

(様式1)

病害虫の効率的防除体制の再編委託事業

東北ブロック：「DMI 剤感受性低下菌対策を主眼としたリンゴ黒星病防除体系の確立」

1. DMI 剤及び QoI 剤耐性菌の発生推移

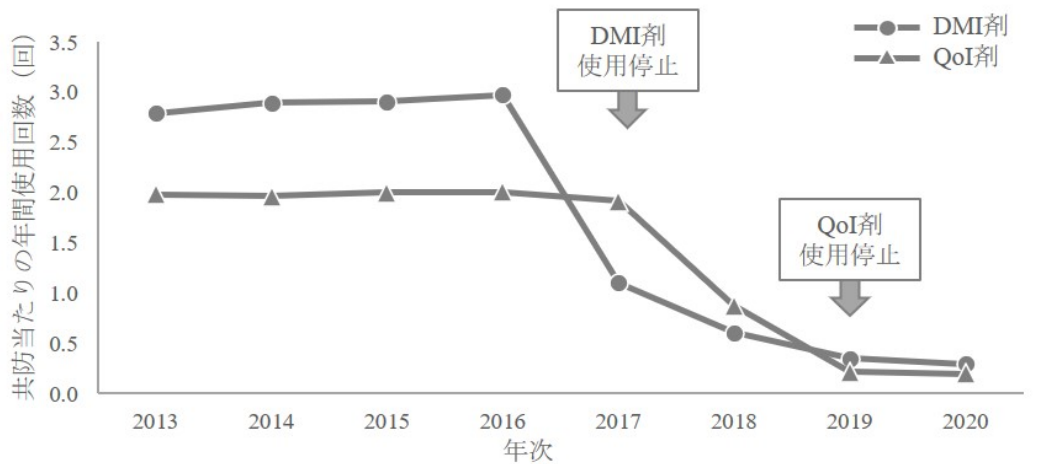
氏名 平山和幸

所属 りんご研究所

[〒036-0332 青森県黒石市大字牡丹平字福民24]

1. 調査背景と目的

青森県では、抗菌スペクトラムが広く複数の病害防除に有効とされる DMI 剤及び QoI 剤を、それぞれ 1996 年から春季の基幹防除剤として年間 3 回、2006 年から夏季の基幹防除剤として年間 2 回使用することで、年間の総散布回数を 10 回に抑えてきた。しかし、2016 年に黒星病が多発し、DMI 剤耐性菌及び QoI 剤耐性菌の発生が確認されたことから、2017 年から DMI 剤を使用しない防除体系を、2019 年からは QoI 剤も使用しない防除体系の普及を図ってきた。そこで、現状の DMI 剤または QoI 剤に対する耐性菌、そして両剤に対する耐性菌（多剤耐性）の発生動向を明らかにするため、感受性検定を実施した。



(青森県りんご共同防除連絡協議会調べ)

2. 調査方法

1) 供試菌株

2016～2020 年、5 月下旬～6 月下旬に津軽地域の黒星病発生園地から罹病葉を採取し、分生子を単孢子分離した。いずれの年もりんご研究所内の殺菌剤無散布の圃場からも同様に菌株を得た。得られた菌株は斜面培地で培養後、0℃の低温室で保管した。保存菌株のうち、下記の 961 菌株を供試した。なお、2018 年では南部地域でも一部園地で黒星病の発生が認められたため、菌株を取得し供試した。

(様式1)

採集年次	調査園地数	当年のDMI剤使用の有無			供試菌株数
		使用	未使用	不明	
2016	津軽 16	15	1	0	224
2017	津軽 17	6	7	4	310
2018	津軽 7	2	1	4	91
	南部 3	0	1	2	60
2019	津軽 12	1	3	8	171
2020	津軽 7	0	4	3	105

2) 散布履歴

採集当年の薬剤散布履歴について、各園主から聞き取りを行ったが、連絡が取れない園地があり、一部園地は散布履歴不明となった。また、採集時の聞き取りのため、夏季の散布履歴が不明の園地が多く、QoI 剤の使用状況については検討しないものとした。

3) 検定方法

(1) DMI 剤

標的遺伝子である CYP51A1 遺伝子の Y133F 変異が DMI 剤感受性低下と関連することから、プレミックス PCR により本変異型を検出し、その発生推移を明らかにする。

- ア. DNA 抽出：供試菌株を PDA 培地で3週間程度培養し、菌そう表層の菌糸をかき取り、ISOPLANT II キットを用いて実施した。
- イ. PCR、電気泳動：CYP51A1-Y133F 変異識別プライマーセット (AJ251+VIcyp1242) 及びアクチン検出プライマーセット (Viact-28F+Viact-442R) を用いて PCR を実施し、PCR 産物は2%アガロースゲルを用いて電気泳動を行う。
- ウ. 耐性診断：電気泳動により約 400bp のバンド (アクチン) 及び約 750bp のバンド (CYP51A1) の2本が出たサンプルを感受性低下菌と診断した。

(2) QoI 剤

標的遺伝子であるシトクロム *b* 遺伝子の G143A 変異が QoI 剤耐性の主因とされることから、PCR-RFLP により本変異型を検出し、その発生推移を明らかにする。

- ア. DNA 抽出：前述のとおり
- イ. PCR-RFLP：プライマーセット (PS1+PR1) を用いてシトクロム *b* 遺伝子を増幅した。増幅産物に制限酵素 *Fnu*4HI を添加後、37°C で2時間処理した。その後、2%アガロースゲルを用いて電気泳動した。
- ウ. 耐性診断：制限酵素の処理により増幅配列が切断され、約 400bp のバンドが出たサンプルを耐性と診断した。

