同時防除が期待できること、さらには長期残効性を示す箱施用剤が上市され、防除の省力化や回数削減が可能となったことから近年急速に使用場面が増大した。しかし、2012 年の夏以降、西日本各地で QoI 剤耐性いもち病菌が相次いで検出され、薬剤の防除効果が低下した地域も少なくない。

本稿では、QoI 剤耐性菌の発達に至る経緯や耐性機構、今後あるべき対策等についてまとめてみたい。

I 耐性菌発達の経緯

1 いもち病菌の実験室内耐性菌

野生型のいもち病菌を QoI 剤アゾキシストロビンと AOX（alternative oxidase, 代替酸化酵素）阻害剤の SHAM（サリチルヒドロキシ酸）添加培地上で培養し、そこで生育する耐性菌が、米国の AVILA-ADAME and KÖLLER（2003）によって実験室内で早くから得られていた。自然突然変異によって生じたこの耐性菌には、QoI 剤の作用点たんぱく質であるチトクローム *b* の遺伝子に G143A（143 番目のアミノ酸がグリシンからアラニンに置換）ほかの変異が見られた。

しかし、MBI-R 剤（メラニン合成系の還元酵素阻害剤）の例に見られるように、実験室内で耐性菌が取得されても、実際に圃場で耐性菌が発生するとは限らない。以前中国国内では MBI-R 剤のイネいもち病に対する効果に疑問が持たれ、耐性菌が発表されたことがある。そこ

で、薬剤選択圧をかけてイネに継代接種した結果、感受性低下菌は得られたものの、圃場における MBI-R 剤耐性菌の存在は否定されている（ZHANG et al., 2009）。このことから、QoI 剤耐性菌の場合もイネいもち病で圃場出現するかどうかは不明であった。

2 シバいもち病菌ほかの耐性菌

一方、米国のゴルフ場からはシバの一つペレニアルライグラスのいもち病菌 *Pyricularia grisea* で早くからアゾキシストロビン耐性菌が報告されており（VINCELLI and DIXON, 2002）、近縁のイネいもち病菌でも QoI 剤耐性菌が出現、発達することが懸念された。米国ルイジアナ州での圃場試験においては、ベノミルとアゾキシストロビンのイネいもち病防除効果が年を経て次第に低下し、耐性菌の関与が示唆された（GROTH and RUSH, 2006）。

3 耐性菌対策ガイドライン

2001 年に佐賀県で葉いもちが多発する中、MBI-D 剤耐性菌が初めて検出されて（山口，2003）以降、この耐性菌の分布域は急速に拡大し、2010 年には北海道（田中，2011）にも及んだ。今日まで全国 47 都道府県中 36 道府県で耐性菌が検出されているが、各地域での独立発生に加えて、汚染イネ種子の流通によって耐性菌が伝搬された例も少なくなかった。耐性菌の拡がりによって、それまで順調に伸びていた MBI-D 剤の市場シェアは瞬く間に縮小し、これに代わってオリサストロビンが育苗箱施薬として登場した 2007 年ころから QoI 剤の使用が増大した（HIROOKA and ISHII, 2013）。

このため、日本植物病理学会殺菌剤耐性菌研究会（<http://www.taiseikin.jp/>）では『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』を作成し、2008 年 4 月に公表した（宗・山口，2008）。MBI-D 剤耐性菌については既に後追いであったが、QoI 剤耐性菌の発達は何とか食い止めたいとの、関係者一同の思いからであった。

このガイドラインは、「QoI 剤及び MBI-D 剤の使用は最大で年 1 回とする」や「採種圃場およびその周辺圃場では MBI-D 剤や QoI 剤は使用しない」のみならず、「育苗箱処理ではこれらの薬剤の連年使用は避け、可能な限り 1 年または 2 年おきに作用機構の異なる薬剤とローテーションで使用」することや「耐性菌が検出された場合、薬効低下が認められなくても当該薬剤の使用をいっ

Situation of QoI Fungicide Resistance in Rice Blast Fungus and Countermeasures. By Hideo Ishii

（キーワード：イネいもち病，QoI 剤耐性菌，殺菌剤耐性菌研究会，耐性菌ガイドライン，チトクローム *b* 遺伝子）

たん中止する」とした点等で、JFRAC（農薬メーカーのみで組織する FRAC、殺菌剤耐性菌対策委員会の日本支部、<http://www.jfrac.com/>）のガイドラインと比べて内容的に厳しいものであった。

