

QoI 剤に依存しないナシ炭疽病の防除薬剤の選抜及び その他の数種病害に対する防除効果の確認

金子洋平

キーワード：ナシ炭疽病, QoI剤, 耐性菌, フルジオキシニル

I 緒 言

千葉県における2014年のニホンナシの収穫量は約33,500 tで全国第一位となっており、主な品種は「幸水」、「豊水」及び「新高」である。最も重要な地上部病害はナシ黒星病(病原菌: *Venturia nashicola*)で(梅本, 1993)、本県における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っている(千葉県, 2015)。このような防除体系の中で防除対象となっている病害の一つに、ナシ炭疽病(病原菌: *Glomerella cingulata*)がある。本病は主に「豊水」、「新高」に発生が多く、6月～落葉期にかけて葉に斑点が生じ、病勢が進展すると黄変落葉し、激しい場合は収穫前でも早期落葉に至る。本病の多発生要因の一つとしては高温や多雨条件が考えられるが、佐賀県では黒星病に偏った薬剤防除を行ったことが要因の一つとする報告もあり(田代・井手, 2003)、黒星病だけでなく炭疽病に対する防除も考慮する必要もある。実際に、本県では2006年に本病が多発生して早期落葉が起こり、防除薬剤の選定が課題となった。

本病の多発生を受けて、千葉県では発生生態の解明や防除薬剤の探索を行い(金子ら, 2010a; 金子ら, 2010b)、防除薬剤の登録取得を進めてきた。その結果、2015年時点ではナシ炭疽病の防除薬剤としてQuinone outside inhibitor(以下、QoI剤とする)、ジチアノン、チウラム、キャプタ

ン等が本県の病虫害雑草防除指針に記載されている(千葉県, 2015)。これらのうち、チウラムやジチアノンといった有機硫黄剤は、登録されている使用時期がそれぞれ収穫30日前、60日前と長く、本病の重要防除時期である6月～収穫期に用いることができない場合が多い。同様に有機銅剤やキャプタン剤は果実に対する汚れが問題となるため、この時期には用いられていない。一方、QoI剤は本病に対する防除効果が高く、耐雨性も高く、収穫前日まで使用できることから、生産現場ではこの時期において基幹的にも臨時的にも用いられる。その他、黒星病に対して高い防除効果を有するステロール脱メチル化阻害剤(以下、DMI剤とする)やイミノクタジン系剤、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)は本病に対する防除効果が低い(井手・田代, 2004; 金子・牛尾, 2014)ため、6月下旬以降の本病の防除はQoI剤に依存した形となっている。

しかし、QoI 剤はこれまでにイチゴ炭疽病やリンゴ炭疽病で耐性菌の発生が報告され(赤平・花岡, 2013; 稲田ら, 2008)、FRAC による耐性菌リスクも「高」に設定されている等から、本系統薬剤に過度に依存する防除体系は望ましくなく(石井, 2012)、実際に QoI 剤耐性のナシ炭疽病菌の発生が報告された(渡邊, 2013; 野口, 2015)。将来、本県を含め全国的にこのような QoI 耐性のナシ炭疽病菌の発生が危惧されることから、代替となる殺菌剤を早急に探索し、QoI 剤に過度に依存しない防除体系を構築することが強く求められている。代替剤に必要な性質としては、炭疽病に

第1表 候補薬剤の選抜試験における供試薬剤及び対照薬剤

供試薬剤	濃度	商品名	備考
トルフェンピラド	15.0%	ハチハチフロアブル	ナシ殺虫剤 収穫14日前
ジエトフェンカルブ ・チオファネートメチル	12.5・52.5%	ゲッター水和剤	イチゴ炭疽病 収穫21日前 ナシ未登録
イミノクタジン酢酸塩 ・ポリオキシ複合体	5.0・15.0%	ポリベリン水和剤	ナシ黒星病 収穫14日前
フルジオキシニル	20.0%	セイビアーフロアブル20	イチゴ炭疽病 収穫前日 ナシ未登録
フルオルイミド	75.0%	ストライド顆粒水和剤	カキ炭疽病 収穫14日前 ナシ未登録
キノキサリン系	25.0%	モレストン水和剤	イチゴうどんこ病 収穫前日 ナシ未登録
イブロジオン	50.0%	ロブラール水和剤	ナシ黒斑病 収穫14日前
ホセチル	80.0%	アリエッティ水和剤	ナシ疫病 収穫14日前
フェンピラザミン	50.0%	ピクシオDF	イチゴ灰色かび病 収穫前日 ナシ未登録
ピリオフェノン	30.0%	プロパティフロアブル	イチゴうどんこ病 収穫前日 ナシ未登録
(対照) ジチアノン	40.0%	デランフロアブル	ナシ炭疽病 収穫60日前

