

特集：DMI 剤耐性菌に関する最近の話題

ナシ黒星病菌のDMI 剤耐性

(独)農業環境技術研究所 石井英夫
 福岡県農業総合試験場 石井英夫
 ひで けん 賢 次

はじめに

Venturia nashicola によって引き起こされる黒星病の防除には、かつてベンゾイミダゾール系薬剤が卓効を示したが、1970年代の半ば、耐性菌の急速なまん延によってその効果が失われた (ISHII et al., 1985)。その後、1986年からはDMI 剤 (ステロール脱メチル化阻害剤) がナシ黒星病の重要な防除剤として長く使用されてきた。特に重点防除時期に当たるナシの開花期前後には、ほとんどの農家でDMI 剤が散布される。

DMI 剤が我が国で農業登録された当時、既に海外ではムギ類やキュウリのうどんこ病、リンゴ黒星病等でDMI 剤耐性菌が報告されていた。このため、我が国のナシ黒星病についても、耐性菌対策としてDMI 剤の使用を年間3回以内に抑え、作用機構の異なる他系統薬剤と現地混用 (または混合剤使用) あるいはローテーション散布することが提案、実施されてきた (梅本, 1993; 石井, 1995; 富田, 2001)。

初期のころのトリフルミゾール (商品名: トリフミン) やピテルタノール (同: バイコラル), フェナリモル (同: ルビゲン) に続いて、より効果の高いDMI 剤が登場したこともあり、近年ナシ黒星病は全般的には少発生で推移した。しかし、九州では以前からDMI 剤の散布回数が多く、また他系統薬剤との現地混用も敬遠される傾向があり、DMI 剤耐性菌出現の危険性が早くから指摘されていた。

ここでは、筆者らが2005年以降福岡県で初めて確認した、薬効低下を伴うDMI 剤耐性菌について紹介する。なお以下の記述は、日本植物病理学会第17回殺菌剤耐性菌研究会シンポジウムにおける講演要旨 (石井・菊原, 2007) を改変したものである。

I 福岡県におけるナシ黒星病の防除実態

福岡県のナシ病害虫防除暦における殺菌剤の散布回数は現在年間15回前後で、そのうちDMI 剤は開花期に3

DMI Resistance in *Venturia nashicola*, the Scab Fungus of Asian Pears. By Hideo Ishii and Kenji KIKUHARA

(キーワード: ナシ黒星病菌, DMI 剤耐性, 耐性菌)

表-1 福岡県のナシ病害虫防除暦における殺菌剤の使用回数

	1986	1988 ~ 1994	1992 ~ 2000	2001 ~ 2006
開花期 3~4月	5	4 (3)	5 (3)	5 (3)
幼果期 5~8月	6	9 (2)	8 (2)	8 (1)
収穫後 9~11月	1	1	1	2
防除暦地域 (品種)	福岡県 (新水)	福岡県 (幸水、 水)	K地域 (幸水、 水)	K地域 (幸水、 水)

()はDMI 剤の使用回数。

回、幼果期に1~2回程度である (表-1)。主に使用される薬剤はヘキサコナゾール (商品名: アンビル) とジフェノコナゾール (同: スコア) で、フェンブコナゾール (同: インダー) も用いられる。また、九州は雨が長く輪紋病の感染圧も高いため、輪紋病に効果が高いピテルタノールがよく使用される。

2005年は4月から雨が少なく、また開花前から防除したにもかかわらず、黒星病の常発地でナシの摘果期ごろから発病し始め、発病を抑えることができない圃場もあった。さらに2006年は早春から梅雨期のような低温多雨が続き、黒星病が多発した。これらのことから、DMI 剤耐性菌の出現が懸念されたため、福岡農総試と農環研が共同で試験を開始した。その結果を紹介する前に、ナシ黒星病菌のDMI 剤感受性について、これまでの経過を少し述べておきたい。

