

農薬の効き方と特徴を知ろう～殺菌剤編～

果樹試験場 近藤知弥

これまで殺虫剤の特徴、グループについて説明をしてきました。今回は殺菌剤のグループ、特徴等について説明します。殺菌剤も FRAC によって薬剤の作用機作別にグループ分けが行われており、グループごとにコード（記号・番号）が付けられています。まずは、作用機作について説明します。

～殺菌剤の作用機作～

殺菌剤は、細菌、糸状菌のどの部分に作用しているのでしょうか。殺菌剤の作用する部分は、大まかに①病原菌の体組織（核、細胞壁、細胞膜等）の生合成、②呼吸系、③病原菌に対して複数の作用を示す多作用点接触活性等に分けられます。

- ①細菌や糸状菌などの病原菌の体は、核酸、タンパク質、アミノ酸、脂質などの様々な成分で構成されています。これらの成分の生成を阻害すると病原菌は正常な成長、増殖等を行うことができなくなります。核酸の合成を阻害する薬剤にはリドミルなど、タンパク質の合成を阻害する薬剤にはフルピカ、マイコシールドなど、細胞膜の生成を阻害する薬剤としてDMI剤などがあります。
- ②細菌、糸状菌も人間と同様に酸素を取り込んで糖等を酸化してエネルギーを得ています。この過程は細胞内のミトコンドリアで行われているのですが、この過程の特定の部分を阻害してエネルギーを合成できないようにする殺菌剤があります。ストロビーやフルーツセイバー、ランマン等がこのタイプになります。
- ③上記の剤はそれぞれ特定の部分に作用して効果を示すのですが、これらとは異なり複数の部分に作用して効果を示す薬剤もあります。いわゆる保護殺菌剤といわれる剤がこのグループにあたります。多くが病原菌の細胞内の酵素活動を阻害し、胞子の発芽阻止、菌糸の侵入抑制の効果がある殺菌剤です。幅広い病原菌に効果があり、予防的に散布することで安定した高い効果を発揮します。ジマンダイセン、デラン、オーソサイド等があります。

①～③の作用機作の殺菌剤のうち、①及び②は作用点の一つしかないため耐性（抵抗性）がつきやすいグループ、③は作用点が多いため抵抗性のつきにくいグループに分類されます。それぞれのグループのうち主なものについて説明をします。()内はFRACコードです。なお、説明する順番はコードに準じません。

～抵抗性のつきやすいグループ～

1. DMI剤(又はEBI剤)(3)

本グループの殺菌剤は、病原菌の細胞膜に作用して殺菌効果を発揮します。ナシ黒星病

やモモ灰星病などで使用されているスコア、アンビル、トリフミン等がこれにあたります。浸透移行性があり、病原菌が感染した後でも効果が期待できます。ただし、予防的に用いることでより高く安定した効果を示すので、使用する際は予防散布が基本です。

本剤は耐性菌の発生リスク（発生しやすさ）は中程度ですが、各種病害に対する防除効果が高いため使用頻度が高く、その結果、効果が低下してきている剤も認められるので（ナシ黒星病：ルビゲン等）、他グループの薬剤を組み合わせた体系防除を行います。どの薬剤でも言えることですが、散布後は防除効果を確認して、必ず記録を付けて、今後の参考にします。

2. QoI剤(ストロビルリン系剤)(11)

本グループの殺菌剤は、糸状菌の細胞の中にあるミトコンドリアに作用して殺菌効果を発揮します。幅広い種類の糸状菌に効果があり、アミスター、ストロビー、ナリア、スクレア等があげられます。このグループの剤もDMI剤と同様に病原菌が感染した後でも効果が期待できます。

ただし耐性菌の発生リスクも高く、ナシ炭そ病、ブドウベト病、ブドウ褐斑病等では防除効果が低下した事例が確認されていますので、DMI剤と同様に注意します。

3. SDHI殺菌剤(7)

本グループの殺菌剤もQoI剤と同様に、糸状菌のミトコンドリアに作用して殺菌効果を発揮します。本系統の薬剤の開発は古く、1960年代から使用されている水稻の紋枯病用殺菌剤（モンカット）が挙げられますが、平成後半以降になって、より広い病害に対し効果が認められる薬剤が開発されるようになり、果樹でも登録の取得と普及が進んでいる最も新しいグループです。果樹栽培では、フルーツセイバー、ネクスター、パレード、アフェット、オルフィン等が使用されています。なお、剤によって効果の高い病害に違いが認められています。