(様式1)

3. 調査結果

1) DMI 剤感受性低下菌の発生推移

ア. 津軽地域における DMI 剤感受性低下菌 (CYP51A1-Y133F 変異体) の発生は、黒星病が多発し調査を開始した 2016 年時すでに約 50%を占めた。2017 年からは DMI 剤の使用率は減少しているが、DMI 剤感受性低下菌の割合は増加傾向を示し、2019-2020 年には約 80%を占めた。一方、南部地域では、2018 年の調査で DMI 剤感受性低下菌が 25%と津軽地域 (60.4%) と比較し発生割合が低かった (図 1)。

イ. 採集当年の DMI 剤使用の有無に基づいた園地ごとの DMI 剤感受性低下菌の発生状況を図 2 に示した。2016 年では、殺菌剤無散布を除く全ての園地で DMI 剤を使用している中で、DMI 剤感受性低下菌の発生割合は 0~100%と園地によって大きく異なった。2017 年以降、園地によって DMI 剤の使用の有無が分かれてきたものの、DMI 剤使用の有無と DMI 剤感受性低下菌の発生割合で特に傾向は認められなかった。また、園地間での DMI 剤感受性低下菌の発生はばらつきは減少し、60%を超える高水準での収束傾向が見られた。

ウ. りんご研究所内の殺菌剤無散布圃で DMI 剤感受性低下菌の発生推移を調査した (図 3)。2016 年、その発生率は 3.7%と低い水準にあったが、翌 2017 年には 75.0%と急増し、以降、60~80%の高水準を維持していた。本圃場では薬剤の影響はないことから、DMI 剤感受性低下菌の発生割合の増加には他の要因が関与するものと考えられた。

2) QoI 剤耐性菌の発生推移

ア. 津軽地域における QoI 剤耐性菌 (Cytb-G143A 変異体) の発生は、黒星病が多発し調査を開始した 2016 年時 34.8%を占め、以降、増加傾向を示し、2020 年には 85.7%に至った。2019 年からは QoI 剤の使用率は減少したが、2020 年に減少傾向は認められなかった。一方、南部地域では、2018 年の調査で QoI 剤耐性菌が 21.7%と津軽地域 (78.0%) と比較し発生割合が低かった (図 4)。

イ. りんご研究所内の殺菌剤無散布圃で QoI 剤耐性菌の発生推移を調査した (図 5)。2016 年、その発生率は 3.7%と低い水準にあったが、翌 2017 年には 80.0%と急増した。その後、2018~2019 年にかけて一旦 53.3~65.0%に減少したものの、2020 年には 100%の高水準を示した。本圃場では薬剤の影響はないことから、QoI 剤耐性菌の発生割合の増加には他の要因が関与するものと考えられた。

3) DMI 剤感受性低下及び QoI 耐性個体 (多剤耐性菌) の発生推移

DMI 剤に対して感受性低下し、かつ QoI 剤に耐性を有する多剤耐性株の発生は、2016 年当時で 32.6%と全体の約 3 分の 1 を占めた。その後、増加傾向を示し、2019~2020 年には約 70%と高い割合を占めた。一方、DMI 剤感受性低下かつ QoI 剤感受性の個体及び DMI 剤感受性かつ QoI 剤耐性の個体はいずれも 10%前後で推移した。

(様式1)

表1 感受性検定結果

採集年次	供試菌株	DMI・QoI感受性				
		R・S	S・R	R・R	S・S	
2016	津軽	224	38	5	73	108
2017	津軽	310	44	47	144	75
2018	津軽	91	10	26	45	10
	南部	60	7	5	8	40
2019	津軽	171	17	22	121	11
2020	津軽	105	8	18	72	7



図1 DMI 剤感受性低下菌の発生推移

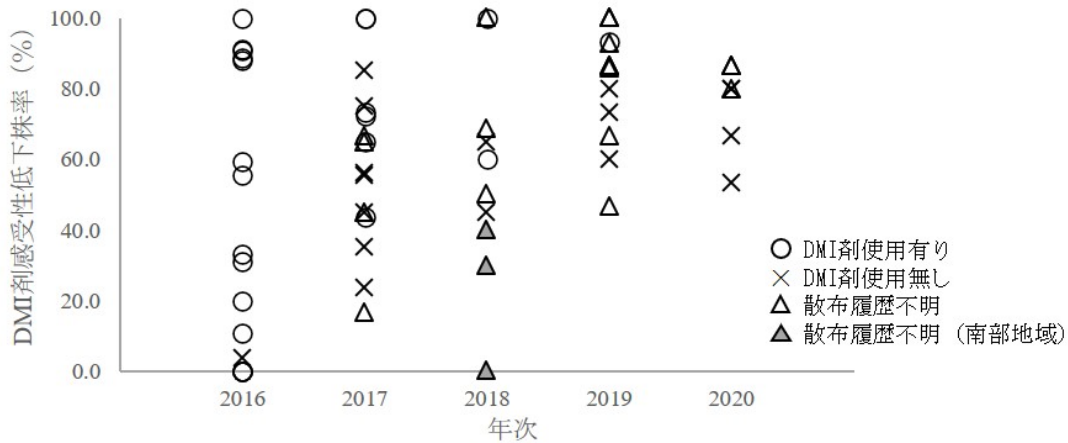


図2 園地ごとの DMI 剤感受性低下菌発生率

(様式1)