4 耐性菌モニタリング

イネいもち病には QoI 剤としてアゾキシストロビン（商品名：アミスター）、メトミノストロビン（オリブライトなど）、オリサストロビン（嵐）が農薬登録されている。このため農薬メーカー自身も、いもち病菌の QoI 剤感受性モニタリングを行っていたが、その時点では感受性低下菌は見つからなかった（ARAKI et al., 2005; STAMMLER et al., 2007）。

筆者らも各県の協力を得て、アゾキシストロビン原体（シンジェンタジャパン株式会社より分譲）1 ppm に没食子酸 *n*-プロピル（SHAM よりも特異性が高いとされる AOX 阻害剤）1 mM を添加した PDA 培地で菌糸生育の有無を調べる方法により感受性モニタリングを実施したが、感受性低下菌は全く検出されなかった（Wei et al., 2009）。

しかし、NAKAMURA et al. (2008) が国際植物病理学会でポスター中に示したように、イネ幼苗を用いて JA 全農が実施した接種試験で、アゾキシストロビンの発病抑制効果が低下した 3 菌株が 2007 年に初めて検出され、耐性菌出現がいよいよ現実味を帯びてきた。

5 耐性菌の検出と分布

2012 年の夏以降、西日本の各地でオリサストロビン

剤を育苗箱施用したにもかかわらず、いもち病が多発しているとの情報が関係機関などから寄せられるようになった。そして、全く予想外であった MBI-D 剤耐性菌のときは大きく異なり、その発達が予想され危惧されてもいた耐性菌が QoI 剤の効力低下を伴って顕在化した（宮川ら, 2013; 石井・富士, 2013）。

2012 年に山口、島根、愛媛の 3 県から公表されたほか、2013 年の初めには福岡、佐賀、大分（岡本・雨川, 2013）の各県からもこの耐性菌が報告された（表-1）。県内のごく一部に限られた島根県や佐賀県等と異なり、他のいくつかの県では耐性菌分布が広範囲に及ぶことが明らかになった。オリサストロビン耐性菌が同系統のアゾキシストロビンやメトミノストロビンに交差耐性を示すことも試験により確認された（宮川・富士, 2013）。

耐性菌の圃場出現を受けて、筆者も福岡、佐賀の両県から耐性菌を分譲され、まず薬剤添加培地で検定したところ、感受性菌とは明瞭に区別できた（図-1）。また、あらかじめアゾキシストロビン剤を散布したイネ苗に培養で得たいもち菌の分生子懸濁液を噴霧接種したところ、薬効低下も確認された（表-2）。これらの結果は、石井・富士（2013）や稲田・梅崎（2014）ほかの結果を追認するものである。

2012 年における QoI 剤耐性菌の検出状況については、宮川・富士（2013）が殺菌剤耐性菌研究会シンポジウムで詳しく述べている。その後も耐性菌は西日本各地で相次いで検出され（畔柳・井上, 2014）、2014 年 2 月時点

表-1 イネいもち病菌の QoI 剤耐性菌の報告状況（2013 年 12 月 25 日現在）

都道府県	発表年月日	発生状況	発表資料
山口県	2012 年 10 月 3 日	広範囲	平成 24 年度農作物病害虫発生予察技術資料
島根県	2012 年 11 月 7 日	一部	平成 24 年度農作物病害虫発生予察情報 技術資料第 1 号
愛媛県	2012 年 12 月 21 日	広範囲	病害虫防除技術情報第 3 号
福岡県	2013 年 1 月 25 日	広範囲	ストロビルリン系殺菌剤（QoI 剤）に対する感受性の低下したいもち病菌の発生について
佐賀県	2013 年 1 月	一部	平成 24 年度佐賀県研究成果情報
大分県	2013 年 3 月 11 日	広範囲	平成 24 年度病害虫発生予察特殊報第 1 号
宮崎県	2013 年 7 月 5 日	一部	平成 25 年度病害虫防除情報第 4 号
熊本県	2013 年 8 月 21 日	不明	技術情報第 11 号
岡山県	2013 年 8 月 22 日	一部	植物防疫情報第 6 号
兵庫県	2013 年 8 月 30 日	広範囲	病害虫発生予察技術情報第 1 号
鳥取県	2013 年 9 月 12 日	不明	平成 25 年度病害虫発生予察指導情報
京都府	2013 年 11 月 13 日	一部	防除所ニュース平成 25 年第 6 号