II DMI 剤感受性低下菌のこれまでの分布状況

耐性菌検定に先立って重要な薬剤感受性のベースラインを把握するために、当時まだDMI 剤が使用されていなかった中国河北省からナシ黒星病菌を単孢子分離して、フェナリモルほかに対するベースライン感受性をPDA培地上で調べた。次いで、これを基準にして、その後国内各地から分離した菌株について感受性を比較した。

その結果、培地上の菌糸生育試験でフェナリモル感受性が低下した菌株はしばしば検出されたものの、ナシ実

生苗への接種で、この薬剤の効果を低下させるような耐性菌は見つからなかった(石井, 1998; TOMITA and ISHII, 1998)。DMI剤感受性の検定は福岡県を含む各県で実施されたが、感受性に大幅な変化は見られなかった(後藤ら, 2000; 辻, 2002; 福岡県, 2002; 菊原, 2005; 大谷ら, 2006)。このため、DMI剤の使用回数を制限する限り、耐性菌問題は生じないと思われた(石井, 2003)。

III DMI剤の効力低下を伴う耐性菌の初確認

2005年、福岡県内から収集した黒星病菌の耐性検定を農環研にて行った。本菌の場合、継代培養や保存中にフェナリモルに対する感受性が回復する現象がしばしば見られる(石井, 1998)ため、薬剤の効果を接種試験で直接判定した。

(1) 鉢植えの‘幸水’苗木にフェナリモル12%水和剤4,000倍液または蒸留水(DW)を散布後、病斑上から調製した黒星病菌の分生子懸濁液を噴霧接種した。久留米市と甘木市(現 朝倉市) 荷原から採集した菌に対するフェナリモルの発病抑制率はそれぞれ-31.4%と9.5%で、薬剤の効果が認められなかった。我が国におけるDMI剤の普及から約20年を経て、DMI剤の効力が実際に低下するような耐性菌が、ナシ黒星病菌では初めて検出されたことになる。

(2) 同様の試験を行ったが、黒星病菌の長い潜伏期間とフェナリモル剤の残効を考慮して、接種1週間後または2週間後にもこの薬剤を散布した。接種1週間後に再度散布した試験では、接種3週間後、甘木市黒川からの菌に薬剤の効果が全く見られなかった。さらに接種1か月後では、甘木市荷原、筑前町、久留米市、田川市川崎町からの菌にもフェナリモル剤の効果がなく、これらは耐性菌と判断された。

接種2週間後にフェナリモル剤を再度散布すると、接種3週間後、対照とした農環研の菌に対しては薬剤の高い効果が認められたが、久留米市、浮羽町、甘木市黒川、筑前町からの菌には十分な効果が見られなかった(表-2)。このことから、フェナリモル耐性菌が福岡県内に広く分布することが明らかとなった。

(3) 2005年福岡県より単孢子分離した菌株を用いた。PDA培地上で20℃、BLB照射下セロファン培養(Ishii et al., 2002)して分生子を形成させた。鉢植えの‘幸水’にフェナリモル12%水和剤4,000倍またはDWを散布後、葉の中肋部に分生子懸濁液を点滴接種した(表-3)。接種1か月後、対照の農環研菌ではフェナリモル区で孢子形成病斑が全く見られなかったのに対して、菌株黒川22、黒川21、および黒川9の接種では、フェナリ

表-2 フェナリモルのナシ黒星病抑制効果(接種試験)

菌の採集場所	フェナリモルの 発病抑制率(%)	DW区の 孢子形成率率(%)
久留米市	30.0	100
浮羽町1	21.6	90.0
浮羽町2	2.1	95.0
甘木市黒川	38.9	100
筑前町	14.4	78.4
甘木市荷原	81.1	81.6
農環研	89.2	88.0

表-3 フェナリモルのナシ黒星病抑制効果(接種試験)

菌株	発病抑制率(%)	DW区の 孢子形成率率(%)
接種3週間後		
黒川9	85.7	93.3
黒川21	49.9	93.3
黒川22	0	86.7
農環研	100	33.3
接種1か月後		
黒川9	20.0	100
黒川21	6.7	100
黒川22	0	100
農環研	100	73.3