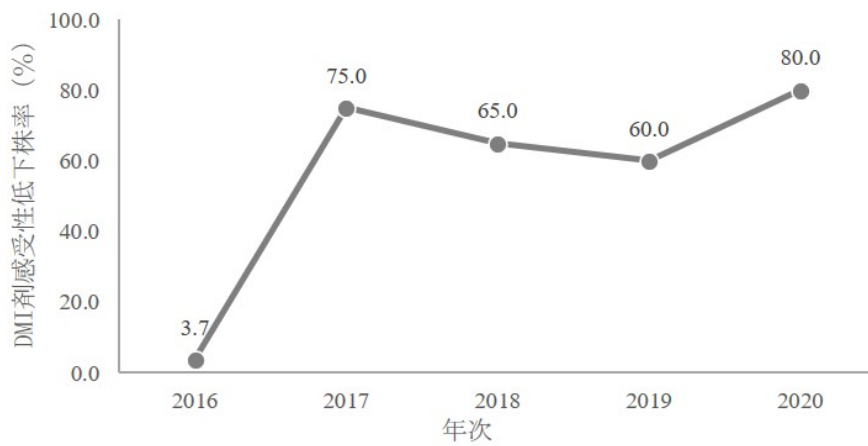


図3 殺菌剤無散布圃（りんご研究所）におけるDMI剤感受性低下菌の発生推移

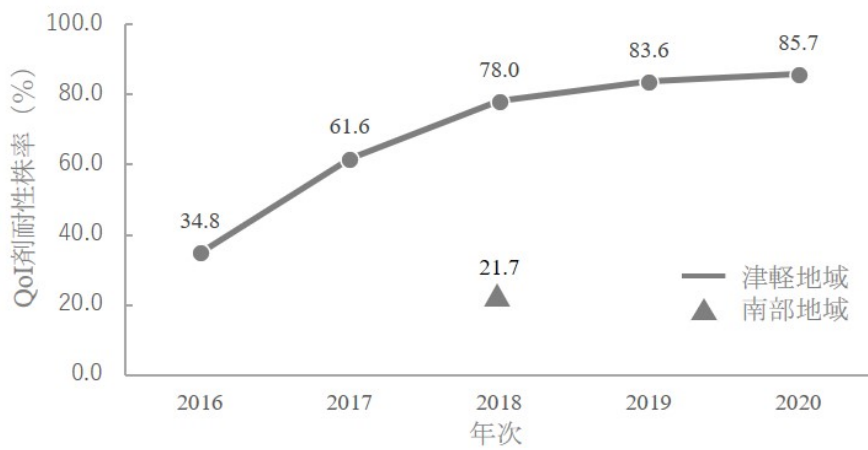


図4 QoI剤耐性菌の発生推移

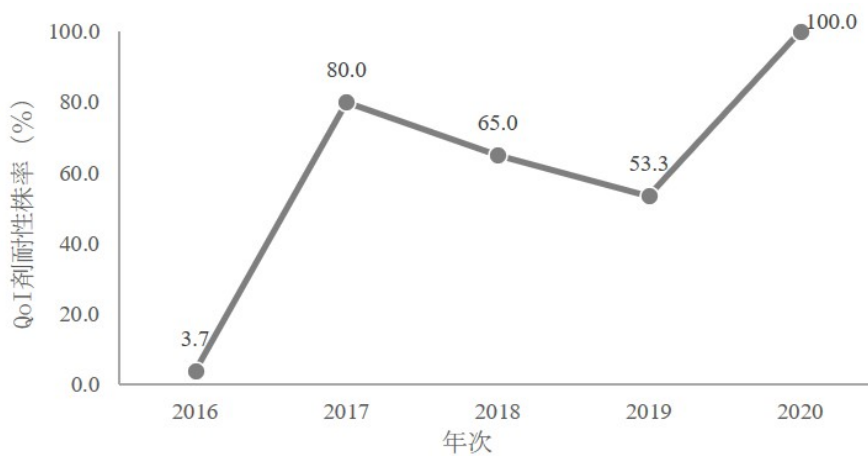


図5 殺菌剤無散布圃（りんご研究所）におけるQoI剤耐性菌の発生推移

(様式1)

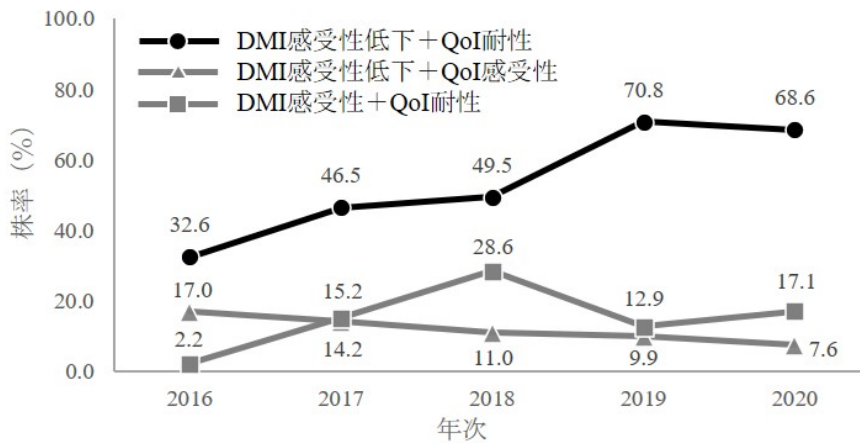


図6 多剤耐性菌の発生推移

4. 考察

DMI 剤の感受性低下に関連する CYP51A1 遺伝子の Y133F 変異体 (感受性低下菌) は、DMI 剤使用の有無に関わらず、増加傾向にあり、その発生率は慣行防除園も含め約 80%にも及んだ。また殺菌剤無散布圃においても 60~80%の高水準を維持していた。これらのことから、Y133F 変異はフィットネスクストが低い可能性が示唆された。