受理日 2015年7月14日

対する防除効果があること、使用時期の収穫前日数が短く、薬害や果実の汚れが実用上問題無いこと等が求められる。さらに、黒星病をはじめとする他病害に対する防除効果を有することや耐性菌発現のリスクが低いこと等が好ましい。そこで、本報告では、代替剤候補となる殺菌剤の探索を目的として、薬剤の農薬登録の内容に関わらず、概ね10種の薬剤を対象に防除効果を検討した。また、選抜した薬剤については、年間を通じた防除体系を構築する上で必要な情報となることから、黒星病及び心腐れ症に対する防除効果も併せて調査したところ、一定の成果が得られたので報告する。

II 材料及び方法

1. QoI 剤代替剤の探索

(1) 候補薬剤の選抜 (防除効果, 薬害)

2010年及び2013~2015年の5月にナン炭疽病に対する防除効果の有無を小規模な試験で評価し、候補薬剤を選抜した。供試樹は30L容のポットで育成した「豊水」の1あるいは2年生樹とし、第1表に示す各供試薬剤を葉から滴る程度に十分量散布した。対照薬剤は本病に農薬登録があるジチアノン水和剤1,000倍液とした。区制は2010年のみ1区2樹3反復、

その他の試験年は1区1樹 3反復とした。接種源は菌株「Cg-船橋-1」をジャガイモ・ショ糖液体培地200ml中で25℃、150rpmで3日間振とう培養し、形成されたbud cellを滅菌水で 1.0×10^5 個/mlの濃度に調整したものをを用いた。薬剤散布の2~7日後、接種源をハンドスプレーで供試樹に滴る程度に十分量を噴霧接種し、25℃、温室条件下で2日間静置後、ビニルハウスに移し管理した。5日後に全展開葉を観察し、以下の基準で発病指数を調査し、次式により発病度を算出した。

$$\begin{aligned} & \text{発病指数 } 0: \text{発病無し}, 1: \text{病斑数}1 \sim 10 \text{個/葉} \\ & 3: \text{病斑数}11 \sim 40 \text{個/葉}, 5: \text{病斑数}41 \text{個以上/葉} \\ & \text{発病度} = \sum (\text{程度別発病葉数} \times \text{指数}) \times 100 / (\text{調査葉数} \times 5) \\ & \text{防除価} = (1 - \text{発病度} / \text{無処理区の発病度}) \times 100 \end{aligned}$$

(2) 選抜薬剤の炭疽病に対する防除効果試験

(1)の候補薬剤の選抜において防除効果が高く、かつ薬害がみられないと判断した薬剤について、2014年、2015年に炭疽病に対する防除効果を再確認するとともにその程度を把握するため、継続試験と希釈倍率を変えた試験を行った。供試薬剤の散布、病原菌の接種及び発病調査は(1)と同様に行った。供試薬剤の希釈倍率は2014年が1,000倍、2015年が2,000倍とし、区制は1区2樹3反復とした。

