

FRAC の病原菌耐性リスク表の改訂について

Japan FRAC代表
田辺 憲太郎
Kentaro Tanabe

1. はじめに

殺菌剤の耐性リスクは、殺菌剤、病原菌および栽培の3要素の複合リスクによって耐性菌の発生しやすさを推定する（農薬時代195号、2013年）。耐性菌対策のための国際委員会であるFungicide Resistance Action Committee (FRAC) は、この3要素中病原菌リスクを規定しているPathogen risk list（病原菌耐性リスク表）を8年ぶりに改訂したのでご紹介する。なお、本稿において使用する殺菌剤のグループ名、有効成分名については、FRACの日本支部であるJapan FRACがホームページで公開している国内で使用されている殺菌剤を分類しているFRACコード表日本版の最新版（2015年2月版、<http://www.jfrac.com/>）に従っている。

2. 病原菌リスクと耐性菌の発生状況

特定の病原菌について耐性菌が出現するかどうかを科学的に推定する手法はないので、FRACは過去45年間の耐性菌の発生状況に基づいて病原菌リスクを指定している。たとえば、コムギうどんこ病は6系統の殺菌剤について上市2～5年間という短期間で耐性菌が出現しているため高リスクとしている。一方でコムギ赤さび病の場合はDMI、Qo阻害剤、コハク酸脱水素酵素阻害剤（SDHI）等の主要殺菌剤に対する耐性菌が出現していないので低リスクとしている。コムギ眼紋病については、メチルベンゾイミダゾールカーバメート、DMIに対する耐性菌が使用開始後5～10年で耐性菌が発生したため中リスクとしている。

FRACは耐性菌の発生事例を圃場、圃場試験、室内等に分けて掲載しているList of plant pathogenic organisms resistant to disease control agentsをホームページ(<http://www.frac.info/>)の“publication”に公開、毎年更新している。病原菌耐性リスク表が作成された後の2006年から2013年までに、新規に圃場で問題となった耐性菌の発生事例掲載数を表1に示す。最も発生病原菌数が多いのは、高リスク系統であるQo阻害剤である。世界市場における系統別販売金額がDMI殺菌剤に次いで多く、使用している地域、作物が拡大していることを反映していると推定している。第2位はFRAC設立のきっかけの一つともなったメチルベンゾイミダゾールカーバメートである。耐性菌初発後長期間経過しているが、作物・病害の適用が幅広く、未だ耐性菌が発生していない病害もあることから使用が継続しているためと考える。第3位のコハク酸脱水素酵素阻害剤については近年開発上市となった広スペクトラムの茎葉散布剤についての事例であり6病原菌が追加掲載となった。このうち5病原菌についてはQo阻害剤についても耐性菌の発生事例がある。

表1.2006年～2013年に新たに掲載された耐性菌*

グループ名(FRAC コード)	耐性菌数
Qo 阻害剤(11)	21
メチルベンゾイミダゾールカーバメート(1)	9
コハク酸脱水素酵素阻害剤(7)	6
フェニルアミド(4)	3
その他	6
合計	45

3. 病原菌耐性リスク表の改訂内容

(1) 高リスク病原菌（表2）

短期間に耐性菌が発生して殺菌剤の防除効果が大幅に低下した事例がある高リスク病原菌として、4病原菌が追加となった。*Alternaria*属菌は全体として低リスク病原菌であったが、*A. alternata*については、Qo阻害剤に対する耐性菌が2006年以降ピスタチオ、柑橘、ジャガイモにおいて新たに発生したほか、ピスタチオにおいてSDHI耐性菌も発生したため高リスクとなった。SDHIに対しては、*C. cassicola*、*D. bryoniae*の耐性菌も発生していていずれも高リスクとなっている。以上の3病原菌については日本国内においても耐性菌が発生した。オオムギの病原菌である*Ramularia collo-cygni*については、欧州においてQo阻害剤の耐性菌が発生している。

従来は、ジャガイモ・トマト疫病菌については、RNAポリメラーゼ阻害剤であるフェニルアミドに対しては短期間に耐性菌が発生したので高リスク、カルボン酸アミド（CAA）、Qo阻害剤、Qi阻害剤、シモキサニル等については耐性菌問題はないので中

