



---

---

# あたらしい 農業技術

---

No.584

---

薬剤耐性チャ輪斑病菌の発生と  
今後の防除対策

平成 25 年度



## 要 旨

### 1 技術、情報の内容及び特徴

- (1) ストロビルリン系剤耐性チャ輪斑病菌が、牧之原・相良地区で高頻度に検出されました。逆に天竜地区では全く検出されませんでした。
- (2) ストロビルリン系剤耐性チャ輪斑病菌は、徐々に高度耐性化するのではなく、一気に高度耐性化するタイプです。また、チトクローム b 遺伝子の 143 番目のコドンが変異したタイプの耐性菌であることを明らかにしました。
- (3) 耐性菌が発生した場合、耐性菌株率が 30%を超えると実用的な防除効果が得られない可能性があります。
- (4) 耐性菌株率が高く、ストロビルリン系剤が使用出来ない場合でも、予防剤として知られるいくつかの剤は安定して高い防除効果を示します。

### 2 技術、情報の適用効果

輪斑病の効率的な防除が可能になります。

### 3 適用範囲

静岡県内の輪斑病発生地域全般

### 4 普及上の留意点

課題は終了しましたが、耐性検定は引き続き行っていますので、ストロビルリン系剤の防除効果に疑問が生じた場合は、農林事務所や J A を通じてご相談ください。

## 目 次

はじめに	1
1 ストロビルリン系剤に対する耐性菌発生状況の把握	1
(1) 地域ごとの発生の有無	1
(2) 耐性程度 (MIC)	2
2 ストロビルリン系剤耐性菌の遺伝子変異部位	2
3 有効薬剤の検索と防除法の解明	3
(1) 耐性菌の発生割合と防除効果、既存薬剤の効果的な使用方法 及び新規薬剤の防除効果	3
(2) アミスター以外のストロビルリン系薬剤に対する交差耐性	4
4 今後の防除対策	4
5 新規殺菌剤について	5
おわりに	6
参考文献	6

## はじめに

ストロビルリン系殺菌剤の1種「商品名：アミスター20フロアブル（以下、アミスターと省略）」は、輪斑病及び輪斑病菌が原因の新梢枯死症に対して、非常に防除効果の高い薬剤です。本剤は平成12年度版「静岡県農作物病害虫防除基準」に採用されて以来、安定した防除効果を示し続けてきました。

ところが平成20年度に、鹿児島県において本剤の防除効果が著しく低下している事例が見られ、薬剤耐性検定を行ったところ高度耐性菌が発生していることが判明しました（尾松、2010）。さらにその後の調査で鹿児島県内の広い範囲で耐性菌が分布していることも判明しました。

静岡県におけるアミスターの使用実績や使用実態は、鹿児島県と大きな差が無いことから、静岡県においても平成21年度に耐性検定を行ったところ、耐性菌の発生が確認されました。そのため、平成22年度から新規課題として取り上げ、発生実態と防除法を明らかにすることとしました。

なお、ストロビルリン系剤とは下記に示すような殺菌剤のことを言います。

### 「ストロビルリン系殺菌剤とは」

- ・食用キノコから発見された天然生理活性物質（ストロビルリンA）に由来する殺菌剤のこと。
- ・作用性として病原菌細胞におけるミトコンドリア内の電子伝達系に働き、呼吸を阻害する。
- ・予防及び治療効果を示し、植物病原菌の増殖サイクルのほとんど全ての段階に活性を示す。
- ・現在、チャで登録があるストロビルリン系殺菌剤は「アミスター20フロアブル」、「ストロビーフロアブル」、「フリントフロアブル25」の3剤である。

## 1 ストロビルリン系剤に対する耐性菌発生状況の把握

### (1) 地域ごとの発生の有無

調査は基本的に、病害虫防除所の巡回調査地点（主要5地区、各地区10ほ場づつ、1ほ場について10～15枚の発病葉を採取した）について行いました。加えて現場からの検定依頼のあったほ場及び輪斑病の発生が少なく防除が慣例化されていない天竜地区のほ場についても行いました。検定は統一検定法（山田ら、2010）に従って行っています。4年間の調査結果を表1に示します。