QoI 剤の耐性発達要因であるシトクロム b 遺伝子の G143A 変異はフィットネスクストが低いことが報告されており、本試験においても同様の結果が得られた。青森県内では本耐性菌の発生が 80%を超える状況にあり、今後、QoI 剤の黒星病防除剤としての使用は望めないものと考えられた。また、CYP51A1-Y133F 変異及び Cytb-G143A 変異を有した多剤耐性菌の発生も調査開始以降、増加傾向を示した。

5. 今後の課題

近年、両系統とも既存剤と交差耐性を示さない、または交差はするもののその程度が低い薬剤の開発が進められており、今後それら新規剤の有効性の評価が必要となる。

6. 要約

2016~2020 年の調査において、リンゴ黒星病の DMI 剤感受性低下菌 (CYP51A1-Y133F 変異体) 及び QoI 剤耐性菌 (Cytb-G143A 変異体) の発生は、薬剤の使用の有無に関わらず増加傾向を示し、2020 年には両変異体とも 70%を超える高い割合で発生した。また、両変異体ともフィットネスクストは低いものと推察されたため、今後も DMI 剤及び QoI 剤の黒星病防除剤としての利用は困難なものと考えられた。

7. 成果の公表及び特許

(様式1)

病害虫の効率的防除体制の再編委託事業

東北ブロック：「DMI 剤感受性低下菌対策を主眼としたリンゴ黒星病防除体系の確立」

2. 新規薬剤の実用化試験

氏名 平山和幸・十川聡子・赤平知也

所属 りんご研究所

[〒036-0332 青森県黒石市大字牡丹平字福民24]

1. 調査背景と目的

リンゴ黒星病に対して有効な新規薬剤の普及を目指し、一般のリンゴ栽培園において実証試験を実施し、実用性を明らかにする。また、デランフロアブルに関して、ユニックス顆粒水和剤47及び殺虫剤との混用で物理性が悪化する事例が見られていることから、物理性悪化に繋がる組み合わせを検証する。

2. 調査方法

1) 実証試験

(1) 試験区

供試薬剤	希釈倍数	散布時期	園地数	対象病害
カナメフロアブル	4,000倍	開花直前	3園地	モニリア病、黒星病、うどんこ病
デランフロアブル	1,500倍	落花直後、落花10日後頃、落花20日後頃	2園地	黒星病、黒点病、斑点落葉病

(2) 散布方法：スピードスプレーヤーで10a当たり320～4200散布

(3) 調査方法

ア. モニリア病：モニリア病は4月30日（散布前）に1区3樹、1樹当たり100花そうを、6月4日（散布後）に1区3樹、1樹当たり10果そうの全葉を対象に発生状況を調査した。

イ. 黒星病：カナメフロアブルでは6月4日に、デランフロアブルでは6月25日に1区3樹、1樹当たり10新梢の全葉及び1樹当たり100果を対象に発生状況を調査した。

ウ. うどんこ病：6月4日に1区3樹、1樹当たり10新梢の全葉及び1樹当たり100果を対象に発生状況を調査した。

エ. 黒点病：8月11日に1区3樹、1樹当たり100果を対象に発生状況を調査した。

オ. 斑点落葉病：6月25日に1区3樹、1樹当たり10新梢の全葉を対象に発生状況を調査した。

カ. 薬害：さび果について、8月11日に1区3樹、1樹当たり100果を対象に発生状況を調査した。その他の薬害については、随時、肉眼で観察した。

(様式1)

表1 カナメフロアブル4,000倍の試験園地の薬剤散布経過

	散布時期	散布月日	実施区		対照区
			薬剤	濃度	
弘前市	展葉1週間後頃	4月21日	ベフラン液剤25	1,000倍	同左
			ダーズバンDF	3,000倍	
			ハーベストオイル	200倍	
	特別散布	4月27日	ベフラン液剤25	1,500倍	同左
	開花直前	5月4日	カナメフロアブル	4,000倍	オルフィンフロアブル 4,000倍
		ウララDF	4,000倍	ウララDF 4,000倍	
藤崎町	展葉1週間後頃	4月16日	ベフラン液剤25	1,000倍	同左
			ダーズバンDF	3,000倍	
			トモノールS	200倍	
	特別散布	4月24日	ベフラン液剤25	1,000倍	同左
	開花直前	5月3日	カナメフロアブル	4,000倍	オルフィンフロアブル 4,000倍
		ウララDF	4,000倍	ウララDF 4,000倍	
青森市	展葉1週間後頃	4月23日	ベフラン液剤25	1,000倍	同左
			ダーズバンDF	3,000倍	
			アプロードフロアブル	1,000倍	
	特別散布	4月23日	ハーベストオイル	200倍	
	開花直前	5月3日	カナメフロアブル	4,000倍	オルフィンフロアブル 4,000倍
落花直後	5月14日	ユニックス顆粒水和剤47	2,000倍	同左	
		ジマンダイセン水和剤	600倍		