第2表 各供試薬剤の炭疽病に対する防除効果

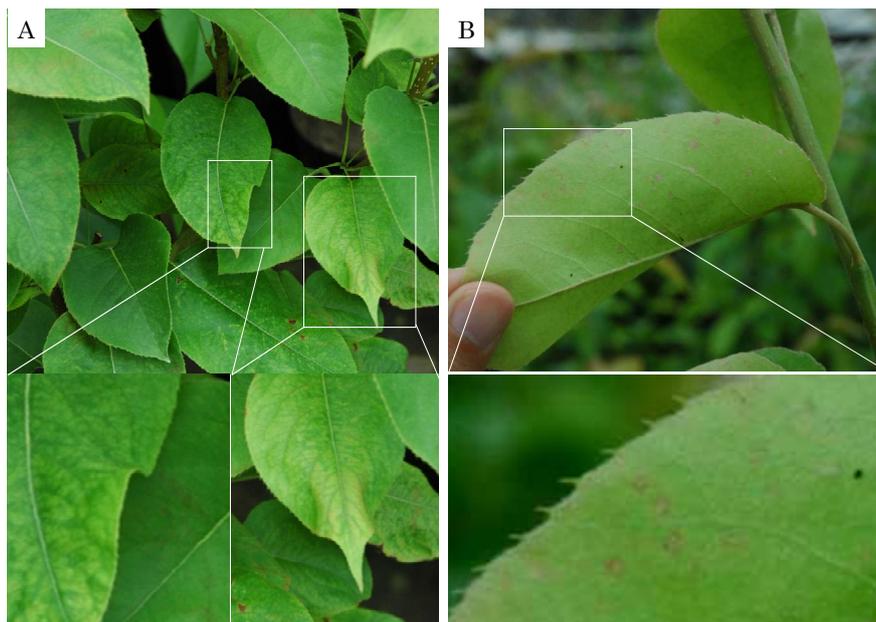
供試薬剤	希釈倍数	2010年		2013年		2014年		2015年		薬害
		発病度	防除価	発病度	防除価	発病度	防除価	発病度	防除価	
イブロジオン水和剤	1,000	-	-	8.1	38.3	-	-	-	-	-
ホセチル水和剤	1,000	-	-	13.4	-1.8	-	-	-	-	-
ジェトフェンカルブ ・チオファネートメチル水和剤	1,000	-	-	-	-	60.3	-16.0	-	-	-
イミノクタジン酢酸塩 ・ポリオキシシン水和剤	1,500	-	-	-	-	12.7	75.5	-	-	-
フルジオキシニル水和剤	1,000	-	-	0.9	93.3	0	100	-	-	-
フルオルイミド水和剤	1,500	-	-	-	-	0	100	-	-	++
キノキサリン系水和剤	3,000	-	-	-	-	42.5	18.3	-	-	+
トルフェンピラド水和剤	2,000	46.6	18.2	-	-	-	-	-	-	-
ピリオフェノン水和剤	3,000	-	-	-	-	-	-	17.0	13.3	-
フェンピラザミン水和剤	2,000	-	-	-	-	-	-	23.1	-17.7	-
ジチアノン水和剤	1,000	7.7	86.5	2.3	82.7	3.6	93.1	1.2	93.7	-
無処理		57.0		13.1		52.0		19.6		

注) 試験規模は、2010年のみ1区2樹3反復、その他の年はいずれも1区1樹3反復

第3表 フルジオキシニル水和剤の炭疽病に対する防除効果

供試薬剤	希釈倍数	反復	2014年				2015年			
			調査葉数	発病葉率 (%)	発病度	防除価	調査葉数	発病葉率 (%)	発病度	防除価
フルジオキシニル水和剤	1,000及び 2,000 ^{注)}	I	80	0	0		56	10.7	2.1	
		II	67	4.5	0.9		64	7.8	1.6	
		III	76	6.6	1.3		59	10.2	2.0	
		平均		3.7	0.7	98.8		9.6	1.9	96.9
ジチアノン水和剤	1,000	I	74	27.0	5.4		61	6.6	1.3	
		II	63	23.8	4.8		65	4.6	0.9	
		III	71	23.9	4.8		63	11.1	2.2	
		平均		24.9	5.0	91.8		7.4	1.5	97.6
無処理		I	62	100	56.1		61	100	64.6	
		II	80	95.0	64.0		48	95.8	45.8	
		III	56	100	62.1		42	95.2	47.6	
		平均		98.3	60.8			97.0	52.7	