表1 チャ輪斑病菌のアミスター20フロアブルに対する耐性検定（2009～2012年度検定分）

地区	調査ほ場数	耐性菌検出ほ場数（率%）	調査菌株数	耐性菌株数（率%）
富士山麓	18	1（5.6）	247	8（3.2）
静岡市	27	2（7.4）	447	31（6.9）
牧之原・相良	51	22（43.1）	672	124（18.5）
川根	24	6（25.0）	387	20（5.2）
磐田原	21	5（23.8）	412	38（9.2）
天竜	4	0（0.0）	31	0（0.0）
合計（平均）	145	36（24.8）	2,196	221（10.1）

主要5地区のいずれでも耐性菌が検出されましたが、耐性菌検出ほ場率・耐性菌株率ともに、牧之原・相良地区で高い傾向にありました。これは、この地区での輪斑病の発生が多く、アミスターの使用頻度が高いことに起因すると考えられます。実際、アンケートの結果から、年に複数回使用しているほ場も少なからずあることが明らかとなっています。これに対して、富士山麓、静岡市、

川根及び磐田原地区は、同一地区内でも輪斑病の発生程度が大きく異なり、使用頻度が少ないほ場もかなりありました。そのために、これらの地区では、牧之原・相良地区より耐性菌検出ほ場率・耐性菌株率の両方が低くなっていると考えられました。また、アミスターの使用実績が極めて少ない天竜地区では、耐性菌が検出されませんでした。

## (2) 耐性程度 (MIC)

病原菌の薬剤耐性化には、大きく2つのパターンがあります。1つは、低濃度耐性菌の発生に始まって徐々に耐性が高度化するタイプで、種々の程度の耐性菌がいるために、薬剤濃度と生育可能な菌株数との関係をグラフにすると沢山の山（ピーク）が見られます。ベンレート水和剤・トップジンM水和剤（ともにベンズイミダゾール系殺菌剤）がその代表例です。もう1つのタイプは、耐性を獲得すると同時に、一気に高度化するタイプです。この場合は感受性菌と高度耐性菌のどちらかのみのために、グラフを作成してみると山（ピーク）は2つのみになります。アミスターは、野菜など他の農作物で後者のパターンであることが既に知られています。チャ輪斑病で耐性程度（MIC：最小生育阻止濃度）を調査したところ、図1のようにMICが明瞭な2山（ピーク）型を示したことから、他の農作物の場合と同様に、一気に高度耐性化するタイプであると判断されました。

