

# 千葉県のナシ病害防除における アニリノピリミジン系剤及びコハク酸脱水素酵素阻害剤の利用

金子洋平・牛尾進吾

キーワード：ニホンナシ, 殺菌剤, アニリノピリミジン系剤, SDHI剤

## I 緒言

千葉県における 2012 年のニホンナシの収穫量は約 34,400 t で全国第一位となっている (農林水産省, 2013) . 主な品種は「幸水」と「豊水」であり, 問題となる病害には, 黒星病 (病原菌: *Venturia nashicola*) , 心腐れ症 (病原菌: 主に *Phomopsis fukushii*) , 炭疽病 (病原菌: *Glomerella cingulata*) , 赤星病 (病原菌: *Gymnosporangium asiaticum*) 等があるが, これらのうち, 本県で最も重要な地上部病害はナシ黒星病である (梅本, 1993) . このことから本県の「農作物病害虫雑草防除指針」におけるナシ病害防除体系は黒星病防除を中心に編成されており, 他の病害は黒星病に合わせて防除を行うか, 補足的に当該病害防除のための追加防除を行う (千葉県, 2013a) . また, ナシ樹の黒星病に対する感受性の高い時期は効果の高い薬剤を利用することとなり, この時期には主に本病に対して卓効のあるイミベンコナゾール水和剤 (商品名: マネージ DF) といったステロール脱メチル化阻害剤 (以下, DMI 剤とする) やクレソキシムメチル (商品名: ストロビードライフロアブル) といった Quinone outside inhibitor (以下, QoI 剤とする) が用いられている (千葉県, 2013a) . しかし, これら両系統剤は耐性菌の発生の恐れのある薬剤であることから, 年間の散布回数の上限はそれぞれ 3 回, 2 回が目安となっており, さらにチウラム水和剤 (商品名: チオノックフロアブル) やキャプタン水和剤 (商品名: オーツサイド水和剤 80) といった保護殺菌剤の加用を指導している (梅本ら, 1993 ; 富田ら, 2003) .

しかしながら, 近年, DMI 剤耐性の黒星病菌が国内で確認された (菊原・石井, 2008) . また, QoI 剤の耐性菌は海外でリンゴ黒星病 (*Venturia inaequalis*) において報告されている (Zheng *et al.*, 2000; Sallato *et al.*, 2006) . その他, 国内ではリンゴ炭疽病やナシ炭疽病の耐性菌の発色が報告された (渡邊, 2012 ; 赤平・花岡, 2013) . 一方, 本県の状況は, 2008~2010年及び2012年に病害虫発生予察注意

報が発表される等, 黒星病の多発生年が継続しており (千葉県, 2013b) , 生産現場では, 臨機に両系統の薬剤散布を追加する事例が増加している. 県内でもナシ黒星病の DMI 剤耐性菌に関する報告があるものの (大谷ら, 2006; 梅本ら, 2012) , 現在の耐性菌の有無は未調査であり, 今後, 本県でも耐性菌が発生する恐れがある. このため, ナシ病害防除体系においては, 他系統の薬剤の導入を検討することが必要となっている.

DMI 剤及び QoI 剤とは異なる作用機作を有し, 近年ナシにおいて適用された薬剤として, アニリノピリミジン系剤 (以下, AP 剤とする) , コハク酸脱水素酵素阻害剤 (以下, SDHI 剤とする) がある. AP 剤と有機硫黄剤の混合剤であるシプロジニル・ジラム水和剤 (商品名: ユニックス Z 水和剤) は黒星病に対する防除効果が高いことから, 茨城県では, 5 月頃における使用が検討されている (富田ら, 2011) . 一方, SDHI 剤には QoI 剤との混合剤であるピラクロストロビン・ボスカリド水和剤 (商品名: ナリア WDG) があり, 基幹防除剤として用いられている. また, 単剤としてはペンチオピラド水和剤 (商品名: アフェットフロアブル) が 2009 年にナシ黒星病等に登録され, 流通している. 本剤は収穫前日まで使用できるため, 収穫期間に近い 7 月や 8 月での利用が期待される. いずれの系統の薬剤もこれまでにナシ病害に対して, 薬剤耐性菌の発生の報告は無く, 防除体系への導入が有望と思われた. これらの薬剤を防除体系に効果的に導入するには, 前述の各病害に対する防除効果の有無の情報が必要である. AP 剤は黒星病に, SDHI 剤は黒星病と赤星病に防除効果があることは既に知られているが, その他の病害に対する効果の有無や程度は報告がない.

そこで, これらの系統の幾つかの薬剤について, 黒星病をはじめとする数種病害に対する防除効果を明らかにし, 本県のナシ病害防除体系への導入の適否及び導入時期を考察したので報告する.

