



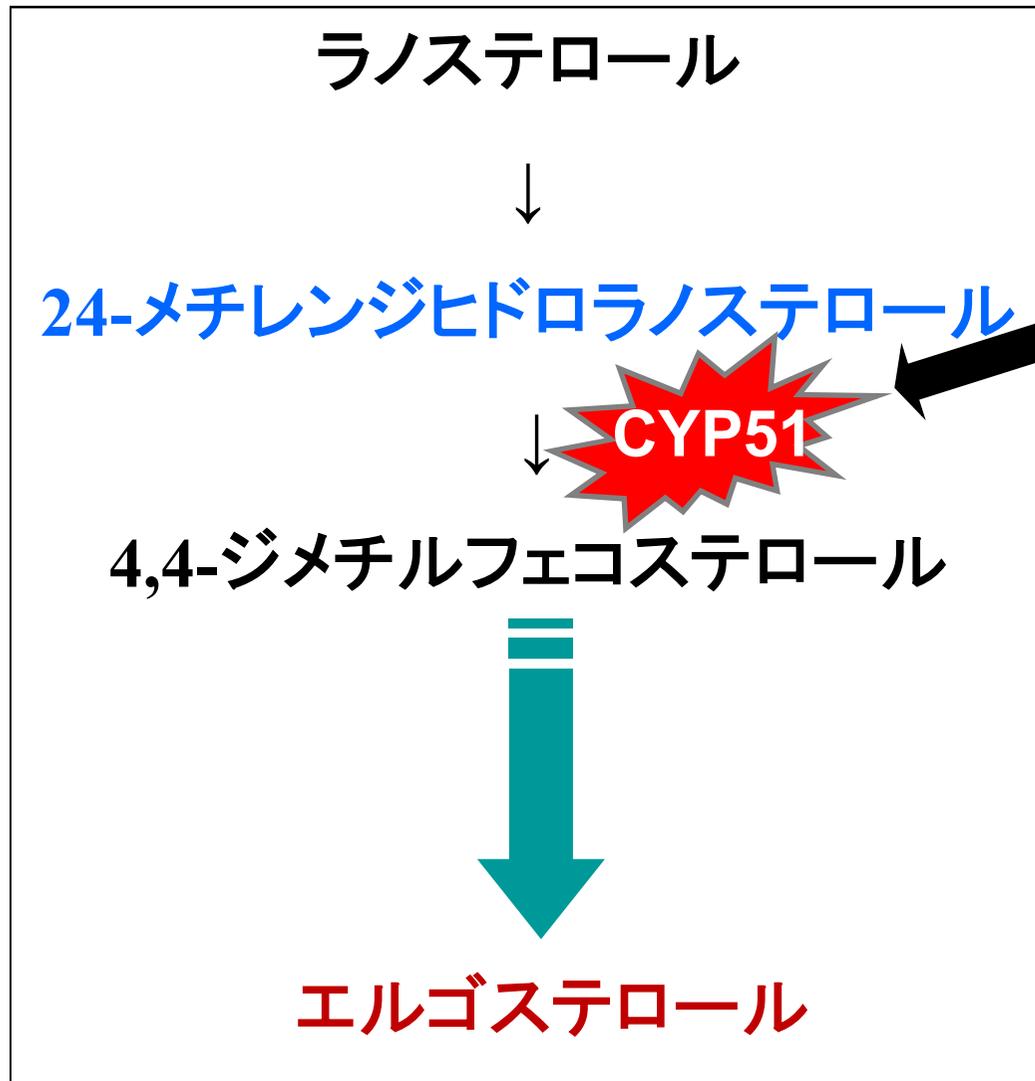
# 1. DMIの耐性リスクと作用機構

作用機構	作用点	グループ名	化学グループ名	有効成分名	農薬名(例)	耐性リスク 備考	FRAC コード
G: 細胞膜のステロール生合成	ステロール生合成におけるC14位の脱メチル化酵素	DMI-殺菌剤 (脱メチル化阻害剤) (SBI: クラス I)	ピペラジン	トリホリン	サブロール	中 グループ内で耐性差が大きい。複数の病原菌において耐性が発生している。DMI間で交差耐性が発生しているとみなしたほうがよい。DMIと他のSBIは交差しない。	3
			ピリミジン	フェナリモル	ルビゲン		
			イミダゾール	オキシポコナゾールフマル酸塩	オーシャイン		
				ペフラゾエート	ヘルシード		
				プロクロラズ	スポルタック		
				トリフルミゾール	トリフミン		
			トリアゾール	シプロコナゾール	アルト		
				ジフェノコナゾール	スコア		
				フェンブコナゾール	インダー、デビュー		
				ヘキサコナゾール	アンビル		
				イミベンコナゾール	マネージ		
				イプコナゾール	テクリード		
				メコナゾール	リベロ、ワークアップ		
				ミクロブタニル	ラリー		
				プロピコナゾール	チルト		
				シメコナゾール	サンリット、モンガリット		
			テブコナゾール	シルバキュア、オンリーワン			
テトラコナゾール	サルバトーレ、ホクガード						