表2 デランフロアブル1,500倍の試験園地の薬剤散布経過

	散布時期	散布月日	実施区		対照区
			薬剤	濃度	
弘前市	落花直後	5月9日	デランフロアブル	1,500倍	同左
	特別散布	5月16日	ジマンダイセン水和剤	600倍	同左
			バイオマックスDF	3,000倍	
	落花10日後頃	5月24日	デランフロアブル	1,500倍	チオノックフロアブル 500倍
	落花20日後頃	6月1日	デランフロアブル	1,500倍	チオノックフロアブル 500倍
			スプラサイド水和剤	1,500倍	スプラサイド水和剤 1,500倍
6月中旬	6月10日	アントラコール顆粒水和剤	500倍	同左	
		サイアノックス水和剤	1,000倍		
板柳町	落花直後	5月16日	ユニックス顆粒水和剤47	2,000倍	同左
			ジマンダイセン水和剤	600倍	
			カスケード乳剤	4,000倍	
	落花10日後頃	5月26日	デランフロアブル	1,500倍	チオノックフロアブル 500倍
			スプラサイド水和剤	1,500倍	スプラサイド水和剤 1,500倍
落花20日後頃	6月8日	デランフロアブル	1,500倍	チオノックフロアブル 500倍	
6月中旬	6月14日	ラビライト水和剤	500倍	同左	
		サイアノックス水和剤	1,000倍		

(様式1)

2) デランフロアブルの混用試験

(1) 供試薬剤：デランフロアブル 1,500 倍、ユニックス顆粒水和剤 47 の 2,000 倍

カスケード乳剤 4,000 倍、エルサン水和剤 1,000 倍、サイアノックス水和剤 1,000 倍、ダズバン DF3,000 倍、ダイアジノン水和剤 34 の 1,000 倍、スミチオン水和剤 40 の 800 倍、スプラサイド水和剤 1,500 倍

(2) 検証方法：200ml のビーカーに蒸留水を 200ml 入れ、デランフロアブル 0.133ml とユニックス顆粒水和剤 0.1g を加用し、そこに各種殺虫剤を添加した。その後、スターラーを用いて 30～60 分程度攪拌し、物理性悪化の有無を調査した。

3. 調査結果

1) 実証試験

(1) カナメフロアブルを「開花直前」に散布した 3 園地において、実施区及び対照区ともに、モニリア病、黒星病及びうどんこ病の発生は認められなかった。また、他病害及び薬害の発生も認められなかった。

(2) デランフロアブルを「落花直後」、「落花 10 日後頃」及び「落花 20 日後頃」の 3 回散布した弘前市の園地において、黒星病、斑点落葉病及び黒点病の発生は認められなかった。その他の病害として、うどんこ病の発生が両区で認められたものの、発生量に差は見られなかった。また、その他の病害及び薬害の発生は認められなかった。

(3) デランフロアブルを「落花 10 日後頃」及び「落花 20 日後頃」の 2 回散布した板柳町の園地では、実施区及び対照区ともに、黒星病、斑点落葉病及び黒点病の発生は認められなかった。また、他病害及び薬害の発生も認められなかった。

表3 カナメフロアブル 4,000 倍の各種病害に対する防除効果

試験園地	区	モニリア病				黒星病				うどんこ病		薬害	
		4/30調査		6/4調査						8/11調査		随時	
		調査花そう数	発病花そう率	調査果そう葉数	発病葉率	調査葉数	発病葉率	調査果数	発病果率	調査葉数	発病葉率	さび果率	総合
弘前市	実施区	300	0 %	226	0 %	345	0 %	300	0 %	345	0 %	0 %	なし
	対照区	300	0	218	0	347	0	300	0	347	0	0	なし
藤崎町	実施区	300	0	238	0	434	0	300	0	434	0	0	なし
	対照区	300	0	212	0	400	0	300	0	400	0	0	なし
青森市	実施区	300	0	229	0	424	0	300	0	424	0	0	なし
	対照区	300	0	225	0	368	0	300	0	368	0	0	なし

表4 デランフロアブル 1,500 倍の各種病害に対する防除効果

試験園地	区	黒星病				斑点落葉病		黒点病		うどんこ病		薬害		
		6/25調査						8/11調査		6/25調査		8/11調査		随時
		調査葉数	発病葉率	調査果数	発病果率	調査葉数	発病葉率	調査果数	発病果率	調査葉数	発病葉率	調査果数	さび果率	総合
弘前市	実施区	540	0 %	300	0 %	540	0 %	300	0 %	540	4.4 %	300	0 %	なし
	対照区	572	0	300	0	572	0	300	0	572	4.4	300	0	なし
板柳町	実施区	573	0	300	0	573	0	300	0	573	0	300	0	なし
	対照区	564	0	300	0	564	0	300	0	564	0	300	0	なし

(様式1)