## II 材料及び方法

### 1. 供試薬剤

供試薬剤を第 1 表に示した. すなわち, AP 剤及びその混

合剤としてメパニピリム水和剤(商品名:フルピカフロアブル), シプロジニル水和剤(商品名:ユニックス顆粒水和剤47), シプロジニル・ジラム水和剤, SDHI 剤としてペンチオピラド水和剤を用いた。

2. 黒星病及び赤星病に対する防除効果

千葉県農林総合研究センター(千葉市緑区)(以下, センターとする)の露地圃場に2 m×2 mの間隔で植栽された立木仕立ての「長十郎」(2010年当時, 44年生)を供試し, 2010~2013年の各年の4月下旬~6月上旬の期間, 約10日間隔で背負い式動力噴霧器を用いて, 薬液が十分に滴り落ちる程度に600 mL~2 L/樹を散布した。供試薬剤は, 第1表のとおりとし, 対照薬剤はチウラム水和剤, イミノクタジンアルベシル酸塩水和剤とした。また, 2006年にはDMI剤としてテブコナゾール水和剤(商品名:オンリーワンフロアブル), QoI剤としてピリペンカルブ水和剤(商品名:ファンタジスタ顆粒水和剤)を供試した。自然発生条件下で1区2樹3反復(2011年は一部1区1樹3反復)の試験区を設けた。最終散布の6~11日後に黒星病の発病調査を行った。各樹の100~200枚の展開葉を以下の基準により発病指数を調査し, 発病率と発病度を算出した。また, 葉害は随時観察した。

発病指数 0: 発病無し, 1: 病斑数1個 /葉, 3: 病斑数2~3個 /葉, 5: 病斑数4個以上 /葉

$$\text{発病度} = \Sigma (\text{程度別発病葉数} \times \text{指数}) \times 100 / (\text{調査葉数} \times 5)$$

$$\text{防除価} = (1 - (\text{処理区の発病度} / \text{無処理区の発病度})) \times 100$$

また, 2011年及び2012年は, 同試験樹における赤星病の発病調査も併せて行った。対照薬剤は2011年はチウラムとし, 2012年は設けなかった。各樹の100~200枚の展開葉を, 以下の基準により発病指数を調査し, 発病率と発病度を算出した。

発病指数 0: 発病無し, 1: 病斑数1個 /葉, 3: 病斑数2

個 /葉, 5: 病斑数3個以上 /葉

$$\text{発病度} = \Sigma (\text{程度別発病葉数} \times \text{指数}) \times 100 / (\text{調査葉数} \times 5)$$

$$\text{防除価} = (1 - \text{発病度} / \text{無処理区の発病度}) \times 100$$

3. 心腐れ症に対する防除効果

センター内の露地圃場において, 心腐れ症が多発する棚仕立ての「幸水」(約30年生)を供試した。供試薬剤は第1表のとおりとし, 対照薬剤にはチウラム水和剤500倍液を用いた。薬剤散布は2011~2013年の各年の4月中下旬~5月下旬にかけて行い, 約10日間隔で計5回, 背負い式動力噴霧器を用いて, 薬液が十分に滴り落ちる程度に3~4 L/樹の割合で散布した。1樹, あるいは1樹を1/2に区切り1区として2あるいは3反復とした。発病調査は, 各年の8月に収穫適期の果実をそれぞれ収穫し, 25°Cで7日間貯蔵後, 果実を縦方向に切断し行った。果心が褐変し果肉が水浸状に腐敗した果実を発症果として発症果率と防除価を算出した。葉害は随時観察した。

$$\text{発症果率} = (\text{発症果数}) \times 100 / (\text{調査果数})$$

$$\text{防除価} = (1 - \text{発症果率} / \text{無処理区の発症果率}) \times 100$$

4. 炭疽病に対する防除効果

供試樹は「豊水」の1年生苗とし, 第1表に示す各薬剤を供試した。対照薬剤はジチアノン水和剤(商品名:デランフロアブル)1,000倍液とした。薬剤散布は, 2011年及び2012年の5月上旬に背負式動力噴霧器を用いて, 薬液が十分に滴り落ちる程度に500 mL/樹の割合で1回散布した。区制は1区2樹2~3反復とした。薬剤散布の2~7日後に炭疽病菌を接種した。接種源は菌株「Cg-船橋-1」をジャガイモ・ショ糖液体培地200 mL中で25°C, 150 rpmで3日間振とう培養し, 形成されたbud cellを滅菌水で1.0×10<sup>5</sup>個/mLの濃度に調整した。調整した接種源をハンドスプレーで供試樹に滴り落ちる程度を噴霧接種した。接種した供試樹を25°C, 温室条件下で2日間静置後, ビニルハウス内で管理した。5日後にす