モル区でも孢子形成が見られた。このように圃場から純粋分離した菌株を用いた場合にも、耐性菌によるフェナリモルの効力低下が確認された。

IV DMI剤間の交差耐性の検定

現在ナシ黒星病を適用病害とするDMI剤は、単剤だけでも10種類を超える。今回検出された耐性菌は、それらの薬剤のすべてに交差耐性を示すのであろうか? この点を明らかにするため、最もよく使用されているDMI剤を用いて試験した。

(1) 2005年甘木市黒川より採集した黒星病菌を‘幸水’の苗木に接種し、あらかじめ散布しておいたフェナリモル12%水和剤4,000倍、ジフェノコナゾール10%水和剤4,000倍、およびヘキサコナゾール2%フロアブル2,000倍の発病抑制効果を調べた。

接種3週間後、供試DMI剤は対照の農環研菌に完璧な発病抑制効果を示した。一方、甘木市黒川の菌に対するフェナリモルの効果は明らかに劣ったが、ジフェノコナゾールやヘキサコナゾールの効果は十分高かった(表-4)。しかし、接種1か月後、ジフェノコナゾールの効果は依然として著しく高かったが、フェナリモルや

表-4 ナシ黒星病菌のDMI剤に対する交さ耐性 (接種試験)

供試菌	処理	胞子形成率 (%)	発病抑制率 (%)
接種3週間後			
甘木市黒川	フェナリモル	19.5	33.2
	ジフェノコナゾール	0	100
	ヘキサコナゾール	0	100
	DW	29.2	
農環研	フェナリモル	0	100
	ジフェノコナゾール	0	100
	ヘキサコナゾール	0	100
	DW	17.9	
接種1か月後			
甘木市黒川	フェナリモル	88.4	-14.7
	ジフェノコナゾール	0	100
	ヘキサコナゾール	60.4	21.7
	DW	77.1	
農環研	フェナリモル	20.9	65.9
	ジフェノコナゾール	0	100
	ヘキサコナゾール	5.6	90.9
	DW	61.3	

ヘキサコナゾールはほとんどまたは全く効果がなかった。ヘキサコナゾールは対照菌には高い効果を示したことから、この効力低下は薬剤の残効切れによるものではなく、交さ耐性によるものと判断された。

(2) 2006年、福岡県各地から罹病サンプルを採集し、病斑上から分生子懸濁液を調製、接種源とした。現地で発病が見られるころまで、'幸水'の苗木をいったん冷蔵保存して展葉時期を遅らせ、接種に供した。苗木にはフェナリモル12%水和剤4,000倍とジフェノコナゾール10%水和剤4,000倍をあらかじめ散布した。また、この試験は福岡農総試で行った。

フェナリモル剤では12圃場、ジフェノコナゾール剤ではそのうち8圃場からのサンプルを試験に用いた。その結果、フェナリモル剤の発病抑制率は2~93%と、効果に大きなばらつきがあった。これに対して、ジフェノコナゾール剤の発病抑制率は90%以上で、いずれの圃場でも高い効果を維持していることが示唆された。

V 今後の対策と課題

接種試験により、ナシ黒星病に対するフェナリモル剤やヘキサコナゾール剤の効力低下が初めて確認された。本病におけるDMI剤耐性菌の発生を助長する要因として、①ナシ黒星病の感染・発病圧が高い、②DMI剤の使用回数が多い、③効果が不十分なDMI剤の使用がある、④薬剤散布が雑な場合や散布量が不十分な場合に、薬剤

の効果が十分に発揮されないことなどが考えられる。

福岡県など九州のナシ産地は他に比べて年間の降水量が多く、黒星病が発生しやすい。しかし、佐賀県伊万里市や福岡県八女市などでは収穫期を早めるために、ナシの雨よけ(トンネル)栽培が広く普及している。3月から5月までビニル被覆するため、感染に重要な開花期前後は通常は雨に当たらず、黒星病の感染圧が減少する。したがって、本病の多発地域では雨よけ栽培をさらに推進する必要があるが、その場合も園内の湿度を低く保つようにしたい。