2) デランフロアブルの混用試験

(1) デランフロアブル及びユニックス顆粒水和剤の2剤を混和しても物理性の悪化は認められなかった。

(2) いずれの組み合わせも3種混用直後は変化がなかったものの、攪拌後、変色及び沈殿物の形成が確認された。

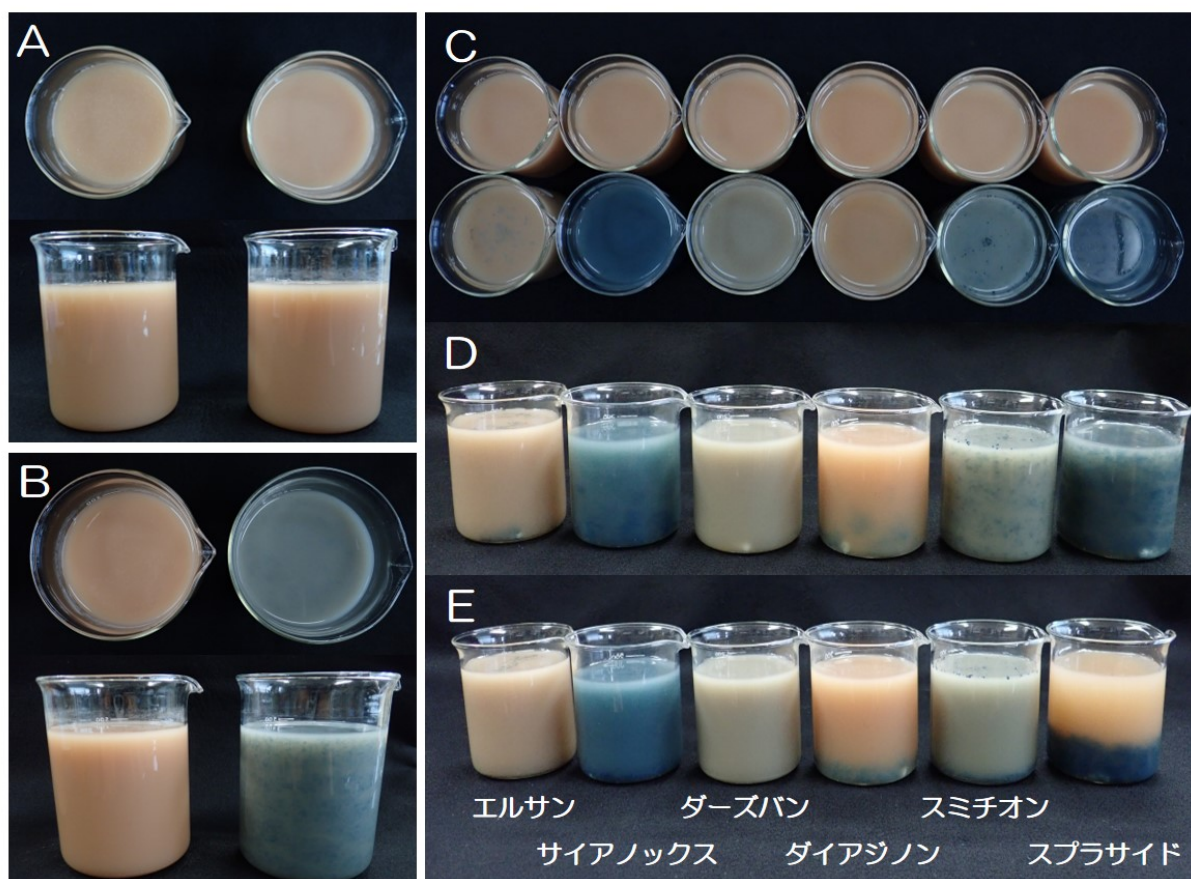


図1 デランフロアブルの3種混用試験

A : デランフロアブル及びユニックス顆粒水和剤の2種混用 (左側 : 攪拌前、右側 : 攪拌後)、 B : カスケード乳剤を用いた3種混用 (左側 : 攪拌前、右側 : 攪拌後)、 C - E : 有機リン剤を用いた3種混用 (C上段 : 攪拌前、C下段 : 攪拌後、 D : 攪拌直後、 E : 攪拌後に静置し浮遊物が沈殿した状態)

(様式1)

4. 考察

カナメフロアブル4,000倍はモニリア病、黒星病及びうどんこ病に対し、対照区と同等の効果を示し、薬害も認められなかった。デランフロアブル1,500倍は黒星病、黒点病及び斑点落葉病に対し、対照区と同等の効果を示し、薬害も認められなかった。以上のことから、これら2剤は実用性があると考えられた。なお、デランフロアブルではユニックス顆粒水和剤47及び殺虫剤(有機リン剤、IGR剤)の3種混用によって物理性の悪化が確認されたため、本混用で使用しないよう注意喚起が必要である。

カナメフロアブル4,000倍及びデランフロアブル1,500倍は令和3年りんご病害虫防除暦及び令和3年度農作物病害虫防除指針に採用される。

5. 今後の課題

なし

6. 要約

カナメフロアブル4,000倍は「開花直前」の、デランフロアブル1,500倍は「落花直後」、「落花10日後頃」及び「落花20日後頃」の防除剤として実用性がある。ただし、デランフロアブルに関しては、ユニックス顆粒水和剤47及び殺虫剤との混用により物性が悪化するため、本混用で使用しない。

7. 成果の公表及び特許

令和3年りんご病害虫防除暦(青森県りんご病害虫防除暦編成部会編)

令和3年度農作物病害虫防除指針(青森県農作物病害虫防除指針編成会議編)

(様式1)

病害虫の効率的防除体制の再編委託事業

東北ブロック：「DMI 剤感受性低下菌対策を主眼としたリンゴ黒星病防除体系の確立」

3. 苗木における黒星病の薬剤防除時期

十川聡子、赤平知也

青森県産業技術センターりんご研究所

[〒036-0032 青森県黒石市大字牡丹平字福民24]

1. 調査背景と目的

青森県内の苗木業者が販売した1年生苗木(2017年産)において、黒星病の発病がみとめられ、前年の苗木養成時に感染した黒星病菌が苗木上で越冬していることが疑われた。発病葉はいずれも苗木の先端1～7番目の芽で観察されたことから、黒星病菌の芽への感染は秋季である可能性が高いと考えられた。そこで、苗木養成時の薬剤散布について見直す必要があると考えられたことから、通常は9月上旬で終了する苗木養成時の薬剤散布を10月中旬まで延長し、その防除効果を明らかにする。

2. 調査方法

- 1) 供試樹：‘ふじ’/マルバカイドウ(接ぎ苗、2019年2月接ぎ木)、1区12～13樹。
- 2) 植え付け：2020年5月21日、黒石りんご研B9-1号圃に計50本を20cm間隔で1列に植樹。
- 3) 試験区：薬剤防除の終了時期により4区を設定し、表1のとおり薬剤を散布した。