DMIの耐性リスクは中。グループ内で耐性差が大きいのが特徴。

# DMIの作用機構

## エルゴステロール合成系

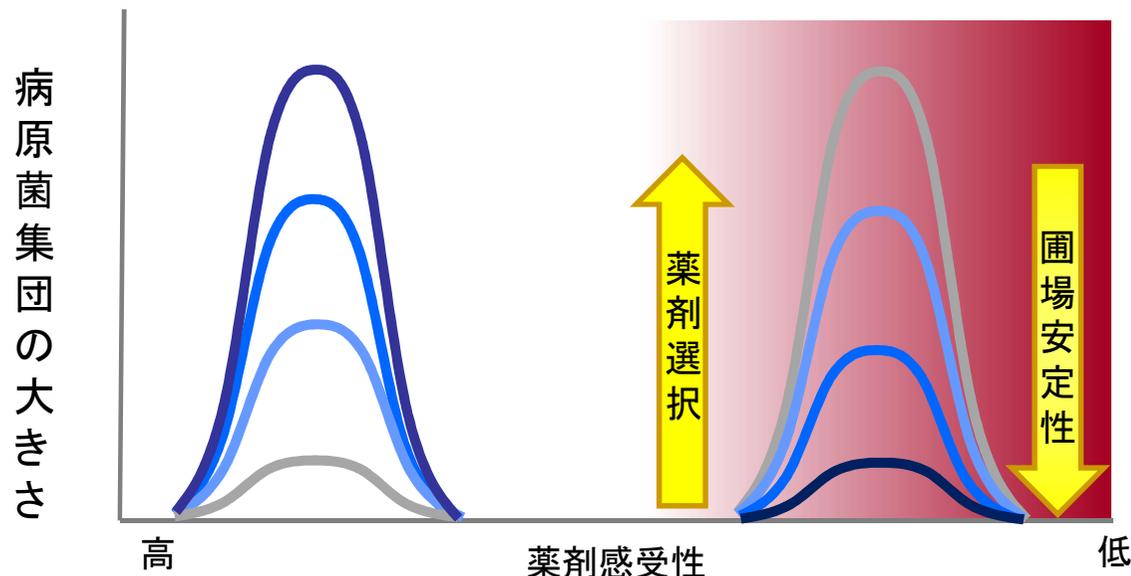


DMI

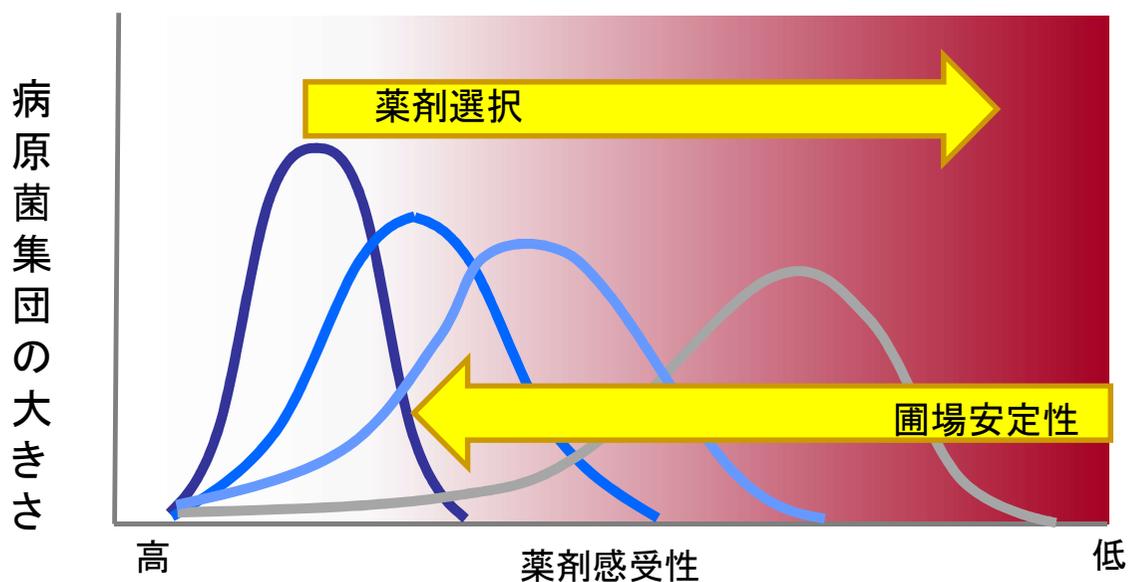
脱メチル化反応を触媒する酵素CYP51を阻害することで、菌類の細胞膜成分であるエルゴステロールを合成できなくする。