第1表 防除効果試験における供試薬剤及び対照薬剤

系統	供試薬剤	有効成分濃度 (%)	防除効果試験			
			黒星病	心腐れ症	赤星病	炭疽病
AP	メパニピリム水和剤	40.0	○		○	○
AP	シプロジニル水和剤	47.0	○	○	○	○
AP+有機硫黄	シプロジニル・ジラム水和剤	12.5・33.5	○	○	○	○
SDHI	ペンチオピラド水和剤	20.0	○	○	○	○
DMI	テブコナゾール水和剤	20.0	○			
QoI	ピリペンカルブ水和剤	40.0	○			
有機硫黄	チウラム水和剤	40.0	対照	対照	対照	対照
有機硫黄	ジチアノン水和剤	40.0				対照
グアニジン系	イミノクタジン					
	アルベシル酸塩水和剤	30.0	対照			

注1) 網掛けしたものは2013年10月現在, 農薬登録のあることを示す。

2) ○は供試したことを示す。

3) 対照は各薬剤に対する防除効果試験における対照薬剤。

すべての展開葉を観察し、以下の基準で発病を調査し、以下の基準により発病葉率、発病度及び防除価を算出した。

発病指数 0：発病無し，1：病斑数1～10個 /葉，3：病斑数11～40個 /葉，5：病斑数41個以上 /葉  
 発病度 =  $\Sigma$  (程度別発病葉数 × 指数) × 100 / (調査葉数 × 5)  
 防除価 = (1 - 発病度 / 無処理区の発病度) × 100

### Ⅲ 結 果

各供試薬剤の試験区の平均発病葉（果）率、平均発病度及び平均防除価を第2～5表に示した。

#### 1. 黒星病に対する防除効果

2006年試験では、対照薬剤としたイミノクタジンアルベシル酸塩水和剤1,500倍液の防除価は69.4であった。DMI剤であるテブコナゾール水和剤4,000倍液の防除価は93.5、QoI剤であるピリペンカルブ3,000倍液の防除価は82.6であった。2010年試験では、対照薬剤としたチウラム水和剤500倍液の防除価は64.6、供試薬剤であるAP剤のメパニピリム水和剤1,000倍液の防除価は91.9であった。2011年試験では、対照薬剤としたチウラム水和剤500倍液の防除価は85.4、イミノクタジンアルベシル酸塩水和剤1,500倍液の防除価は93.8であった。供試薬剤であるメパニピリム水和剤を2,000倍液で供試したところ、防除価は93.0、同じくAP剤であるシプロジニル水和剤2,000倍液の防除価は98.8であった。2012年試験では、対照薬剤としたイミノクタジンアルベシル酸塩水和剤1,500倍液の防除価は89.3、供試薬剤であるAP剤を含む混合剤であるシプロジニル・ジラム水和剤500倍液の防除価は96.7、SDHI剤であるペンチオピラド水和剤2,000倍液の防除価は89.6であった。2013年試験では、対照薬剤としたイミノクタジンアルベシル酸塩水和剤1,500倍液の防除価は79.8、供試薬剤であるAP剤を含む混合剤であるシプロジニル・ジラム水和剤500倍液の防除価は92.2であった（第2表）。各処理区における発病葉率を $\arcsin\sqrt{\quad}$ 変換してTukeyの多重検定を行った結果、いずれも無処理区に比べ有意水準5%で有意差が認められた。以上の結果、いずれの供試薬剤も黒星病に対して高い防除効果が認められた。

#### 2. 赤星病に対する防除効果

赤星病について、2011年試験では、対照薬剤としたチウラム水和剤500倍液の防除価は80.1、供試薬剤であるメパニピリム水和剤2,000倍液の防除価は79.2、シプロジニル水和剤2,000倍液の防除価は48.1であった。2012年試験では、供試薬剤であるシプロジニル・ジラム水和剤500倍液の防除価は78.8、ペンチオピラド水和剤2,000倍液の防除価は79.3であった（第3表）。各処理区にお

ける発病葉率を $\arcsin\sqrt{\quad}$ 変換してTukeyの多重検定を行った結果、いずれの区間においても有意差は認められなかった。防除価から判断した結果、赤星病に対してメパニピリム水和剤は対照薬剤と同等の防除効果がみられた。また、シプロジニル水和剤（単剤）は赤星病に対して効果は認められたが、その程度は低かった。また、いずれの供試SDHI剤も赤星病に対して高い防除効果が認められた。