近年のナシ価格の低迷に伴い、栽培規模の拡大や他の作物との複合経営が行われるため、ナシ栽培のための労働時間が十分でなく、農薬散布が粗雑になる傾向がある。今後、安定したナシ栽培を実現するためには、適正な散布量と方法でDMI剤の使用を制限した体系(秋季防除を含む)で現地試験を行い、それに基づいた的確な防除体系を普及させることが必要である。

これまでのところ、フェナリモルやヘキサコナゾールの効力が低下した菌に対しても、ジフェノコナゾールは安定して高い効果を保っている。しかし、今後ジフェノコナゾールを使い続けた場合、この薬剤に対する感受性が低下することはないのであろうか? 薬剤感受性の継続的なモニタリングが重要である。

耐性菌対策として他系統薬剤との混用が有効であることはよく知られ、DMI剤に関しても最近、アメリカにおけるアウトウのleaf spot病で実証されている(Proffer et al., 2006)。しかし、DMI剤のパートナーとなる薬剤には何がふさわしいのか? さらなる実証データの蓄積が必要である。井手ら(2007)によれば、ジフェノコナゾール水和剤にイミノクタジナルベシル酸塩(ベルコート)水和剤を混用しても、黒星病防除効果は低下しなかったが、有機銅やジラム・チウラム水和剤を混用した場合には防除効果が低下した。また、フェナリモル耐性の黒星病菌に対して、イミノクタジナルベシル酸塩、あるいはこれとジフェノコナゾールとの混用は高い防除効果を示している(菊原, 未発表)。

黒星病耐病性品種の普及がすぐには望めない現状では、'幸水'のような感受性の高い品種の栽培に殺菌剤の使用は欠かせない。しかし、耐性菌が問題となるほどDMI剤を多用することなく、うまく使いこなすことはできないだろうか? 子のう胞子による第一次伝染が重要な地域でも、落葉処分など黒星病の初期感染圧を下げる具体的な取り組みが、まだ十分なされていないのが現状である。IPMの推進が以前にも増して求められる今日、より踏み込んだ取り組みを期待したい。

ナシ黒星病菌のDMI剤耐性は、海を隔てた韓国南部でも最近問題化しており (Yeo et al., 2006), 共同で解決を図るべく現在研究交流を進めている。最後に、2005年と06年、福岡県各地より単胞子分離した菌株のベンゾイミダゾール系薬剤、チオファネートメチルに対する感受性をPDA培地上で検定したところ、菌の採集地域を問わず感受性菌は全く検出されず、しかもほとんどは強耐性菌であった。芯腐れ症などの予防が目的ではあっても、ベンゾイミダゾール系薬剤耐性菌が優占している圃場でこの系統の薬剤を使用すれば、黒星病の発病圧を高めてしまうおそれがある。また、我が国では未確認であるが、ストロビルリン系薬剤耐性のリンゴ黒星病菌がヨーロッパほかで既に出現しているので、この系統の薬剤を使用するに当たっても、今後十分な注意が必要である。