「三重県病害虫防除所, 2013」

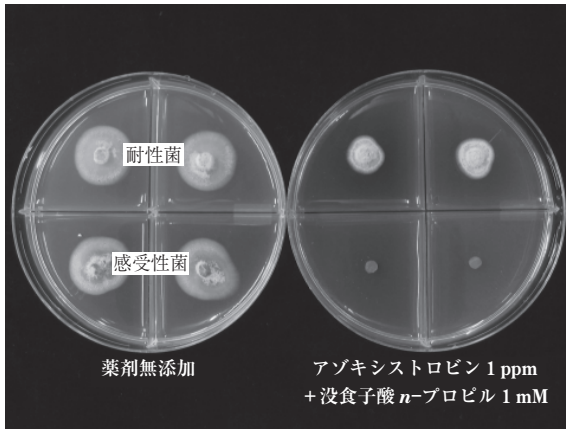


図-1 イネいもち病菌のアゾキシストロビン耐性の培地検定 (石井原図)
アゾキシストロビン 1 ppm および没食子酸 *n*-プロピル 1 mM 添加。
PDA 培地で感受性菌は生育しないが、耐性菌は生育する。

表-2 アゾキシストロビンのイネいもち病に対する発病抑制効果 (接種試験)

菌株	アゾキシストロビン 80 ppm の発病抑制率 (%)	対照蒸留水区の 1 葉当たり病斑数
感受性菌：		
1226	92.3	2.6
耐性菌：		
1228	29.3	5.8
2-2	70.0	1.0
2-3	-2.3	4.3

で既に 13 府県 (未公表の 1 県を含む) に及んでいる (表-1)。一方、長崎 (平八重, 2013)、広島、滋賀、三重、愛知の各県では検定の結果、耐性菌は検出されていない (平成 26 年 1 月 17 日現在、各県のホームページを参照)。これらの県では特に QoI 箱施用剤の使用に注意を喚起したり、殺菌剤耐性菌研究会のガイドラインを採用したりしているが、今後も経過観察が予定されている。

II 耐性機構と研究課題

1 耐性菌の発生要因

QoI 剤耐性菌が容易に発生する要因の一つとして、チトクローム *b* 遺伝子がミトコンドリア DNA であることがあげられる。ミトコンドリア内で裸出する DNA は酸化ストレスなどにより傷がつきやすく、核 DNA に比べて通常突然変異を起こしやすい。圃場で低頻度に発生した耐性菌が一定の fitness を持っていれば、QoI 剤の強

い選択圧を受けて生き残り、速やかに発達して薬効低下を引き起こす。

2 チトクローム *b* 遺伝子の解析

QoI 剤耐性菌に関する内外の多くの研究から、QoI 剤の作用点たんぱく質を構成するチトクローム *b* の遺伝的変異が耐性の主因となることが明らかになっている (石井, 2012)。シバいもち病菌の高度耐性菌では、チトクローム *b* のコドン 143 部位で塩基が GGT から GCT に変異し、推定アミノ酸がグリシンからアラニンに置換していた (Kim et al., 2003)。また中等度耐性菌では、やはり 1 塩基変異によってコドン 129 がフェニルアラニン (F) からロイシン (L) に置換していた。その結果、生化学的に十分な実証データはないものの、QoI 剤の作用点たんぱく質分子との結合親和性が低下して殺菌活性が現れない。これが現在広く受け入れられている、QoI 剤耐性の一般的なメカニズムである。

実際に今回イネいもち病菌で調べてみると、予想通りチトクローム *b* のコドン 143 部位が感受性菌の GGT から耐性菌では GCT に変異していた (図-2)。なお、シバいもち病菌の中等度耐性菌に見られたコドン 129 の変異は今のところ見つかっていない (宮川ら, 2013)。

感受性菌：

5'...GGTTTCCTA.....TTATGAGGTGCTACA.....3'

耐性菌：

5'...GGTTTCCTA.....TTATGAGCTGCTACA.....3'