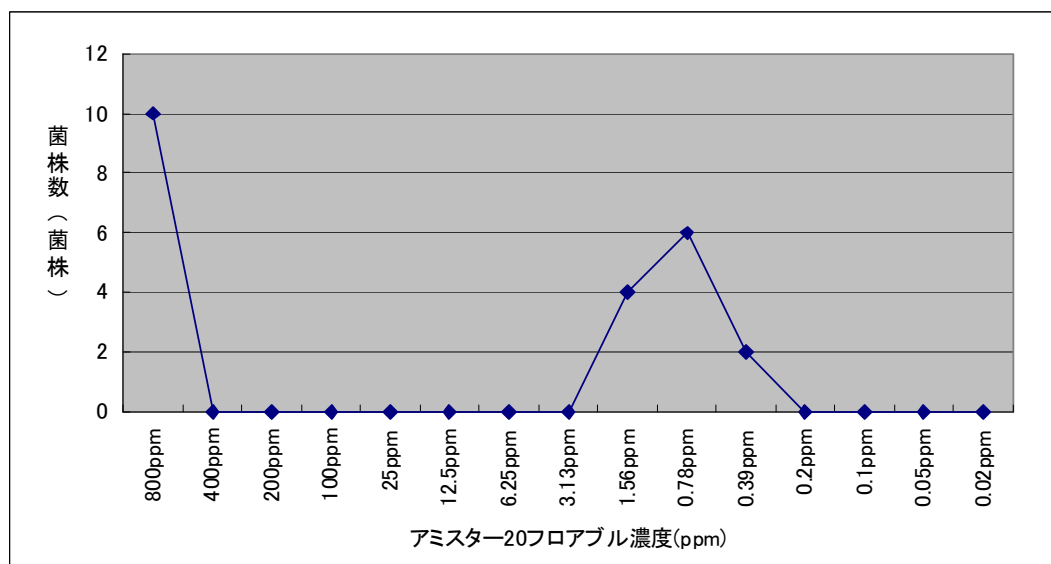


図1 アミスターに対するチャ輪斑病菌のMIC検定結果

なお、独立行政法人・野菜茶業研究所で行った耐性検定試験では、中度耐性菌が静岡県内で検出されていますが、検出頻度が極めて低く、現場での防除対策に与える影響は小さいと考えられていることから、今回の説明では省略します。

## 2 ストロビルリン系剤耐性菌の遺伝子変異部位

病原菌の薬剤耐性化は遺伝子の突然変異によって生じる表現形質の1つです。昨今の分子生物学的手法の進歩により、多くの病原菌において、耐性の原因となった遺伝子突然変異部位を確認出来る時代になっています。ストロビルリン系剤についても例外で無く、既に他作物での耐性菌において遺伝子変異部位が明らかにされています。

アミスター耐性の輪斑病菌については、独立行政法人・野菜茶業研究所から検定法(PCR-RFLP法)が公開されています(山田ら, 2010)。この方法で解析を行った結果、検定した7菌株(牧之原・相

良地区及び川根地区からの分離菌)については、アミスター耐性菌で一般的に知られている、チトクロームb遺伝子の143番目のコドン(アミノ酸設計図の暗号と考えて下さい)が変異したタイプの耐性菌であることが明らかになりました。

### 3 有効薬剤の検索と防除法

#### (1) 耐性菌の発生割合と防除効果、既存薬剤の効果的な使用方法および新規薬剤の防除効果

それでは、耐性菌が発生した栽培ほ場では、実際にどのくらい防除効果が低下するのでしょうか?耐性菌がわずかでも発生したら効果が全くなくなってしまうのか、また、アミスター以外の殺菌剤の効果はどうか、この点について明らかにするために、耐性菌株率が2009・2010年度ともに90%を超えていた牧之原・相良地区の現地ほ場で2011年度に試験を行いました(表2)。

表2 アミスター耐性菌発生ほ場における輪斑病防除効果試験(耐性菌率:94.2%)

農薬商品名(略称)	希釈倍数	散布時期		1試験区当たりの発病葉数(枚)				防除率
		摘採直後	摘採2日後	反復1	反復2	反復3	平均	
アミスター	2,000	○		125	112	84	107.0	18.1
ファンタジスタ	3,000	○		72	56	49	59.0	54.9
ナリア	2,000	○		66	83	47	65.3	50.0
ダコニール	700	○		28	18	18	21.3	83.7
カスミンボルドー	1,000	○		29	62	31	40.7	68.9
アミスター	2,000		○	135	92	81	102.7	21.4
ファンタジスタ	3,000		○	58	50	66	58.0	55.6
ナリア	2,000		○	150	54	69	91.0	30.4
ダコニール	700		○	69	41	65	58.3	55.4
カスミンボルドー	1,000		○	47	31	17	31.7	75.8
無処理区				135	149	108	130.7	

\*1㎡当たりの発病葉数は無処理区で約34枚なので少発生条件となる

\*9/14に摘採及び1回目散布、9/16に2回目散布

アミスターは予想通り、摘採直後の散布でも防除率(=防除価)は18.1であり、ほとんど防除効果が認められない数値となりました。これに対し、ダコニール1000は摘採直後であれば80台という高い防除効果を示しました。また、カスミンボルドーは摘採2日後の散布でも70台の防除率を示し、ある程度治療効果(正確には「浸透移行性」という表現が適切です)も有しているのではないかとさせる数値となりました。ただし、1作期に1回しか使えないので、可能ならば「赤焼病」防除用にとっておきたい薬剤です。新剤のファンタジスタ顆粒水和剤(以下、ファンタジスタと略す)及びナリアWDG(チャに対する登録に向けて各種試験中、混合剤で成分の一つとしてストロビルリン系剤を含む)については、摘採直後・摘採2日後のいずれにおいても、ある程度の防除効果が見られました。特に、ファンタジスタは摘採2日後でも50台の防除率だったことから、アミスター耐性菌が高率で発生したほ場や、作業上の都合から予防剤・保護剤が使えない場合に、緊急対策用として位置づけられる可能性が考えられます。ファンタジスタの注意点については後述します。