#### 3. 心腐れ症に対する防除効果

2011年試験では、対照薬剤としたチウラム水和剤500倍液の防除価は41.2、供試薬剤であるシプロジニル水和剤2,000倍液の防除価は24.0であった。2012年試験では、対照薬剤としたチウラム水和剤500倍液の防除価は31.5、供試薬剤であるシプロジニル・ジラム水和剤500倍液の防除価は58.8であった。2013年試験では、対照薬剤としたチウラム水和剤500倍液の防除価は37.7、供試薬剤であるシプロジニル・ジラム水和剤500倍液の防除価は48.0、ペンチオピラド水和剤2,000倍液の防除価は0であった（第4表）。各処理区における発病葉率を $\arcsin\sqrt{\quad}$ 変換してTukeyの多重検定した結果、2011年におけるチウラム水和剤及び2012年におけるシプロジニル・ジラム水和剤は無処理区に比べ有意水準5%で有意差が認められた。防除価から判断して、有機硫黄を含むシプロジニル・ジラム水和剤は高い効果が認められたが、その他の各供試薬剤の防除効果は認められなかった。

#### 4. 炭疽病に対する防除効果

炭疽病について、2011年試験では、対照薬剤としたジチアノン水和剤1,000倍液の防除価は76.9、供試薬剤であるメパニピリム水和剤2,000倍液の防除価は19.8、シプロジニル水和剤2,000倍液の防除価は48.2であった。2012年試験では、対照薬剤としたジチアノン水和剤1,000倍液の防除価は96.6、供試薬剤であるシプロジニル・ジラム水和剤500倍液の防除価は96.1、ペンチオピラド水和剤2,000倍液の防除価は41.0であった（第5表）。各処理区における発病葉率を $\arcsin\sqrt{\quad}$ 変換してTukeyの多重検定した結果、2011年におけるチウラム水和剤、ジチアノン水和剤及び2012年におけるシプロジニル・ジラム水和剤は無処理区に比べ有意水準5%で有意差が認められた。防除価から判断して、有機硫黄を含むシプロジニル・ジラム水和剤は高い効果が認められたが、その他の各供試薬剤の防除効果は低いかあるいは認められなかった。

### Ⅳ 考 察

#### 1. ナシ病害防除における耐性菌の状況

緒言で述べたとおり、本県のカシ病害防除体系はDMI剤とQoI剤に依存したものとなっているが、近年では耐性

第2表 ナシ黒星病に対する各供試薬剤の防除効果

試験区	濃度 (mg/L)	反復	2006年			2010年			2011年			2012年			2013年		
			発病葉率 (%)	発病度	防除価	発病葉率 (%)	発病度	防除価	発病葉率 (%)	発病度	防除価	発病葉率 (%)	発病度	防除価	発病葉率 (%)	発病度	防除価
AP剤及びその混合剤		I															
	400	II				8.1	1.6										
		III				1.6	0.3										
		平均				10.7	2.8										
	200	I				6.8 b	1.6	91.9									
		II							4.7	1.2							
		III							3.6	0.7							
		平均							2.1	0.4							
	240	I							3.5 bc	0.8 *	93.0 *						
		II							1.4	0.3							
		III							0.6	0.1							
		平均							0.0	0.0							
	250・670	I							0.7 c	0.1 *	98.8 *						
		II										1.4	0.3			1.8	
		III										9.4	2.0			3.7	
		平均										2.0	0.4			6.9	
SDHI剤		I										4.2 b	0.9	96.7		5.8 c	
	100	II										7.4	2.1			7.0	
		III										11.0	2.3			3.7	
		平均										15.7	4.0			6.9	
ベンチオピラト水和剤		I										11.4 b	2.8	89.6		1.6	
DMI剤		I	6.5	1.5													
	50	II	6.8	2.0													
		III	10.3	3.3													
		平均	7.9 c	2.2	93.5												
QoI剤		I	17.1	5.2													
	133	II	13.8	4.0													
		III	27.5	8.8													
		平均	19.5 b	6.0	82.6												
対照薬剤		I				25.0	11.3		9.6	2.3							
	800	II				11.9	3.4		5.9	1.2							
		III				14.4	6.2		5.6	1.4							
		平均				17.1 b	6.9	64.6	7.0 b	1.6 *	85.4 *						
	200	I	26.2	7.6					4.1	0.8		11.4	2.8			3.5	
		II	29.7	4.0					3.0	0.6		4.6	1.1			2.4	
		III	34.9	8.8					3.3	0.7		14.5	4.7			6.4	
		平均	30.3 b	6.0	69.4				3.5 bc	0.7	93.8	10.2 b	2.9	89.3	13.4 b	4.1	
		I	80.6	42.0		50.2	27.0		24.4	8.4		62.5	33.4			21.8	
		II	66.3	34.5		44.7	19.4		44.2	15.9		50.6	24.3			22.5	
		III	69.3	26.3		34.9	12.4		28.0	9.2		48.6	22.6			16.4	
		平均	72.1 a	34.2		43.3 a	19.6		32.2 a	11.2		53.9 a	26.8			20.2	

注1) 縦列同一小文字に付した数値間には、Tukeyの多重検定結果 (p=5%) による有意差がないことを示す。統計処理はarcsin√%変換数値に関して行った。