10月中旬まで…黒星病菌の芽への感染時期が秋季であると考えられるため、慣行防除(9月上旬頃まで)より防除時期を延長。

9月上旬まで…慣行の防除時期。

7月下旬まで…8月にQoI剤を散布していた2017年は、QoI剤の耐性菌により薬剤防除が実質7月で終わっていた可能性もあるため、慣行防除(9月上旬頃まで)より防除時期を短縮。

無散布…植え付け後、殺菌剤の散布なし。

薬剤には殺虫剤、尿素500倍及びマイリノー10,000倍を加用し、電池式噴霧機で散布した。

殺菌剤無散布の期間は、殺虫剤に尿素500倍及びマイリノー10,000倍を加用し、散布した。

4) 接種：表2のとおり。2020年6月4日に現地放任園より黒星病罹病葉を収集し、孢子懸濁液を作成し凍結保存し、接種源とした。孢子懸濁液は接種の都度、必要量を融解し、ハンドスプレーで雨中に接種した。発病葉は黒石りんご研C2-1号圃より6月25日に採取した。

5) 肥料等：主幹延長枝の伸長とフェザーの発生を促すため、尿素500倍液(20ℓ/50本)または育苗用肥料100倍液(20ℓ/50本)を週1回程度与え、ビーエー液剤100倍(1ℓ/50本)を7～8月に計4回散布した。

(様式1)

6) 調査：2020年11月12日に黒星病の発病葉率を調査した。また、苗木の主幹延長枝、主幹延長枝上の葉数及びフェザー数を月1回調査した。

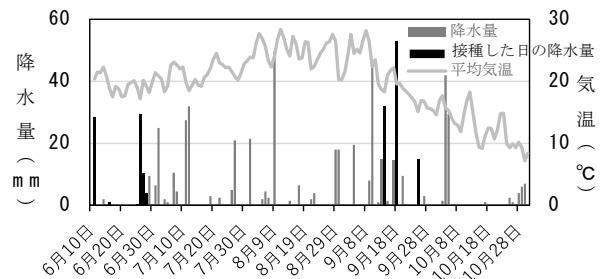
7) 保管：2020年11月17日に葉を全て落とした後、苗木を掘り上げ、根を濡らした新聞紙で包み、ビニール袋に入れて冷蔵庫に入れた。(2021年春季に植え付けし、展葉後に発病調査を行う。)

表1 薬剤散布

散布日	防除終了時期			無散布
	10月中旬	9月上旬(慣行)	7月下旬	
6/8	チオノックフロアブル 500倍			—
6/18	ジマンダイセン水和剤 600倍			—
6/30	キノンドー顆粒水和剤 1,000倍			—
7/9	アントラコール顆粒水和剤 500倍			—
7/20	チオノックフロアブル 500倍			—
7/31	アントラコール顆粒水和剤 500倍			—
8/17	チオノックフロアブル 500倍			—
9/2	アントラコール顆粒水和剤 500倍			—
9/17	チオノックフロアブル 500倍	—	—	—
10/6	キノンドー顆粒水和剤 1,000倍	—	—	—
10/21	ベフラン液剤25 1,500倍	—	—	—

表2 黒星病菌の接種

接種日	接種方法	降水量
6/11	孢子懸濁液(7.0×10^4 個/ml)、200ml	29mm
6/16	孢子懸濁液(7.0×10^4 個/ml)、200ml	1mm
6/25-29	発病葉50枚をつり下げ	44mm
9/14	孢子懸濁液(5.5×10^4 個/ml)、500ml	32mm
9/18	孢子懸濁液(5.5×10^4 個/ml)、400ml	53mm
9/25	孢子懸濁液(5.5×10^4 個/ml)、250ml	15mm
10/23	孢子懸濁液(5.5×10^4 個/ml)、500ml	0mm



(参考) 図1 平均気温と降水量 (2020年、黒石)

3. 調査結果

1) 11月12日に各防除区の発病葉率を調査した。発病葉率は10月中旬までの防除区で最も少なく10.4%、続いて慣行防除とした9月上旬までの防除区で24.3%、7月末までの防除区で25.7%、無散布区では37.5%であった(図2)。

2) 苗木の生育については、主幹延長枝の伸長は9月中旬頃までは旺盛であり、またビーエー液剤の効果からフェザーの発生もみられた。9月中旬以降は主幹延長枝の伸長は緩慢になったが、伸長を続けているフェザーは多く見られた(図1)。

(様式 1)

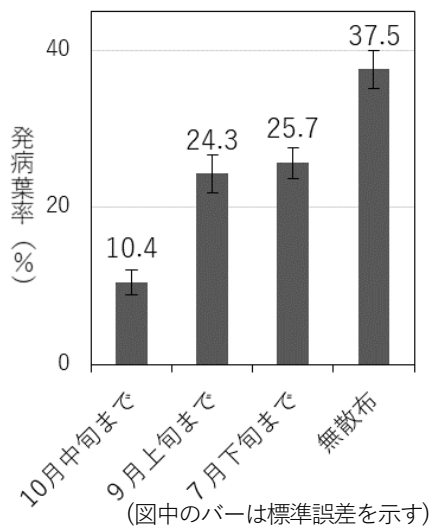


図2 発病葉率 (11月12日調査)