## 2. 低感受性化機構

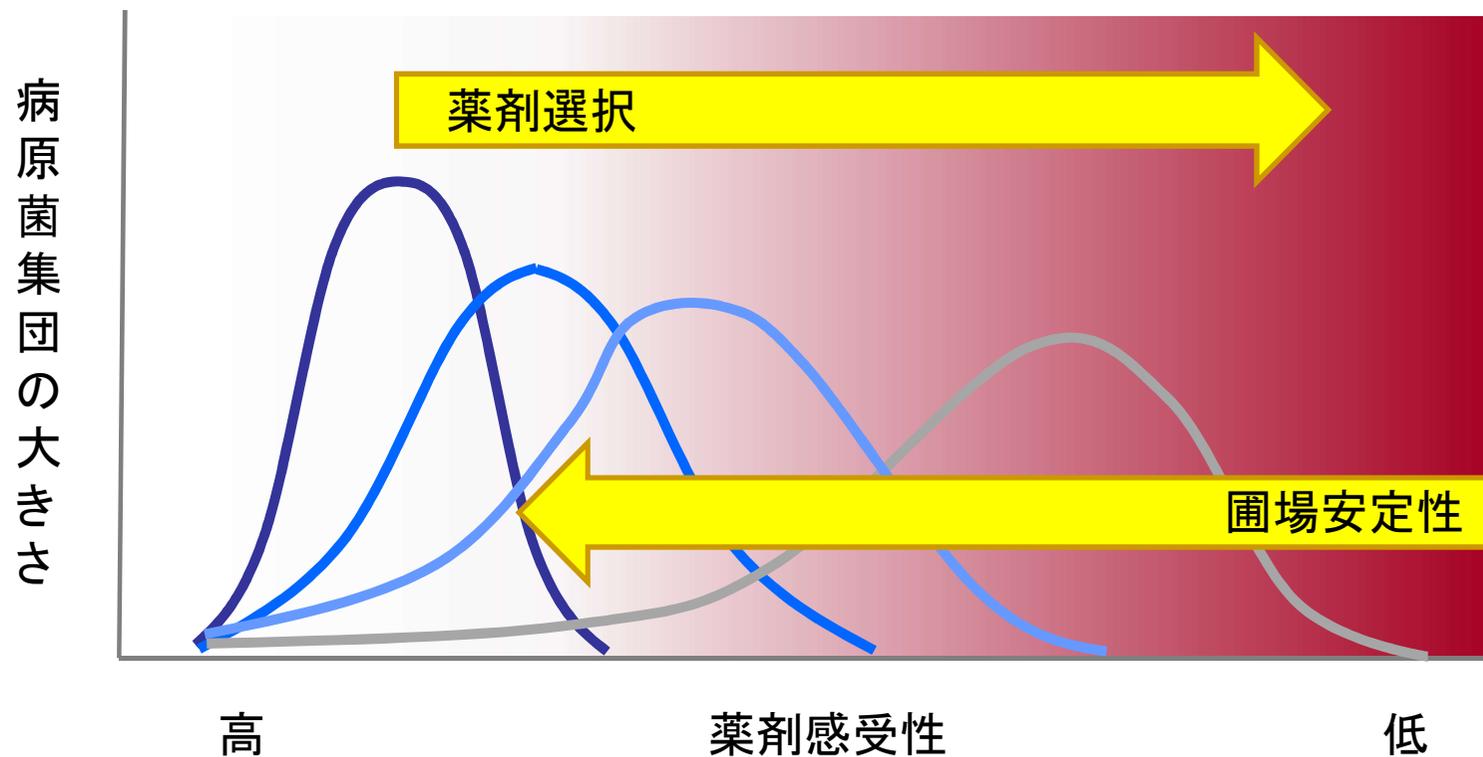
一段階耐性  
(例:MBC、QoI)



多段階耐性  
(例:DMI)