図-2 QoI 剤耐性イネいもち病菌に見られるチトクローム *b* 遺伝子の 1 塩基変異

下線部の塩基配列は、感受性菌の GGT から耐性菌では GCT に変異し、これにより 143 番目のアミノ酸がグリシンからアラニンに置換する。

3 耐性菌の検定法

いもち病菌の QoI 剤耐性菌は、薬剤添加培地での検定で容易に感受性菌と区別できる。また、生物検定法 (中村, 2009) のほか耐性菌に見られるチトクローム *b* 遺伝子の変異を利用した診断法も既に複数考案されている。筆者らのグループは、この遺伝子に部位特異的突然変異法によって G143A 変異を導入、この DNA 断片が制限酵素 *Fnu*4HI (塩基配列 GCNGC を認識) により切断されることを確認していた。罹病葉から電子レンジで粗抽出あるいは保菌もみから抽出した DNA でも、そこからチトクローム *b* 遺伝子断片を PCR 増幅できた (Wei et al., 2009)。

現在最も広く使用されている遺伝子診断法は、BASF 社により設計されたプライマーを用いる PCR-RFLP 法

である(宮川・富士, 2013)。培養菌体から抽出した全 DNA からチトクローム *b* 遺伝子の断片を PCR 増幅し、反応産物を *Fnu*4HI で処理後、酵素による切断の有無をアガロースゲル電気泳動で確認するもので、これまで他の病原菌でも QoI 剤耐性の診断に汎用されてきた。

このほか、遺伝子の変異部位を特異的に識別するプライマーを用いた ASPCR (allele-specific PCR) 法や多検体処理に優れる PCR-Luminex 法等も開発されている(Wei et al., 2009) が、まだ利用実績はない。今後は最近コムギ葉枯病菌に応用された LAMP 法のような、より簡便な診断法にも必要になろう。

中村ら(2011)は当初、オリサストロビン感受性低下菌の PCR-RFLP 解析で、チトクローム *b* 遺伝子に G143A 変異を確認できなかった。しかし、同薬剤添加培地での維持によってこの変異が確認できた。これは以前 QoI 剤耐性灰色かび病菌で見られた現象(ANGELINI et al., 2012)と同じで、チトクローム *b* 遺伝子のヘテロプラスミー(変異型 DNA と野生型 DNA が混在する状態)を窺わせる。

ただし、イネいもち病菌の QoI 剤耐性菌をアゾキシストロビン無添加 PDA 培地で約 2 週間ごとに計 25 回継代培養しても、同薬剤 1 ppm 添加培地で継代した場合と同様、耐性が消失することではなく、チトクローム *b* 遺伝子の G143A 変異にも変化は見られなかった(石井ら、未発表)。

筆者らはチトクローム *b* 遺伝子のヘテロプラスミーについて他のいくつかの菌で報告している。ヘテロプラスミーの現象が見られると、変異型 DNA の割合が低い場合には PCR-RFLP 法によってチトクローム *b* 遺伝子断片の切断を確認できないため、耐性菌を感受性菌と誤診断する恐れがあるが、ヘテロプラスミーを示唆する確実な証拠は、いもち病菌では今のところ得られていない。

4 耐性菌の fitness と安定性

AVILA-ADAME and KÖLLER (2003) が取得した実験室内耐性菌は、薬剤による選択圧をかけないでオオムギ葉上で 4 回接種を繰り返しても耐性は安定していた。また、チトクローム *b* 遺伝子に G143A 変異を持つ耐性菌は感受性菌と同等の病原力や分生子形成量を示し、fitness penalty は見られなかった。

中村ら(2011)は、オリサストロビン感受性低下菌は培地上での菌叢生育・付着器形成率が感受性菌より劣り、薬剤無添加培地で維持したところ感受性が回復したことから、環境適応能力が低いと述べている。この点については圃場での検証がさらに必要である。

シバいもち病菌のアゾキシストロビン耐性菌(G143A

変異を持つ)を感受性菌と種々の割合で混合して薬剤無処理下で接種したところ、病斑に占める耐性菌の割合は低下し、感受性菌に比べて競合能力が劣ることが報告された(MA and UDDIN, 2009)。