2012年度には、耐性菌株率の異なる各地のほ場で試験を行いました。まずは、現地試験にご協力下さった生産者、市町、JA、農薬メーカーの方々に厚くお礼申し上げます。

現地試験の結果を表3に示します。耐性菌株率が高くなるのに伴って、アミスターの防除率が低下していくことは明らかです。ただし、菊川市2のほ場のように耐性菌株率が1割以下で少発生なのに防除率が80を切ってしまった場合もあれば、掛川市のほ場のように多発でしかも耐性菌株率が20%以上だったのにもかかわらず、80に近い防除率を示した場合もありました。この理由については不明です。

2012年の現地試験では耐性菌株率30、40%台のほ場での試験が実施できませんでしたが、別に行った室内試験の結果を併せて考えると、「耐性菌株率が30%台までなら、まだ実用的な防除率を期待できる」という表現が可能と考えています。なお、ダコニール1000に関しては、アミスター耐性菌株率の高低に関係なく、摘採当日の散布なら高い防除効果が得られました。さらに、2011年度のデータも併せて見ると、ダコニール1000は予防剤ではあるけれども、摘採1日後の散布でも実用的な防除効果があると考えられます。

表3 アミスター20フロアブルに対する耐性菌率と防除効果との関係

試験地	摘採日or 整枝日	薬剤散布日 (摘採後日数)	調査日	発生状況		アミスター	ダコニール
				発生程度	耐性菌株率	防除率	防除率
菊川市1	6月29日	当日	7月20日	多	0.0%	94.2	94.2
		3日後				91.8	53.3
菊川市2	6月5日	当日	7月27日	少	7.7	76.4	—
川根本町	6月25日	当日	7月17日	少	15.2	93.2	80.0
		3日後				79.7	13.6
掛川市	7月8日	1日後	7月27日	多	23.3	79.0	62.3
静岡市	10月15日	当日	11月13日	少	59.6	36.2	—
御前崎市	9月11日	当日	10月3日	少	94.2	0.0	84.8

注1) 発生程度は「新農薬実用化試験 試験実施方法」(日本植物防疫協会編)による。

## (2) アミスター以外のストロビルリン系薬剤に対する交差耐性

野菜等では、アミスター耐性菌は他のストロビルリン系剤に交差耐性を示すことが知られています。チャ輪斑病についても、ストロビーフロアブル、フリントフロアブル25といったアミスター以外のストロビルリン系剤に交差耐性を示すことは、静岡県で試験を行う前に鹿児島県で確認されたので、静岡県での試験は実施を中止しました。

## 4 今後の防除対策

3年間行ってきた試験結果を元に、今後の防除対策を考えてみると次のようになります。

- ① まず基本を確認しましょう。輪斑病の防除タイミングは「摘採直後」が最適です。半日以上経過すると防除効果は徐々に低下し始めます。ただし、アミスターのように植物体内への浸透移行性を有する剤では、3日後までなら実用的な高い効果が期待できます。防除規制や作業の都合上から摘採3日後までに防除ができない場合には、摘採1週間～10日後の「ならし」後に防除を行いましょう。ダコニール1000のような予防剤を使用する場合には、可能な限り「摘採直後」の散布か遅くとも翌日までには散布を行いましょう。
- ② 同一地区内・同一ほ場内における耐性菌分布状況の結果から、耐性菌が空気伝染によって隣



接ほ場に拡散していく可能性はほとんどないと考えられます。あくまで、そのほ場での使用実績が問題となります。ただし、耐性菌発生ほ場で用いた農機具を消毒することで、刃などに付着した耐性菌を他のほ場に持ち込まないようにしましょう。