2) \*を付したものは1区1樹3反復、その他は1区2樹3反復。

3) -は試験せず。

第3表 ナシ赤星病に対する各供試薬剤の防除効果

試験区	濃度 (mg/L)	反復	2011年		2012年	
			発病率 (%)	防除価	発病率 (%)	防除価
AP剤及びその混合剤 メパニピリム水和剤	200	I	1.1	0.2		
		II	0.0	0.0		
		III	15.4	3.4		—
		平均	5.5 a	1.2 *	79.2 *	
シプロジニル水和剤	240	I	13.2	3.9		
		II	11.4	2.6		—
		III	9.8	2.6		
		平均	11.5 a	3.0 *	48.1 *	
シプロジニル ・ジラム水和剤	250・670	I			8.4	2.0
		II			0.0	0.0
		III			7.1	2.2
		平均			5.2 a	1.4
SDHI剤 ペンチオピラド水和剤	100	I			1.2	0.2
		II			10.6	3.1
		III			3.2	0.8
		平均			5.0 a	1.4
対照薬剤 チウラム水和剤	800	I	6.1	1.5		
		II	0.0	0.0		
		III	6.9	2.0		—
		平均	4.4 a	1.2 *	80.1 *	
無処理		I	14.5	4.3	24.4	10.2
		II	23.0	7.3	20.6	7.4
		III	17.4	5.8	9.7	2.5
		平均	18.3 a	5.8	18.2 a	6.7

注1) 縦列同一小文字に付した数値間には、Tukeyの多重検定結果 (p=5%) による有意差がないことを示す。統計処理は $\arcsin\sqrt{\%}$ 変換数値に関して行った。

2) \*を付したものは1区1樹3反復、その他は1区2樹3反復。

3) —は試験せず。

第4表 ナシ心腐れ症に対する各供試薬剤の防除効果

試験区	濃度 (mg/L)	反復	2011年		2012年		2013年	
			発症果率 (%)	防除価	発症果率 (%)	防除価	発症果率 (%)	防除価
AP剤及びその混合剤 シプロジニル水和剤	240	I	39.2					
		II	46.4					—
		平均	42.8 ab	24.0				
						12.8		24.0
シプロジニル・ ジラム水和剤	250・670	I			13.5		8.7	
		II	—		24.7		29.4	
		III			17.0 b	58.8	20.7 a	48.0
		平均						
SDHI剤 ペンチオピラド水和剤	100	I					39.6	
		II					37.5	
		III					50.9	
		平均					42.7 a	0
対照薬剤 チウラム水和剤	800	I	30.9		30.4		25.8	
		II	31.6		26.3		26.3	
		III	36.9		27.8		22.4	
		平均	33.1 b	41.2	28.2 ab	31.5	24.8 a	37.7
無処理		I	58.8		50.0		53.4	
		II	62.9		36.7		34.2	
		III	47.2		36.8		31.9	
		平均	56.3 a		41.1 a		39.8 a	

注1) 縦列同一小文字に付した数値間には、Tukeyの多重検定結果 (p=5%) による有意差がないことを示す。統計処理は $\arcsin\sqrt{\%}$ 変換数値に関して行った。

2) —は試験せず。

3) 防除価が負の値の場合は、0とした。

菌の発生について国内外で報告がある (菊原・石井, 2008; 渡邊, 2012)。農薬登録における薬剤の使用回数は残留の観点から設定されるものであり、耐性菌の発生のリスクに配慮したものではない。防除の実施者である生産者からみて、散布農薬についての薬剤系統の情報や耐性菌発生の状況に関する情報は不足している。このような背景

から殺菌剤耐性菌研究会では、「薬剤使用ガイドライン」を作成し、このような情報を公表している (石井, 2012)。このガイドラインでは、ナシ黒星病菌及び炭疽病菌を耐性菌発生リスクが「高い」に、また、DMI剤を耐性菌発生リスクが「中」、QoI剤は「高い」に分類している (石井, 2012)。また冒頭で述べたとおり、近年の本県における

第5表 ナシ炭疽病に対する各供試薬剤の防除効果

試験区	濃度 (mg/L)	反復	2011年			2012年		
			発病葉率 (%)	発病度	防除価	発病葉率 (%)	発病度	防除価
AP剤及びその混合剤		I	100	74.5				
メパニピリム水和剤	200	II	100	56.7				—
		III	100	48.3				
		平均	100 a	59.8	19.8			
シプロジニル水和剤	240	I	93.1	42.1				
		II	88.0	44.8				—
		III	75.9	29.0				
		平均	85.7 b	38.6	48.2			
シプロジニル・ ジラム水和剤	250・670	I				15.4	3.1	
		II		—		6.7	1.3	
		平均				11.0 b	2.2	96.1
SDHI剤		I				86.7	30.7	
ペンチオピラド水和剤	100	II		—		91.4	36.6	
		平均				89.0 a	33.6	41.0
		対照薬剤	I	54.8	12.3		6.5	1.3
ジチアノン水和剤	400	II	68.0	20.0		12.8	2.6	
		III	46.9	19.4				
		平均	56.6 c	17.2	76.9	9.6 b	1.9	96.6
無処理		I	100	63.1		96.2	57.7	
		II	100	80.7		93.8	56.3	
		III	100	80.0				
		平均	100 a	74.6		95.0 a	57.0	