本グループの耐性菌発生リスクは中～高であり、すでに耐性菌の発生が認められる剤もあるので、前述のグループと同様に注意が必要です。

4. MBC剤(ベンゾイミダゾール系)(1)

本グループの殺菌剤は糸状菌の細胞分裂に作用して殺菌効果を発揮します。果樹では、トップジン M、ベンレートがこれにあたります。古くから使用されており、多くの病害に効果があったのですが、耐性菌の発生リスクが高く、カンキツそうか病、緑カビ病、ナシ黒星病、ブドウ黒とう病等のように様々な病害で耐性菌が発生して問題となっています。ただし、カンキツの貯蔵病害に対しては、耐性菌対策としてベフランとの混用が行われており、相乗的に高い防除効果が得られています。

5. N-フェニルカーバメイト(10)

上記のMBC殺菌剤（ベンゾイミダゾール系剤）に耐性を持った菌にのみ、特異的に効果を示す殺菌剤です。しかし、本剤も耐性菌リスクは高いので、使用する際は注意してください。ゲッターやスミブレンドの混合剤の1成分として用いられています。

6. 抗生物質(19、25、41、U18)

本グループの殺菌剤は、細菌等の微生物が自分以外の微生物の繁殖を抑制するために産生する物質（例えば、一部の青かび菌が産生するペニシリン）を基に合成されています。糸状菌に効果のあるポリオキシシン（19）、糸状菌にも細菌にも効果のあるバリダシン（U18）、細菌に効果のあるストレプトマイシン等（25、41）に分けられます。

7・QII 剤(21)

本グループの殺菌剤はQ o I 剤やSDHI 剤と同様に、糸状菌のミトコンドリアに作用して殺菌効果を発揮します。本グループは、糸状菌による病害の中でも疫病やべと病などの細胞壁をもたない特殊な菌の種類（卵菌類）への効果が高い特徴があります。果樹では、ブドウべと病やカンキツ褐色腐敗病がこの卵菌類の仲間になります。ランマンやライメイがこれらあたります。

8. シアノアセトアミドオキシム(27)

本グループは、作用機作がまだ判明していない殺菌剤です。ホライズンやベトファイターの一成分がこれにあたります。べと病や疫病に防除効果を示す薬剤です。

9. CAA 剤 (40)

本グループの剤は、糸状菌の細胞壁の中にあるセルロースの合成を阻害して効果を発揮します。また、べと病や疫病に防除効果を示す薬剤で、果樹ではレーバス、プロポーズ、ベトファイターの一成分等がこれにあたります。

ヨーロッパなどではすでに耐性菌の発生が問題となっているので、使用する際は耐性菌対策として他グループの薬剤と組み合わせた体系防除に取り組んでください。

これまで説明したグループの薬剤はいずれも耐性菌の出現が問題となっています。耐性菌の出現を回避するためには、①同じグループの薬剤を連用せず、異なるグループの薬剤を輪番で使用する、②できるだけ次に説明する耐性菌リスクの低い薬剤（保護殺菌剤）で対応することが重要です。

表1 果樹で使用する主な殺菌剤

(抵抗性のつきやすいグループ、FRAC 殺菌剤作用機作分類を一部改変)

コード	グループ名	作用点	薬剤名
3	DMI殺菌剤	細胞膜合成	スコア、アンビル、オーシャイン、トリフミン、ラリー、ルビゲン 等
11	QoI殺菌剤	呼吸	アミスター、ストロビー、ナリア、フリント、スクレア 等
7	SDHI殺菌剤	呼吸	フルーツセイバー、オルフィン、ネクスター、パレード、アフェット 等
1	MBC殺菌剤	細胞分裂	トップジンM、ベンレート
10	N-フェニルカーバメート	細胞分裂	ゲッター、スミブレンドの一成分
19	抗生物質	細胞壁合成	ポリオキシシン
U18		不明	バリダシン
25		蛋白質合成	アグレプト 等
41		蛋白質合成	マイコシールド
21	QiI殺菌剤	呼吸	ランマン、ライメイ 等
27	シアノアセトアミドオキシム	不明	ホライズン・ベトファイターの一成分
40	CAA殺菌剤	細胞壁合成	レーバス、プロポーズ、ベトファイターの一成分