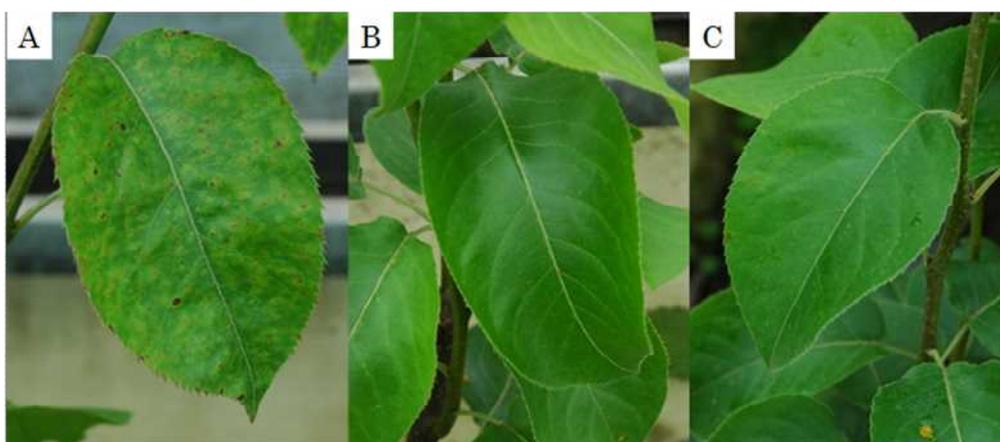
注) 2014年は1,000倍、2015年は2,000倍で試験した。



第1図 葉害の様子

A：フルオルイミド水和剤による「幸水」葉の葉害の様子（葉の波打ち及び退緑）

B：キノキサリン水和剤による「幸水」葉の葉害の様子（葉の斑点）



第2図 炭疽病防除効果試験の様子

A：無処理区，B：フルジオキシニル区，C：ジチアノン区

2. 選抜薬剤の数種ナシ病害に対する防除効果

炭疽病に対して有望として選抜された薬剤について、黒星病及び心腐れ症に対する防除効果及び葉害の有無を調査した。

(1) 黒星病に対する防除効果

2014～2015年に千葉県農林総合研究センター（千葉市緑区）の露地圃場に2m×2mの間隔で植栽された立木仕立ての「長十郎」（2014年当時、48年生）を供試し、黒星病の自然発生条件下で試験を行った。各調査年の4月下旬～6月上旬に、約10日間隔で5回、2014年は1,000倍、2015年は2,000倍に希釈した薬剤を葉から滴る程度に十分量を背負い式動力噴霧器で散布した。1樹当たりの散布量は600～2,000mlであった。対照薬剤はイミノクタジンアルベシル酸塩水和剤

1,500倍液とした。試験規模は1区2樹3反復とした。最終散布の6～11日後に黒星病の発病調査を行った。各樹の展開葉100～200枚程度を以下の基準により発病指数を調査し、発病葉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

発病度＝ Σ （程度別発病葉数×指数）×100/（調査葉数×5）

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

(2) 心腐れ症に対する防除効果

2014～2015年に千葉県農林総合研究センター内の露地圃場の棚仕立ての「幸水」（2～4本主枝、約30年生）を供試し、心腐れ症の自然発生条件下で行った。薬剤散布は4月中

旬～5月下旬にかけて約10日間隔で計5回行い、2014年は1,000倍、2015年は2,000倍に希釈した供試薬剤を背負い式動力噴霧器を用いて、3～4 L/区散布した。対照薬剤にはチウラム水和剤500倍液を用いた。試験規模は1区1/2～1樹とし、2あるいは3反復とした。各年の8月に適期に収穫して25℃で7日間貯蔵した果実を縦方向に切断し、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、以下の式により発症果率と防除価を算出した。果実汚れ及び薬害は随時確認した。

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

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

III 結 果

1. QoI剤代替剤の探索

(1) 候補薬剤の選抜 (防除効果, 薬害)

無処理区における炭疽病の発病度は2010、2013～2015年について、それぞれ57.0、13.1、52.0、19.6であり、年次間差が大きかった。対照薬剤であるジチアノン水和剤の防除価はそれぞれ86.5、82.7、93.1、93.7であり、実施年に関わらず高い防除効果がみられた。一方、各供試薬剤の防除価は、イプロジオン水和剤では38.3、ホセチル水和剤は0、

ジエトフェンカルブ・チオファネートメチル水和剤は0、イミノクタジン酢酸塩・ポリオキシソニル水和剤は75.5、フルジオキシソニル水和剤は93.3、100、フルオルイミド水和剤は100、キノキサリン水和剤は18.3、トルフェンピラド水和剤は18.2、ピリオフェノン水和剤は13.3、フェンピラザミン水和剤は0であった。フルオルイミド水和剤処理区及びキノキサリン水和剤処理区では、薬害による斑点が葉にみられたが(第1図)、その他の薬剤ではみられなかった。

(2) 選抜薬剤の炭疽病に対する防除効果試験

フルジオキシソニル水和剤について、継続試験と希釈倍率を変えた試験を行ったところ、両試験年における対照薬剤の防除価は91.8及び97.6であり、高い防除効果が認められた。一方、フルジオキシソニル水和剤の1,000倍液の防除価は98.8であり、また、2,000倍液では、96.9と対照薬剤と同等の防除効果が認められた(第3表)。フルジオキシソニル水和剤はいずれの希釈倍数においても供試品種である「豊水」に対し薬害はみられなかった。