注1) 縦列同一小文字に付した数値間には、Tukeyの多重検定結果 (p=5%) による有意差がないことを示す。統計処理は $\arcsin\sqrt{\%}$ 変換数値に関して行った。

2) —は試験せず。

黒星病の多発生が続いている。耐性菌率が低くても、菌密度が高い状態であることで、薬剤の防除効果の低下や耐性菌の発生を助長する可能性が述べられていることから(田代ら, 2008), 本県における耐性菌の発生のリスクは高い状況にあることが推定される。

この中で、耐性菌の発生を抑制するためには、当該剤の使用を最小限度に止めるとともに、他系統の薬剤との混用あるいはローテーション散布が有効である(石井, 2012)。他系統の薬剤としてAP剤とSDHI剤はナシ黒星病に登録があり、生産現場で使用可能であることから、これらの系統の薬剤は有望と判断した。

これらの系統の薬剤はナシ栽培では耐性菌の報告がないが、AP剤では既に灰色かび病菌 (*Botrytis cinerea*) で鈴木ら(2011)が、また、SDHI剤についてはキュウリ褐斑病において耐性菌の報告があるなど(牛尾・竹内, 2009)、生産現場に流通してから耐性菌の発生までの時間が短かった。前述の薬剤耐性菌研究会ではAP剤を「中」、SDHI剤を「中～高い」と設定しており(石井, 2012)、DMI剤やQoI剤と同様に警戒が必要である。

## 2. AP剤及びSDHI剤の防除効果及び防除体系における利用

本試験では、各処理区における発病葉(果)率を統計処理したところ、黒星病や炭疽病のような無処理区における発病が多く、かつ薬剤の効果の現れやすい病害では薬剤の効果有意であると判定できた。一方、赤星病のように発

病が少ない上に反復間差が大きい場合や、心腐れ症のように対照薬剤でも防除薬剤の効果の現れにくいような場合は、発病葉(果)率が無処理区と比べ有意でないものも多かった。ここでは、このような場合でも防除価が高いものについては、統計的な有意差はみられなかったが防除効果があると判断した。

まず、黒星病については、AP剤であるメパニピリム水和剤及びシプロジニル水和剤は対照薬剤イミノクタジンアルベシル酸塩水和剤と同等あるいは高い防除効果がみられ、AP剤と有機硫黄剤の混合剤であるシプロジニル・ジラム水和剤は黒星病の他、赤星病、心腐れ症、炭疽病のいずれの病害にも防除効果が認められた(第2～5表)。直接防除効果の比較はしていないが、これらの薬剤は黒星病に対してDMI剤やQoI剤と同等の実用効果が期待できると判断した。しかしながら、シプロジニル水和剤(単剤)は赤星病に対して防除効果は認められるものの実用性は低く、心腐れ症や炭疽病に対しても防除効果は認められなかったことから、これらの病害に対するシプロジニル・ジラム水和剤の高い防除効果はジラム剤によるものと考えられる。

AP剤を基幹防除剤に採用する場合は、DMI剤やQoI剤と同様に耐性菌の発生を抑制あるいは遅延させる必要がある。そのためには、メパニピリム水和剤やシプロジニル水和剤に対してチウラム水和剤やキャプタン水和剤(商品名:オーソサイド水和剤80)等の保護殺菌剤を加用するこ

とが想定される。しかし、加用した場合の葉害等の影響は検討されていないので、当面、混合剤であるシプロジニル・ジラム水和剤を用いることが妥当である。シプロジニル・ジラム水和剤を用いた場合、黒星病に対する防除効果がイミノクタジンアルベシル酸塩水和剤以上にあるばかりか、心腐れ症に対する防除効果がチウラム水和剤以上に期待できるという利点がある。加えて、本研究において2年間4月～5月に使用したが葉害は認められていない。よって、千葉県では、4月～5月上旬は黒星病及び心腐れ症の重要防除時期であり、主にDMI剤とチウラム水和剤を中心とした防除体系を採用し（金子・牛尾，2011，2013），DMI剤の効果が実用上問題ない場合は、現在の防除体系を採用し、ジプロジニル・ジラム剤は5月中旬に臨機防除剤として用いることを推奨するとした（千葉県，印刷中）。今後、本剤を基幹防除剤に組み入れた防除体系に変更するためには、この時期における利用実績を蓄積する必要がある。