しかし、仮に耐性菌の fitness が感受性菌より劣るとしても、圃場で感受性菌の集団に戻るには数年を要すると予想され、QoI 剤の再使用によって耐性菌が再び増加することも容易に考えられるので、過度に期待しないほうがよい。QoI 剤の使用中止後も耐性菌が高率に認められている(稲田・梅崎, 2014)ので、最初から耐性菌を増加させないことが肝要である。

III 耐 性 菌 対 策

1 QoI 剤の使用中止と使用回数制限

耐性菌が広域にわたって検出された県の多くでは、QoI 剤の使用が全面的に中止されるか、極めて少なくなっている(石井, 2014)。QoI 剤を箱施用せず本田のみで使用した地域や全く使用していない地域でも、低率で耐性菌が検出された例があり(稲田・梅崎, 2014)、水面施用した場合のリスク評価も今後の重要な課題である。しかし、これまで耐性菌が発達して効力低下が見られた地域では、おおむね箱施用 QoI 剤が連年使用されていた。

このことから、耐性菌が検出されていない地域でも 1 作ごとの QoI 剤の使用を 1 回以内に抑えるだけでなく、特に箱施薬の場合は連年使用を避け、他系統薬剤とローテーションすることが重要である。もともとこの考え方は、殺菌剤耐性菌研究会が QoI 剤や MBI-D 剤の使用ガイドラインに盛り込む以前から、JA 全農肥料農薬部(2005)や奈良県病害虫防除所(2007)ほかでも採り入れられていた。

この 1 年または 2 年おきのローテーションは薬剤の計画的な生産や出荷、流通の観点等からとかく不評であるが、耐性菌の分布が拡大すれば否応なくその薬剤は使用中止、場合によっては生産中止に追い込まれる。薬剤の選択肢をさらに少なくしてしまう。一方、MBI-R 剤や病害抵抗性誘導剤にはこれまで圃場耐性菌の報告はないので、これらと適宜ローテーションすれば、QoI 剤耐性菌の発達リスクは下がる。イソシアニルやチアジニルのほか、フィプロニル・オリサストロビン・プロベナゾールのような混合剤が地域限定で使用されている(藤井, 2014)。

現地でもまだ薬効低下に至っていないくても、既に耐性菌が検出されている地域では代替薬剤への切り替えが必要となる。以前の MBI-D 剤耐性菌の場合にも、道府県の

関心や対応はかなり異なり、耐性菌の検出結果の公表やその後の対応の違いにより被害程度が異なった。早めの対応が有効である。

2 種子伝染防止の重要性

種子伝染するいもち病では、自家採種を避け種子更新することが耐性菌対策としても重要とされる。しかし、農家が購入した種子自体が耐性菌を保菌していることも珍しくない。MBI-D 剤耐性菌のみならず今般の QoI 剤耐性菌でも、購入種子が汚染源となった可能性も指摘されている。

そこで、健全種子の生産と併せて種子消毒も重要で、効果の高さからベノミルによる消毒や育苗箱への灌注処理も行われている。いもち病菌のベノミル耐性菌は圃場からは未報告であるが、ばか苗病でかつてベノミル耐性菌が広がったことがあるほか、先に述べたように圃場試験でいもち病防除効果が低下した例もあるので、この薬剤についても注意は肝要である。

ガイドラインでは、イネの採種圃場やその周辺では QoI 剤は使用しないとしている。採種圃場と一般圃場が近接する場合が多いことや、いもち病の空気伝染を考えれば当然の措置である。他県への種子供給量が最も多い富山県では、採種圃場はもちろん原々種や原種圃場でも QoI 剤を使用しないという方針を明示している（守川、未発表）。かつて MBI-D 剤では、当初より指定採種圃や原々種、原種圃場で使用を禁止したにもかかわらず、周辺圃場からの伝染で耐性菌が種子に混入した可能性があった（藤井, 2009）。これに加えて、防除が十分でない飼料用米の種子が周辺から飛び込んだ耐性菌で汚染し、これが他地域に持ち込まれる危険性もある。

3 圃場環境の衛生管理

同じ薬剤を用いる場合、その時点で病原菌量が多いほど耐性菌に対する薬剤の選択圧は高まる。そこで、減農薬の一環として取り組まれる防除、例えば苗いもちや葉いもちの伝染源となりうる被害わらやもみ殻等のイネ残渣を育苗施設やその周辺から排除して、本田への発病苗の持込みを防止する（深谷ら, 2002；藤井, 2009）ことは耐性菌対策としても効果的であろう。