～抵抗性のつきにくい剤～

これから説明する薬剤の多くの病原菌に対する作用機作は、概ね細胞内に存在する酵素活動を阻害し、孢子形成の阻止、孢子発芽の阻止、菌糸の侵入抑制等の効果を発揮します。幅広い病原菌に効果があり、予防的に散布することで安定した高い効果を発揮します。

1. 無機化合物

○銅 (M1)

無機銅剤と有機銅剤に分けられ、有機栽培にも使用できる薬剤です。

無機銅剤は銅イオンの殺菌力を利用した殺菌剤です。果樹では細菌病（カンキツのかいよう病、モモのせん孔細菌病等）の防除に用いられるボルドー液、IC ボルドー、コサイドなどがこれにあたります。細菌に対し高い予防効果を示すので、病害が発生する前からの散布が重要です。ただし、薬害のリスクが高いため、クレフノン等の資材を状況に応じて加用します。

有機銅剤は銅成分を単独ではなくキレートという有機化合物に結合させた殺菌剤です。この処理をすることによって無機銅剤よりも銅イオンが溶け出しにくくなり、薬害の発生が大幅に軽減されます。また、化合物にすることで病原菌の細胞膜もより通り抜けやすくなるため、有機銅剤は無機銅剤よりも糸状菌の病害に高い効果を示します。果樹で

はキノンドーやオキシンドー等が広く使用されています。

○硫黄（M2）

細胞内の糖分解や呼吸に係る一部の酵素活動を阻害して殺菌効果を発揮します。古くから使用されているグループであり、石灰硫黄合剤は明治頃からカイガラムシ類防除に使用されていました。今でも落葉果樹の発芽前の防除に使用されている薬剤です。硫黄石灰合剤以外には、サルファー、コロナ等があります。本グループは有機栽培にも使用でき、うどんこ病等に効果を示します。

2. ジチオカーバメート類及び類縁体（M3）

上記の硫黄と同じ作用で殺菌効果を発揮します。カンキツのジマンダイセンやナシのチオノック等多くの薬剤が果樹で使用されており、他にエムダイファー、アントラコール等があります。体質によってはかぶれを生じるものがありますので、使用の際は注意してください。

3. フタルイミド類（M4）

細胞内の酵素の活動を阻害し、殺菌効果を発揮します。作用する部位が多いため抵抗性が発達しにくい殺菌剤です。様々な糸状菌の病害に効果があり、果樹では、オーソサイドがこれにあたります。

4. ビスグアニジン類（M7）

細胞膜に作用し（合成阻害と機能阻害）、殺菌効果を発揮します。果樹では、ベフラン、ベルコート等がこれにあたります。ベフランについては、他剤との混用で薬液が凝集の事例がありますので、混用適用表を確認するとともに混用する順番にも注意してください。

5. キノン類（M9）

唯一デランがこのグループにあたり、体質によってはかぶれを生じることがあるので、使用の際は注意してください。

表2 果樹で使用する主な殺菌剤

（抵抗性のつきにくいグループ、FRAC 殺菌剤作用機作分類を一部改変）

コード*	グループ名	作用機作	薬剤名
M1	無機化合物 銅	多作用点 接触活性	コサイド 3000、ボルドー、キノンドー 等
M2	無機化合物 硫黄		サルファー、イオウ 等
M3	ジチオカーバメート類 及び類縁体		ジマンダイセン、エムダイファー、アントラコール、チオノックス 等

M4	フタルイミド類		オーソサイド
M7	ビスグアニジン類		ベルケート、ベフラン
M9	キノン類		デラン

新剤の開発は簡単ではなく、登録もなかなか進みません。そのため、既存の薬剤に対する薬剤抵抗性の発達を遅延させ、効果の高い剤をできるだけ長く使用するための一助として FRAC コードを活用しましょう。使用する際は、ラベルをしっかりと確認しましょう。