- ③ 耐性菌の発生を防ぐ、または遅らせるために、ストロビルリン系殺菌剤（アミスター、ストロビーフロアブル、フリントフロアブル 25）の使用は、年1回を厳守して下さい。現在、十分な防除効果が得られているほ場でも、使用実績が10年近い場合や、10年に満たなくとも年複数回使用した実績がある場合には注意が必要です。研究は2012年度で終了しましたが、耐性菌検定は随時行いますので、防除効果に疑問を生じた場合は、農林事務所やJA経由で相談ください。
- ④ アミスターに耐性を示す輪斑病菌は、他の同系統剤（ストロビーフロアブル、フリントフロアブル 25）に対しても耐性を示す（交差耐性）ので、防除効果は期待できません。
- ⑤ 耐性菌が発生した場合、耐性菌株率が30%台までなら、まだ実用的な防除率が期待できます。40%以上になったほ場では、ダコニール1000、フロンサイドSC、ベルコート水和剤といった系統の異なる薬剤で防除する必要があります。なお、カスミンボルドー、銅シン水水和剤は輪斑病にも防除効果がありますが、1作期に1回しか使用できないため、赤焼病の発生があるほ場では、赤焼病防除での使用を優先した方が良いと考えられます。

## 5 新規殺菌剤について

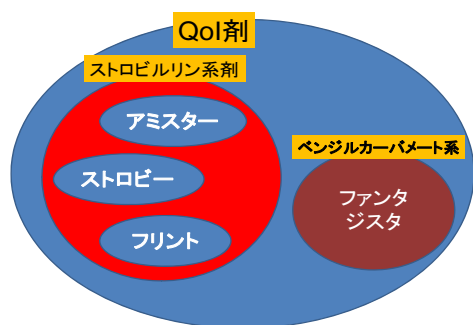


図2 QoI 剤に含まれる各種系統の位置づけ

### QoI殺菌剤（Qo阻害剤） ストロビルリン系薬剤

- ・アゾキシストロピン系：  
アミスター、ヘリテージ
- ・クレソキシムメチル系：  
ストロビー、ターフトップ
- ・トリフロキシストロピン系：  
フリント
- ・メトミノストロピン系：  
オリブライト、イモチエース、オリザトップバック

2012年8月に新規の殺菌剤「ファンタジスタ顆粒水和剤」が輪斑病に対して登録されました。この剤は優れた剤ですが、注意点があります。図2のように、この剤はストロビルリン系ではないものの、QoI 剤という大きな括りの中には入ります。全く系統の異なる剤という訳ではないのです。したがって、ある程度の交差耐性はあるので、アミスター耐性菌株率の高低に全く関係なく使える、とは言いきれません。アミスター耐性菌株率とファンタジスタ顆粒水和剤の防除効果との相関については、既に試験を行っていますが、まだ一般論として言及できるレベルのデータが得られていません。今後も試験を繰り返し、この新しい剤の活用法について検討して行きたいと考えています。

## おわりに

かつて輪斑病に対する特効薬であったベンズイミダゾール系殺菌剤（ベンレート水和剤、トップジンM水和剤）に耐性菌が出現して十分な防除効果が得られなくなり、予防剤のみで本病を防除してきた時期が長く続きました。「人畜への安全性が極めて高く、環境にも優しく、防除効果が高い」農薬の開発には膨大な経費と労力と時間を要します。予防剤と上手に組み合わせることで、QoI 剤がこれからも可能な限り長期間使えるようにしていきたいものです。

## 参考文献

- 1) 尾松直志（2010）第20回殺菌剤耐性菌研究会シンポジウム講演要旨
- 2) 山田憲吾・園田亮一・吉田克志（2010）茶業技術研究第109号 p73-78

## 用語解説

### 1) 高度耐性菌

今回の文章内では、実用濃度（現場で用いられる濃度）の薬剤に対して耐性を有する輪斑病菌を高度耐性菌と表現しています。

静岡県農林技術研究所 茶業研究センター 上席研究員 外側（とがわ）正之

発行年月：平成26年3月  
編集発行：静岡県経済産業部振興局研究調整課

〒420-8601  
静岡市葵区追手町9番6号  
TEL 054-221-2676

この情報は下記のホームページからご覧になれます。  
<http://www.pref.shizuoka.jp/sangyou/sa-130a/>