4 他病害における耐性菌出現の可能性

近年、いもち病と並んで重要なイネ紋枯病が増加傾向にあるが、本病でも QoI 剤耐性菌が米国で報告されている（OLAYA et al., 2012）。本薬剤を 8～10 年間使用した結果であった（OLAYA 私信, 2013）。2011 年、アゾキシストロビンの効果が著しく低下した圃場から耐性菌が検出され、15 圃場での耐性菌頻度は 7～100% であった。また、耐性菌のチトクローム *b* 遺伝子に F129L 変異が

確認された。イネごま葉枯病の発生は全国的に多くはないが、やはり米国では近縁のパーミューダグラス斑点病（病原菌：*Bipolaris spicifera*）の防除に失敗し、アゾキシストロビン耐性菌が見つかった（TOMASO-PETERSON, 2012）。

最近 SDHI 剤の開発が国内外で急速に進み、イネでも QoI 剤耐性菌の発達を背景に代替薬剤として早くも期待する声がある。ペンフルフェンはイネ紋枯病に登録申請中であるが、残効性の長い育苗箱処理も検討されている（波多野, 2013）。既存の SDHI 剤チフルザミドに紋枯病菌で耐性菌が報告されている（Mu et al., 2014）。実験室内で取得されたこの耐性菌は圃場からも見付き、接種試験ではチフルザミドの効力低下が見られるという（Lu 私信, 2013）。

元来 SDHI 剤は担子菌類に選択的に有効な薬剤であったが、ボスカリド以降の新世代の SDHI 剤では防除スペクトラムが大きく広がった。欧州で重要なコムギ葉枯病菌について、実験室で取得された SDHI 剤耐性菌が以前より活発に研究されているが、最近フランスの圃場から感受性低下菌が一部検出されたほか、ドイツのオオムギ網斑病菌でも SDHI 剤感受性の低下が少し見られる（ANONYMOUS, 2013）。

おわりに

QoI 剤耐性菌問題がさらに進めば、効果を期待して薬剤を購入した農家に対する社会的責任はもとより、最悪の場合は補償問題や収益の悪化による当該企業社員の雇用にも影響しかねない。優れた薬剤の効果を維持しつつ長期にわたって持続的に使用していくためには、イネの場合 1 年ごとの使用回数のみならず、特に箱施用剤の連年使用を制限することが重要と考える。

耐性菌の分布拡大によって生産や流通が大きな痛手を受けた MBI-D 剤に思いを馳せるならば、眼前の利便性や販売を重視するあまり QoI 剤の効果をこれ以上失うことがないよう、立場を越えて地域を上げた賢明かつ早急な取り組みが強く求められよう。

筆者は本課題に関しても殺菌剤耐性菌研究会をはじめ、各県や農林水産省、農業メーカー等の関係者から日頃有益な情報提供をいただいている。この場をお借りしてお礼を申し上げる。

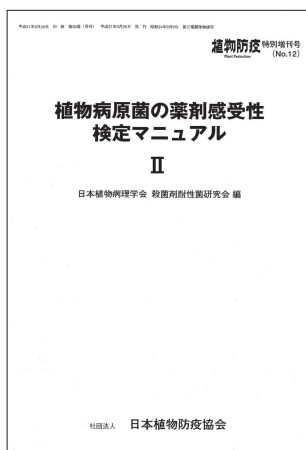
引用文献

- 1) ANGELINI, R. M. De M. et al. (2012): Pest Manag. Sci. **68**: 1231～1240.
- 2) ANONYMOUS (2013): Farmers Weekly, 2013 年 3 月 14 日.
- 3) ARAKI, Y. et al. (2005): J. Pestic. Sci. **30**: 203～208.
- 4) AVILA-ADAME, C. and W. KÖLLER (2003): Curr. Genet. **42**: 332～338.