次に、本研究においてSDHI剤であるペンチオピラド水和剤は、黒星病及び赤星病に対して防除効果が高いことを明らかにした。一方で、心腐れ症及び炭疽病に対する実用性がないことも明らかにした。ナシ栽培で収穫前日まで使用できる殺菌剤は比較的少ないので、本剤は収穫期の防除剤として利用できるのは利点である。しかし、本剤は生育後期に多発する炭疽病に対して効果がないという弱みがある。さらに、本県では同系統の薬剤であるボスカリドを含むピラクロストロビン・ボスカリド水和剤が、7月中旬に黒星病及び炭疽病を対象にして基幹防除剤として使用されている（千葉県，2013a）。したがって、ナシ黒星病においてペンチオピラド剤の耐性菌が出現し、ボスカリド剤と交差耐性を示した場合、ピラクロストロビン・ボスカリド水和剤の使用を制限する必要が生じ、このことで、黒星病及び炭疽病の防除体系を大きく変更する必要がある。SDHI剤耐性については、トマト葉かび病菌の研究例があり（渡辺ら，2013），ボスカリド剤耐性菌に対してペンチオピラド剤の効果が認められた菌株と、交差耐性を示したとする菌株の両方が存在した。したがって、ペンチオピラド水和剤は追加散布が必要になった場合の臨機防除剤として推奨したい。また、本剤は赤星病に対して高い防除効果が認められたので、今後、DMI剤に耐性のある黒星病菌あるいは赤星病菌が発生した場合には、開花期～幼果期の防除剤として利用できる。

千葉県におけるナシの薬剤耐性菌の研究は、DMI剤に対する黒星病の耐性菌について大谷ら（2006）が培地上で評価した事例がある。石井ら（2008）はナシ黒星病菌のDMI剤感受性試験は培地上での結果と生物検定の結果が異なる場合があり、最終的には生物検定が必要であると指摘している。したがって、大谷ら（2006）の報告は時間

的に経過していることもあり、現在では参考程度とするのが妥当である。また、梅本ら（2012）は2圃場の黒星病罹病葉から採集した2菌群を用いたDMI剤の防除試験を行っているが、やはり断片的な情報に止まっている。一方、QoI剤に対する耐性菌のモニタリングは本県ではまったく行われていない。

耐性菌の発生の報告は生産現場にとって経済的にきわめて有用な情報となるが、その後の全県的な耐性発生状況のモニタリング、当該薬剤の使用の可否の判断、代替の防除体系等の情報が求められる。この中で、各種病害に対する耐性菌の県内全域にわたる定期的なモニタリングが必要となるが、簡便な方法を探索することが今後の課題である。また、あらかじめ他系統の剤を探索し導入することは、耐性菌の発生を遅らせるとともに、万一発生した際の対応策として重要である。そこで、本研究では、ナシ病害のDMI剤、QoI剤の耐性菌が発生しつつある背景から、AP剤、SDHI剤といった新規の治療剤の防除効果を明らかにした。

治療剤の多用は更なる耐性菌の発生、防除コストの上昇、マイナー病害の顕在化に繋がる恐れがある（日本植物防疫協会，1982）。今後、本県におけるナシ病害防除体系の中でDMI剤、QoI剤、AP剤及びSDHI剤の4系統の治療剤を偏りのないように使用して、耐性菌の発生を可能な限り遅らせることが重要である。今後、生産圃場におけるこれらの薬剤の定期的なモニタリングを行うとともに、耐性菌の生じにくい保護殺菌剤を主とした防除体系の構築に向けた研究を実施したい。

## V 摘 要

ナシの数種病害に対してアニリノピリミジン系剤（AP剤）及びコハク酸脱水素酵素阻害剤（SDHI剤）の防除効果を調査した。AP剤であるシプロジニル水和剤は黒星病に効果が高かったが、赤星病、心腐れ症、炭疽病には効果が低いか認められなかった。一方、有機硫黄剤との混合剤であるシプロジニル・ジラム水和剤は黒星病の他、各種病害に対する防除効果が高く、葉害は認められなかった。