※ 本記事の脱稿後、佐賀県伊万里市にもDMI剤耐性菌が分布することが、ナシへの接種試験により明らかになった。

引用文献

1) 福岡県 (2002): 果樹病害虫防除基準, 福岡県, 福岡, p. 41 ~

- 42.
- 2) 後藤知昭ら (2000): 関東病虫研報 47: 83 ~ 84.
- 3) 井手洋一ら (2007): 平成19年度日植病大会講要集: 57.
- 4) 石井英夫 (1995): 第5回殺菌剤耐性菌研究会シンポ講要集: 8 ~ 17.
- 5) ——— (1998): 植物病原菌の薬剤感受性検定マニュアル, 日植防, 東京, p. 67 ~ 73.
- 6) ——— (2003): 寒冷地果樹研究会資料, 果樹研究所, つくば, p. 59 ~ 66.
- 7) ISHII, H. et al. (1985): Plant Pathol. 34: 363 ~ 368.
- 8) ——— et al. (2002): Acta Hort. 587: 613 ~ 621.
- 9) 石井英夫・菊原賢次 (2007): 第17回殺菌剤耐性菌研究会シンポ講要集: 49 ~ 60.
- 10) 菊原賢次 (2005): 第15回殺菌剤耐性菌研究会シンポ講要集: 19 ~ 28.
- 11) 大谷 徹ら (2006): 千葉農総研報 5: 105 ~ 108.
- 12) PROFFER, T. J. et al. (2006): Phytopathology 96: 709 ~ 717.
- 13) 富田恭範 (2001): 第11回殺菌剤耐性菌研究会シンポ講要集: 51 ~ 54.
- 14) TOMITA, Y. and H. ISHII (1998): Pestic. Sci. 54: 150 ~ 156.
- 15) 辻 雅人 (2002): 四国植防 37: 67.
- 16) 梅本清作 (1993): 千葉農試特別報告 22: 70 ~ 75.
- 17) YEO, M. I. et al. (2006): Abstr. 2006 Ann. Meeting Korean Soc. Plant Pathol.: 151 ~ 152.

新しく登録された農薬 (19.6.1 ~ 6.30)

掲載は、種類名、登録番号：商品名 (製造者又は輸入者) 登録年月日、有効成分：含有量、対象作物：対象病害虫：使用時期等。ただし、除草剤・植物成長調整剤については、適用作物、適用雑草等を記載。(登録番号：21968 ~ 21976) 下線付きは新規成分。

「殺虫剤」

●ピフェナゼート水和剤

21968: ダニ太郎 (住化タケダ園芸) 07/06/06

ピフェナゼート: 20.0%

かんきつ: ミカンサビダニ, ミカンハダニ: 収穫7日前日まで

りんご: ナミハダニ, リンゴハダニ: 収穫前日まで

なし: ハダニ類: 収穫前日まで

もも: ハダニ類, モモサビダニ: 収穫前日まで

すもも: ハダニ類: 収穫3日前日まで

ネクタリン: ハダニ類: 収穫3日前日まで

かき: ハダニ類: 収穫7日前日まで

あけび (果実): ハダニ類: 収穫7日前日まで

いちじく: ハダニ類: 収穫前日まで

おうとう: ハダニ類: 収穫14日前日まで

ぶどう: ハダニ類, ブドウサビダニ: 収穫21日前日まで

いちご: ハダニ類: 収穫前日まで

すいか: ハダニ類: 収穫前日まで

メロン: ハダニ類: 収穫前日まで

きゅうり: ハダニ類: 収穫前日まで

なす: ハダニ類: 収穫前日まで

ピーマン: ハダニ類: 収穫前日まで

トマト, ミニトマト: ハダニ類, トマトサビダニ: 収穫前日まで

茶: カンザワハダニ, チャノナガサビダニ: 摘採14日前日まで

但し、遮光する栽培では遮光開始14日前日まで

きく: ナミハダニ: 開花前日まで

ばら: ハダニ類: 開花前日まで

カーネーション: ハダニ類: 開花前日まで

げっきつ: ハダニ類: 発生初期

●コレマンアブラバチ剤

21969: 石原コレババリ (石原産業) 07/06/06

コレマンアブラバチ羽化成虫: 500頭/瓶

野菜類 (施設栽培): アブラムシ類: 発生初期

●ホスチアゼート液剤

21971: ネマバスター (石原バイオサイエンス) 07/06/06

ホスチアゼート: 30.0%

まつ (生立木): マツノザイセンチュウ: マツノマダラカミキリ成虫発生2~3ヶ月前

●ジノテフラン・ベンフラカルブ粒剤

21972: オンコルスタークル粒剤 (三井化学) 07/06/20

21973: 大塚オンコルスタークル粒剤 (大塚化学) 07/06/20

ジノテフラン: 1.0%, ベンフラカルブ: 4.0%

稲 (箱育苗): イネドロオウムシ, イネミズゾウムシ: 移植当日

ねぎ: ネギアザミウマ, ネギハモグリバエ: 定植時

(39ページに続く)