リスクと、殺菌剤の系統別に病原菌リスクが異なっていて煩雑であった。今回の改訂により、本病原菌はすべての系統に対して中リスクとなり簡素化している。また、*Venturia*属菌全体を高リスクにしていたが、欧州で耐性菌が多発しているリンゴ黒星病菌のみを高リスクとし、ナシ黒星病菌を含む他の*Venturia*属菌は中リスクに移動した。

なお欧州においては、高リスク病原菌に対して登録申請する殺菌剤について、感受性のベースラインを示す必要がある。

(2) 中リスク病原菌（表3）

高リスク病原菌と比較して、耐性菌の発生が大きな問題になっていなかったり、発生までに長期間を要したりするような中リスク病原菌を表3にあげる。今回の改訂により23病原菌が追加となり大幅に増加している。追加となった病原菌の中には、炭疽病、コムギ紅色雪腐病、ナスすすかび病、茶輪斑病、イチゴうどんこ病、灰星病等、日本国内の耐性菌発生と関連したものが含まれている。

表2. 高リスク病原菌

病原菌	作物例	病害例
<i>Alternaria alternata</i> *	多種	リンゴ斑点落葉病
<i>Botrytis cinerea</i>	多種(特にブドウ)	灰色かび病
<i>Blumeria graminis</i>	麦類	うどんこ病
<i>Corynespora cassiicola</i> *	多種	キュウリ褐斑病
<i>Dydymella bryoniae</i> *	ウリ類等多種	つる枯病
<i>Mycosphaerella fijiensis</i>	バナナ	黒シガトカ病
<i>Plasmopara viticola</i>	ブドウ	べと病
<i>Pseudoperonospora cubensis</i>	ウリ類等多種	べと病
<i>Pyricularia oryzae</i>	イネ、シバ	いもち病
<i>Ramularia collo-cygni</i> *	オオムギ	<i>Ramularia leaf spots</i>
<i>Sphaerotheca fuliginea</i> , <i>Podosphaera xanthii</i>	ウリ類等多種	うどんこ病
<i>Venturia inaequalis</i>	リンゴ	黒星病

*:今回追加となった病原菌

表3. 中リスク病原菌

病原菌	作物例	病害例
<i>Alternaria solani</i> *	ジャガイモ、トマト	夏疫病、輪紋病
<i>Ascochyta pisi</i> *	エンドウ	褐斑病
<i>Bipolaris maydis</i> *	トウモロコシ	ごま葉枯病
<i>Bremia lactucae</i>	レタス	べと病
<i>Cercospora beticola</i>	テンサイ	褐斑病
<i>Cercospora kikuchii</i>	ダイズ等	紫斑病
<i>Cercospora soja</i>	ダイズ	斑点病
<i>Colletotrichum gloeosporioides</i> *	多種	炭疽病
<i>Erysiphe necator</i> *	ブドウ	うどんこ病
<i>Gibberella fujikuroi</i>	イネ	馬鹿苗病
<i>Laveillula taurica</i> *	ピーマン	うどんこ病
<i>Microdochium nivale</i> *	麦類、シバ	紅色雪腐病
<i>Monilinia</i> spp.	多種	灰星病
<i>Mycosphaerella graminicola</i> (<i>Zymoseptoria tritici</i>)	コムギ	葉枯病
<i>Mycosphaerella musicola</i>	バナナ	黄シガトカ病
<i>Mycosphaerella pinodes</i> *	エンドウ	褐紋病
<i>Mycovellosiella nattrassii</i> *	ナス	すすかび病
<i>Oculimacula</i> spp.*	麦類	眼紋病
<i>Penicillium digitatum</i> *	多種	緑かび病
<i>Penicillium expansum</i> *	多種	青かび病
<i>Peronospora</i> spp.	多種	べと病
<i>Pestalotiopsis longiseta</i> *	茶	輪斑病
<i>Phyllosticta citricarpa</i> *	カンキツ	黒星病
<i>Phytophthora infestans</i>	ジャガイモ、トマト	疫病
<i>Pseudoperonospora humuli</i> *	ホップ	べと病
<i>Pyrenophora teres</i>	オオムギ	網斑病
<i>Pyrenophora tritici-repentis</i> *	コムギ	黄斑病
<i>Sclerotinia homoeocarpa</i>	シバ	ダラースポット病
<i>Setosphaeria turcica</i> *	トウモロコシ	すす紋病
<i>Sphaerotheca macularis</i> *	イチゴ	うどんこ病
<i>Stemphylium vesicarium</i> *	アスパラガス	Purple spot
<i>Venturia carpophila</i> *	核果類	黒星病
<i>Venturia cerasi</i> *	オウトウ	黒星病
<i>Venturia nashicola</i> *	ナシ	黒星病
<i>Venturia pirina</i> *	セイヨウナシ	黒星病