SDHI剤であるペンチオピラド水和剤は黒星病、赤星病に対して防除効果が高かったが、炭疽病に対して防除効果はほとんど認められなかった。

## VI 引用文献

赤平知也・花岡朋絵（2013）青森県におけるストロビルリン系薬剤耐性リンゴ炭疽病菌の発生。日植病報。79：197-198。講要

- 千葉県 (2013a) 平成25年度農作物病害虫雑草防除指針. 124-128.
- 千葉県 (2013b) 病害虫発生予察注意報第1号 (2013年6月12日付) .
- 千葉県 (印刷中) 平成26年度農作物病害虫雑草防除指針.
- 石井英夫 (2012) QoI剤およびSDHI剤耐性菌の現状と薬剤使用ガイドライン. 植物防疫. 66 : 481-487.
- 石井英夫・西村久美子・井手洋一・菊原賢次・加藤寛・埋橋志穂美 (2008) DMI剤耐性ナシ黒星病菌の佐賀県及び福岡県からの検出と耐性菌の現状. 日植病報. 74 : 271. 講要
- 金子洋平・牛尾進吾 (2011) 千葉県における開花期および幼果期におけるナシ黒星病の薬剤防除. 関東病虫研報. 54 : 63-66.
- 金子洋平・牛尾進吾 (2013) ニホンナシ人工受粉期間中におけるチウラム散布が花粉発芽と着果率に及ぼす影響. 千葉農林総研研報. 5 : 47-51.
- 菊原賢次・石井英夫 (2008) 福岡県におけるフェナリモル耐性ナシ黒星病菌の発生. 九州病虫研究会報. 54 : 24-29.
- 日本植物防疫協会 (1982) 植物防疫講座-農薬・行政編-. 259pp. 日本植物防疫協会. 東京.
- 農林水産省大臣官房統計部 (2013) 平成24年度産日本なし, ぶどうの結果樹面積, 収穫量及び出荷量. 農林水産統計. 6.
- 大谷徹・塩田あづさ・平野堅一 (2006) 千葉県内で採集したナシ黒星病菌のDMI剤に対する感受性. 千葉農総研研報. 5 : 105-108.
- Sallato, B.V., Latorre, B.A. and Aylwin G. (2006) First report of practical resistance to QoI fungicides in *Venturia inaequalis* (Apple scab) in Chile. *Plant Dis.* 90 : 375.
- 鈴木啓史・黒田克利・貴田健一・松澤章彦・高垣真喜一 (2011) メパニピリム耐性灰色かび病菌の発生. 日植病報. 77 : 1-6.
- 田代暢哉・井手洋一・井下美加乃 (2008) 収穫期のベンゾイミダゾール系薬剤散布前のハウスミカン園および極早生温州ミカン園における同系薬剤耐性緑かび病菌の検出状況と同系薬剤による防除効果の低下. 日植病報. 74 : 89-96.
- 富田恭範・小河原孝司・長塚久 (2003) ナシ黒星病に対するDMI剤の防除効果. 植物防疫. 50 : 75-77.
- 富田恭範・小河原孝司・宮本拓也 (2011) 茨城県におけるナシ黒星病に対する薬剤防除. 植物防疫. 65 : 131-133.
- 梅本清作 (1993) ニホンナシ黒星病の発生生態と防除に関する研究. 千葉農試特報. 22 : 59-66.
- 梅本清作・金子洋平・亀田啓二・山本愛子・鈴木純也・福田寛・池辺憲彦 (2012) ナシ黒星病防除における脱メチル化阻害 (DMI) 剤の防除効果並びに残効期間. 関東病虫研報. 59 : 115-118.
- 牛尾進吾・竹内妙子 (2009) 千葉県におけるキュウリ褐斑病菌のボスカリド剤に対する感受性. 千葉農林総研研報. 1 : 47-50.
- 渡邊久能 (2012) 大分県の落葉果樹における殺菌剤耐性菌の現状について. 日本植物病理学会第22回殺菌剤耐性菌研究会シンポジウム講演要旨. 1-10.
- 渡辺秀樹・足立昌俊・堀之内勇人・清水薫・桑原圭司 (2013) トマト葉かび病菌におけるSDHI剤耐性菌の発生. 日植病報. 79 : 199. 講要
- Zheng, D., Olaya, G., and Koller W. (2000) Characterization of laboratory mutants of *Venturia inaequalis* resistant to the strobilulin-related fungicide kresoxim-methyl. *Curr. Genet.* 38 : 148-155.



## Effects of Anilinopyrimidine Fungicides and Succinate Dehydrogenase Inhibitor Fungicides on Several Japanese Pear Diseases

Youhei KANEKO and Shingo USHIO

Key words : anilinopyrimidine, Japanese pear, succinate dehydrogenase inhibitor

### Summary

We investigated the effects of anilinopyrimidine fungicides and succinate dehydrogenase inhibitor (SDHI) fungicides on several Japanese pear diseases. Cyprodinil provided highly effective control against scab, but less—or ineffective—control against rust, fruit core rot, and anthracnose. Cyprodinil+ziram (an admixture of anilinopyrimidine and organic sulfur) gave highly effective control on leaves against these diseases, without fungicide-induced side effects. Penthiopyrad, an SDHI, provided highly effective control against scab and rust, but not against anthracnose.