2. 選抜薬剤の数種ナシ病害に対する防除効果

(1) 黒星病に対する防除効果

2014年試験では、フルジオキシソニル水和剤1,000倍液の黒星病に対する防除価は97.3であり、対照薬剤であるイミノクタジナルベシル酸塩1,500倍液の防除価94.5と比べ

第4表 フルジオキシソニル水和剤の黒星病に対する防除効果^{注1)}

供試薬剤	希釈 倍数	反復	2014年				2015年				薬害
			調査 果数	発症 果率 (%)	発病度	防除価	調査 果数	発症 果率 (%)	発病度	防除価	
フルジオキシソニル水和剤	1,000及び 2,000 ²⁾	I	295	3.1	0.6		277	0.4	0.1		-
		II	235	0.9	0.2		259	0.4	0.1		-
		III	259	0.8	0.2		309	2.9	0.7		-
		平均		1.6	0.3	97.3		1.2	0.3	96.5	
イミノクタジン アルベシル酸塩水和剤	1,500	I	307	4.6	1.0		287	1.4	0.4		-
		II	244	2.0	0.4		235	1.3	0.4		-
		III	232	2.2	0.4		315	3.8	0.9		-
		平均		2.9	0.6	94.5		2.2	0.6	93.0	
無処理		I	302	25.8	9.1		275	17.8	4.0		
		II	215	44.7	18.6		304	21.1	6.7		
		III	332	24.7	6.5		285	42.1	14.2		
		平均		31.7	11.4			27.0	8.3		

注1) 供試品種は「長十郎」とし、2014年試験は6/13に、2015年試験は6/16に調査した。

2) 2014年は1,000倍、2015年は2,000倍とした。

第5表 フルジオキシソニルの心腐れ症に対する防除効果^{注1)}

供試薬剤	希釈 倍数	反復	2014年				2015年				果実汚れ /薬害
			調査 果数	発症 果数	発症果率 (%)	防除価	調査 果数	発症 果数	発症果率 (%)	防除価	
フルジオキシソニル水和剤	1,000 及び 2,000 ²⁾	I	79	13	16.5		48	14	29.2		-/-
		II	119	34	28.6		52	24	46.2		-/-
		III	80	12	15.0						-/-
		平均			20.0	17.7			37.7	35.9	
チウラム水和剤	500	I	100	8	8.0		75	12	16.0		+/-
		II	87	9	10.3		100	24	24.0		+/-
		III	130	18	13.8		74	14	18.9		+/-
		平均			10.7	55.9			19.6	66.6	
無処理		I	138	50	36.2		64	42	65.6		
		II	45	5	11.1		38	18	47.4		
		III	125	32	25.6		98	62	63.3		
		平均			24.3				58.8		

注1) 供試品種は「幸水」とし、フルジオキシソニル水和剤処理区は2014年は3反復、2015年は2反復とした。

2) 2014年は1,000倍、2015年は2,000倍とした。

同等の防除効果が認められた。また、2015 年試験でフルジオキシニル水和剤 2,000 倍液の防除価は 96.5 であり、対照薬剤であるイミノクタジンアルベシル酸塩 1,500 倍液の防除価 93.0 と比べて同等の防除効果を示した（第 4 表）。供試品種である「長十郎」に対して兩年とも葉害はみられなかった。

(2) 心腐れ症に対する防除効果

2014 年試験において、フルジオキシニル水和剤 1,000 倍液の心腐れ症に対する防除価は 17.7 であり、対照薬剤であるチウラム水和剤 500 倍液の防除価 55.9 と比べ、防除効果は認められなかった。2015 年試験において、フルジオキシニル水和剤 2,000 倍液の防除価は 35.9 であり、対照薬剤であるチウラム水和剤 500 倍液の防除価 66.6 と比べ、防除効果は認められなかった（第 5 表）。兩年とも供試品種である「幸水」に対して果実汚れ及び葉害はみられなかった。

IV 考 察

*Glomerella cingulata*によるナシ炭疽病の防除について、QoI剤の代替となる殺菌剤の探索のため、登録内容に関わらず約10種の薬剤をスクリーニングしたところ、数種類の薬剤に防除効果が認められた。このうち、葉害を生じることなく最も高い防除効果が認められたのはフルジオキシニル水和剤であった。本剤はフェニルピロール系の殺菌剤で、実際にイチゴ炭疽病の防除では本剤が主要な防除薬剤の一つとなっている報告もあり（田口ら，2012），本剤はナシ炭疽病防除においてもQoI剤の代替剤として有望と考えられた。