殺菌剤の低感受性化には、2つのパターンがあり、一段階耐性の事例が多い。



### DMIに対する病原菌の感受性の緩やかな変化(多段階耐性)

- \* DMIは多くの要因が関与する多段階耐性で、低感受性化の進展が緩やか。
- \* DMI低感受性菌は圃場安定性(フィットネス)が低く、使用をやめると感受性が戻りやすい傾向がある。

# DMIの耐性機構の報告事例

耐性機構	病原菌
CYP51遺伝子の過剰発現	核果類灰星病、カンキツ緑かび病、コムギ赤さび病、コムギ葉枯病、シバダラースポット病、テンサイ褐斑病、リンゴ黒星病
CYP51酵素の変異	オオムギうどんこ病、コムギうどんこ病、コムギ赤さび病、コムギ葉枯病、バナナ黒シガトカ病、ブドウうどんこ病
薬剤の過剰排出	カンキツ緑かび病、シバダラースポット病、灰色かび病
CYP51遺伝子の重複	オオムギ雲形病

Plant Pathology (2013) 62: 36-42

- 殺菌剤耐性機構は主に作用点の変異であるが、DMIの耐性機構は病原菌によって異なる。
- 酵素変異に複数のアミノ酸置換が関与することが多い。

DMIの防除効果は、長期間の連続使用により段階的に低下する場合がある。使用頻度が低下すると、部分的に感受性が回復することが多い。低感受性化に関わる主要な機構は、作用点における複数の突然変異の集積である。それぞれの突然変異は微小な感受性低下しか起こさない\*。多数の変異が蓄積することで、圃場における防除効果に影響するような大幅な感受性低下となる。DMIの低感受性化は防除効果の急激な低下ではなく、長期間の連続使用により緩やかに段階的に進行するのが特徴である。このような段階的な感受性の低下のことを多段階耐性という。

FRACホームページSBI working group

<http://www.frac.info/working-group/sbi-fungicides>

\*: 単一の突然変異でもRF値が10以上になる事例もある

(Rallos *et al.* PLOS ONE DOI: 10.1371/journal.pone.0148025 (2016))

### 3. 複合リスク

殺菌剤、病原および栽培リスクに基づく複合リスク表

殺菌剤の系統例	殺菌剤 リスク	複合リスク			栽培 リスク
ペンゾイミダゾール フェニルアミド Qo阻害剤	高=6	6	12	18	高=1
		3	6	9	中=0.5
		1.5	3	4.5	低=0.25
コハク酸脱水素酵素阻害剤 アニリノピリミジン DMI殺菌剤 MBI-D	中=4	4	8	12	高=1
		2	4	6	中=0.5
		1	2	3	低=0.25
多作用点接触活性剤 MBI-R 抵抗性誘導剤	低=1	1	2	3	高=1
		0.5	1	1.5	中=0.5
		0.25	0.5	0.75	低=0.25
病原菌リスク→		低=1	中=2	高=3	
病原菌グループ (例) →		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 モモ縮葉病 リンゴうどんこ病 菌核病 白絹病 つる割病 苗立枯病 土壌病害 Fusarium病害 Rhizoctonia病害	アスパラガス斑点病 イチゴうどんこ病 イネ馬鹿苗病 オオムギ網斑病 核果類黒星病 ジャガイモ疫病、夏疫病 ダイズ紫斑病 チャ輪斑病 テンサイ褐斑病 トウモロコシすす紋病 ナシ黒星病 ナスすすかび病 ピーマンうどんこ病 ブドウうどんこ病 麦類眼紋病 麦類紅色雪腐病 青かび病、緑かび病 炭疽病、灰星病 べと病 (一部作物)	イネいもち病 ウリ類等うどんこ病 ウリ類つる枯病 ウリ類べと病 キュウリ褐斑病 ブドウべと病 麦類うどんこ病 リンゴ黒星病 Alternaria alternata (リンゴ斑点落葉病、 ナシ黒斑病等) 灰色かび病	

DMIの殺菌剤リスクは中であり、特に高リスク病害を栽培リスクの高い地域で防除する場合に耐性菌対策が必要。

## 4. まとめ

- \* DMIはエルゴステロール生合成系の酵素CYP51による脱メチル化反応を阻害します。
- \* DMIの感受性は多段階耐性により緩やかに変動します。
- \* DMIの耐性機構は複数あり、病原菌によって異なります。CYP51酵素の変異が関与する場合、複数の突然変異の集積により防除効果が大幅に低下する多くの事例があります。
- \* DMIの殺菌剤リスクは中程度で、特に高リスク病害を栽培リスクの高い地域で防除する場合に耐性菌対策が必要です。