- 5) 畔柳泰典・井上幸次 (2014): 九州病虫研 第 87 回研究発表会 講要 (病害).
- 6) 藤井直哉 (2009): EBC 研究会誌 5: 16 ~ 21.
- 7) ——— (2014): 日本農業新聞, 平成 26 年 2 月 7 日.
- 8) 深谷富夫ら (2002): 日植病報 68: 209 (講要).
- 9) GROTH, D. E. and M. C. RUSH (2006): Phytopathology 96(6s): S43.
- 10) 波多野広幸 (2013): 第 30 回農業生物活性研究会シンポジウム 講要集: 9 ~ 12.
- 11) 平八重一之 (2013): 新農林技術新聞 1914: 10.
- 12) HIROOKA, T. and H. ISHII (2013): J. Gen. Plant Pathol. 79: 390 ~ 401.
- 13) 稲田 稔・梅崎千春 (2014): 九州病虫研 第 87 回研究発表会 講要 (病害).
- 14) 石井英夫 (2012): 植物防疫 66: 481 ~ 487.
- 15) 石井貴明 (2014): 九州病虫研 第 87 回研究発表会講要 (病害).
- 16) ———・富士 真 (2013): 日植病報 79: 197 (講要).
- 17) JA 全農肥料農薬部 (2005): 日本農業新聞, 平成 17 年 12 月 21 日.
- 18) KIM, Y.-S. et al. (2003): Phytopathology 93: 891 ~ 900.
- 19) MA, B and W. UDDIN (2009): Plant Dis. 93: 1044 ~ 1049.
- 20) 三重県病害虫防除所 (2013): 病害虫防除技術情報第 16 号, 平成 25 年 12 月 25 日.
- 21) 宮川典子・富士 真 (2013): 第 23 回殺菌剤耐性菌研究会シンポジウム講要集: 25 ~ 36.
- 22) ———ら (2013): 日植病報 79: 197 (講要).
- 23) MU, W. et al. (2014): Phytopathology 104(1s): S1.4 (Abstr.).
- 24) 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.
- 25) ———ら (2011): 日植病報 77: 163 (講要).
- 26) NAKAMURA, N. et al. (2008): J. Plant Pathol. 90(2s): 144 (Abstr.).
- 27) 奈良県病害虫防除所 (2007): 奈病防号外 病害虫情報, 平成 19 年 4 月 3 日.
- 28) 岡本 潤・雨川交洋 (2013): 九州病虫研 第 85 回研究発表会 講要 (病害).
- 29) OLAYA, G. et al. (2012): Phytopathology 102(7s): S4.88 (Abstr.).
- 30) 宗 和弘・山口純一郎 (2008): 第 18 回殺菌剤耐性菌研究会シンポジウム講要集: 70 ~ 80.
- 31) STAMMLER, G. et al. (2007): J. Pestic. Sci. 32: 10 ~ 15.
- 32) 田中文夫 (2011): 農業春秋 88: 2 ~ 9.
- 33) TOMASO-PETERSON, M. (2012): Phytopathology 102(7s): S4.120 (Abstr.).
- 34) VINCELLI, P. and E. DIXON (2002): Plant Dis. 86: 235 ~ 240.
- 35) WEI, C.-Z. et al. (2009): Pest Manag. Sci. 65: 1344 ~ 1351.
- 36) 山口純一郎 (2003): 第 13 回殺菌剤耐性菌研究会シンポジウム 講要集: 29 ~ 36.
- 37) ZHANG, C.-Q. et al. (2009): Pestic. Biochem. Physiol. 94: 43 ~ 47.

植物防疫特別増刊号 No.12

植物病原菌の薬剤感受性検定マニュアル II



日本植物病理学会 殺菌剤耐性菌研究会 編
B5判 175 ページ
本体3,000円+消費税 送料実費

◆主な殺菌剤に対するイネ、ムギ、マメ類、野菜、果樹等の主要な病原菌の感受性検定方法を詳しく解説した第2弾。

内容: イネいもち病: MBI-D剤, QoI剤
コムギ赤かび病菌: ベンゾイミダゾール剤
マメ類灰色かび病: フルアジナム剤
テンサイ褐斑病菌: DMI剤
野菜類灰色かび病菌: メパニピリム剤
その他31種類の病原菌と薬剤の組み合わせについて解説
付録: 殺菌剤耐性菌に関する国内文献集

お問い合わせとご注文は

一般社団法人 日本植物防疫協会 支援事業部 〒114-0015 東京都北区中里2-28-10
郵便振替口座 00110-7-177867 TEL 03-5980-2183 FAX 03-5980-6753
ホームページ: <http://www.jpapa.or.jp/> メール: order@jpapa.or.jp