本剤が本県ナシ病害防除体系への導入を検討されることとなった場合の有用な情報とするため、本剤のナシ黒星病や心腐れ症に対する防除効果を評価した。その結果、黒星病に対する防除効果は高く、また散布による果実の汚れは確認されなかったことから、6月～収穫時期におけるナシ黒星病及び炭疽病の防除剤として実用性が高いと推察された。ただし、生育初期に感染するナシ心腐れ症に対する防除効果は期待できないと考えられた。

今後、本剤のナシにおける登録取得および有効かつ持続可能な使用方法の確立が望まれる。具体的には、本剤は施設野菜では広く使われているものの、露地や果樹での使用実績はないことから、今後、ナシ樹における耐雨性の検討が必要である。また、FRACでは、本剤の耐性菌発生リスクは「低～中」に位置づけられており、QoI剤の「高」よりは耐性菌発生のリスクは低いものの、耐性菌が発生しないような利用方法を考える必要もある。

V 摘 要

*Glomerella cingulata*によるナシ炭疽病は主に「豊水」、
「新高」で早期落葉を引き起こすため問題となる病害である。防除に用いている薬剤はQoI剤であるが、耐性菌の発生が危惧されることから、本系統薬剤に依存しない防除体系が求められている。そこで、登録内容に関わらず、約10種類の薬剤について、代替となる殺菌剤の探索を行ったところ、数種薬剤に防除効果が認められた。このうち、フルジオキシニルは最も高い防除効果が認められ、果実の汚れや葉害も生じなかった。本剤は黒星病に対する防除効果も高かったことから、ナシ栽培における病害防除薬剤として実用性が高いと考えられ、今後、本剤のナシにおける登録取得および有効かつ持続可能な使用方法の確立が望まれる。

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
- 稲田 稔・石井英夫・Chung, Wen-Hsin・山田智子・山口純一郎・古田明子（2008）ストロビルリン系薬剤耐性イチゴ炭疽病菌〔*Colletotrichum gloeosporioides* (*Glomerella cingulata*)〕の発生。日植病報。74：114-117。
- 千葉県（2015）。平成27年度農作物病害虫雑草防除指針。132-137。
- 井手洋一・田代暢哉（2004）ナシ炭疽病の効率的な防除体系の確立を目的とした各種殺菌剤の耐雨性、残効性および病原菌接種後の散布による発病抑止性の評価。日植病報。70：1-6。
- 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。
- 金子洋平・梅本清作・竹内妙子（2010a）ナシ炭疽病における罹病落葉および越冬花芽の第一次の可能性。日植病報。76：282-285。
- 金子洋平・鈴木 健・竹内妙子（2010b）ナシ炭疽病の発生と防除対策。千葉農林総研研報。2：7-16。
- 金子洋平・牛尾進吾（2014）。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。千葉農林総研研報。6：7-15。
- 野口真弓（2015）。佐賀県におけるQoI耐性ナシ炭疽病の発生とその対策。植物防疫。69：494-497。

- 田口裕美・鈴木啓史・黒田克利 (2012) . イチゴ炭疽病に対する各種殺菌剤の残効期間と防除体系. 関西病虫研報. 54: 53-59.
- 田代暢哉・井手洋一 (2003) . ナシ炭疽病の多発生要因と防除対策. 植物防疫. 57:111-115.
- 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.
- 渡邊久能 (2013) . アゾキシストロビン剤およびベノミル剤耐性ナシ炭疽病菌 (*Colletotrichum gloeosporioides*) の発生について. 大分県農林水産研究指導センター研究報告. 3: 23-29.

Screening of Substitutes for Quinone outside Inhibitor Fungicides for Control of Japanese Pear Anthracnose caused by *Glomerella cingulata* and their Effects on Several Japanese Pear Diseases

Youhei KANEKO

Key words: Japanese pear anthracnose, *Glomerella cingulata*, Fludioxonil, chemical control

Summary

To screen for substitutes for Quinone outside inhibitor (QoI) fungicides to control Japanese pear anthracnose caused by *Glomerella cingulata*, we investigated the effects of ten fungicides.

Fludioxonil, a phenylpyrrole compound, provided highly efficacious control against both anthracnose and scab. It also provided high efficacy control against these diseases without unwanted side effects on cv. 'Kosui', 'Hosui' and 'Chojuro'. However, it showed little or no efficacy against fruit core rot or rust.

We concluded Fludioxonil to be suitable as a substitute for QoI fungicides, for application from the middle of June to the middle of July.