*:今回追加となった病原菌

(3) 低リスク病原菌（表4）

耐性菌が殺菌剤の1系統のみに発生している病原菌、実用上の問題となっていない病原菌等については低リスクとして分類している。8病原菌が追加となった。

3. おわりに

今回の病原菌リスク改訂を反映させて、日本国内で発生が多い病害を選択して複合リスク推定表を表5に示す。FRACの前会長であったKuckは、複合リスク6を越える場合には耐性管理の基本である感受性モニタリングの実施が必要としている。

表4. 低リスク病原菌

病原菌	作物例	病害例
<i>Cochliobolus miyabeanus</i> *	イネ	ごま葉枯病
<i>Fusarium</i> spp.	多種	つる割病
<i>Guignardia bidwellii</i> *	ブドウ	黒腐病
<i>Helminthosporium solani</i> *	ジャガイモ	銀か病
<i>Hemileia vastatrix</i>	コーヒー	さび病
<i>Leptosphaera</i> (= <i>Stagonospora</i>) <i>nodorum</i>	コムギ	ふ枯病
<i>Neofabraea</i> spp.*	リンゴ	Bull's eye rot
<i>Phakopsora pachyrhizi</i> *	ダイズ	さび病
<i>Phomopsis viticola</i> *	ブドウ	つる割病
<i>Phytophthora cactorum</i>	多種	疫病、苗立枯病
<i>Podoshiera leucotricha</i>	リンゴ	うどんこ病
<i>Puccinia</i> spp.	麦類	さび病
<i>Pythium</i> spp.	多種	苗立枯病
<i>Rhizoctonia</i> spp.	多種	紋枯病
<i>Rhynchosporium secalis</i>	オオムギ	雲形病
<i>Sclerotinia sclerotiorum</i> *	多種	菌核病
<i>Sclerotium</i> spp.	多種	白絹病
<i>Taphrina deformans</i> *	モモ	縮葉病
<i>Tilletia</i> spp.	麦類	なまぐさ黒穂病
<i>Ustilago</i> spp.	麦類	裸黒穂病

*: 今回追加となった病原菌

表5. 殺菌剤、病原および栽培リスクに基づく複合リスク

殺菌剤の系統	殺菌剤 リスク	複合リスク			栽培リスク
メチルベンゾイミダゾールカーバメート ジカルボキシイミド フェニルアミド Qo阻害剤	高=3	3 1.5 0.75	6 3 1.5	9 4.5 2.25	高=1 中=0.5 低=0.25
コハク酸脱水素酵素阻害剤 DMI殺菌剤 アニリノピリミジン フェニルピロール	中=2	2 1 0.5	4 2 1	6 3 1.5	高=1 中=0.5 低=0.25
多作用点接触活性剤 (ジチオカーバメート等) MBI-R 抵抗性誘導剤	低=0.5	0.5 0.25 0.125	1 0.5 0.25	1.5 0.75 0.375	高=1 中=0.5 低=0.25
病原菌リスク→		低=1	中=2	高=3	
病原菌グループ→		イネごま葉枯病 イネ紋枯病 麦類裸黒穂病 麦類なまぐさ黒穂病 麦類さび病 リンゴうどんこ病 菌核病 つる割病 苗立枯病	イチゴうどんこ病 イネ馬鹿苗病 カンキツ貯蔵病害 コムギ眼紋病 コムギ紅色雪腐病 ジャガイモ疫病 ダイズ紫斑病 チャ輪斑病 テンサイ褐斑病 ナシ黒星病 ナスすすかび病 炭疽病 灰星病 べと病(一部作物)	イネいもち病 ウリ類うどんこ病 ウリ類つる枯病 ウリ類べと病 キュウリ褐斑病 麦類うどんこ病 ブドウべと病 リンゴ黒星病 <i>Alternaria alternata</i> (リンゴ斑点落葉病、 ナシ黒斑病等) 灰色かび病	