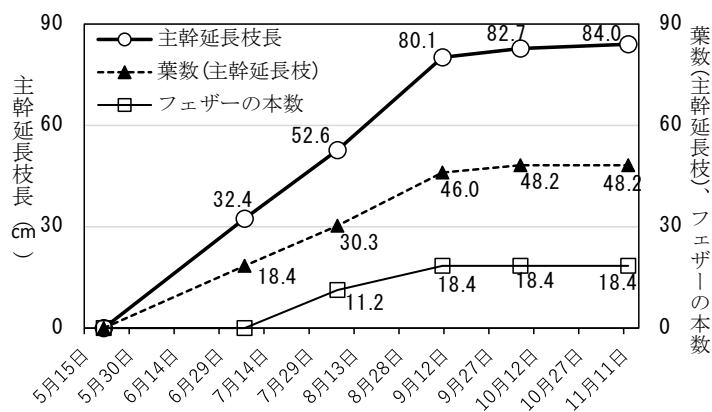


図3 苗木の主幹延長枝長、葉数、フェザー数の平均値

4. 考察

10月中旬までの防除区は、9月上旬までの防除区と比較して発病葉率が減少した。苗木の生育状況や気象条件から判断しても、9月～10月は黒星病の感染が起り得る時期であると考えられた。この時期の防除により、翌年の植え付け後の発病についても減少するのか調査する必要がある。

一方で、7月下旬までの防除区は、9月上旬までの防除区と比較して発病葉率に差はなく、8月の防除は黒星病の発病に影響がないと考えられた。ただ、本試験では7月～8月は黒星病菌の接種を行っていないことから、両区の発病葉率に差が出なかった可能性もある。

5. 今後の課題

本試験で調査した苗木を冷蔵庫で保管し、2021年春季に植え付け、黒星病の発病を調査する。

6. 要約

苗木の薬剤防除時期を9月上旬までから10月中旬までに延長することにより、11月中旬の苗木掘り上げ時における黒星病の発病葉率は減少する。

7. 成果の公表及び特許

(様式1)

病害虫の効率的防除体制の再編委託事業

東北ブロック：「DMI 剤感受性低下菌対策を主眼としたリンゴ黒星病防除体系の確立」

4. 効率的な落葉処理方法の開発

赤平知也

青森県産業技術センターりんご研究所

[〒036-0332 青森県黒石市牡丹平字福民24]

1. 調査背景と目的

リンゴ黒星病の菌密度が高い状況では、薬剤防除だけで防ぐことが難しく、発生源となる被害落葉を減らした上で、薬剤処理を行うのが最も効果的である。しかし、被害落葉の収集には時間と労力を要するため、現場では中々実施されていない。そこで、春季に被害落葉に農薬などの資材を処理し、黒星病の発生を抑制できるか検証した。

2. 調査方法

2019年11月8日に所内B14号圃の一角に黒星病の被害落葉を生体重で約300gずつ90cm四方の枠に敷き詰めた後、風で飛散しないよう上から金網で固定し、越冬させた。翌春の消雪後、この被害落葉を高さ1.5mの波板で囲い、2020年4月14日(展葉日4/17)に所定濃度の供試資材を被害落葉に向けてハンドスプレーを用いてそれぞれ100~200ml(10a当たり換算で100~200L)散布した。風乾後、この中に1/2000ワグネルポットに植栽の27年生‘ふじ’/マルバカイドウを1区当たり3樹設置し、4月14日から6月1日まで管理した。なお、フロンサイドSCの秋処理とした1区は2019年11月8日に実施した。落葉敷設しない6区はポットを設置する前に落葉を全て取り除いた。試験期間中は殺虫剤のみ適宜散布した。

6月1日に各樹の全葉を対象に発病状況を調査し、発病葉率を求めた。防除価は発病葉率から算出した。また、試験期間中の4月17日から6月10日まで囲いの中に孢子採集器を設置し、子のう孢子の飛散状況も併せて調査した。

3. 調査結果

水処理した5区では発病葉率1.5%と極少発生条件であった。一方、被害落葉を敷設しない6区では発病がみられなかった。このような条件でフロンサイドSC1,000倍及び2,000倍を処理した1~3区では発病葉率0.6~1.3%、尿素を処理した4区では発病葉率0.2%であった。一方、子のう孢子の飛散は各区とも降雨日を中心に飛散が認められ、累積の子のう孢子飛散数は水処理区した5区で4077個、被害落葉を敷設しない6区で0個であった。これに対し、各種資材処理区では674~7024個の飛散が認められ、尿素50倍散布の4区では674個と少なかった。

(様式1)

表1 被害落葉に対する各種資材の処理効果

区	供試薬剤	処理量	反復	調査葉数 (個)	発病葉数 (枚)	発病葉率 (%)	防除価	累積孢子 飛散数 (個)
1	フロンスайдSC 2,000倍	秋処理 100ml/m ²	I	744	14	1.9	28.9	7024
			II	682	2	0.3		
			III	496	5	1.0		
			平均	640.7	7.0	1.1		
2	フロンスайдSC 1,000倍	春処理 100ml/m ²	I	696	5	0.7	62.2	3276
			II	527	4	0.8		
			III	604	1	0.2		
			平均	609.0	3.3	0.6		
3	フロンスайдSC 2,000倍	春処理 250ml/m ²	I	536	2	0.4	11.1	4722
			II	666	7	1.1		
			III	715	18	2.5		
			平均	639.0	9.0	1.3		
4	尿素 50倍	200ml/m ²	I	685	1	0.1	84.4	674
			II	676	1	0.1		
			III	728	4	0.5		
			平均	696.3	2.0	0.2		
5	水(対照)	200ml/m ²	I	674	3	0.4		4077
			II	658	12	1.8		
			III	671	16	2.4		
			平均	667.7	10.3	1.5		
6	落葉敷設なし*	—	I	693	0	0.0		0
			II	749	0	0.0		
			III	542	0	0.0		
			平均	661.3	0.0	0.0		

*:ポット設置前に落葉を全て取り除いた

4. 考察

本年は無処理区(水処理区)の発生が極少発生となったことから、各種資材の効果判定はできなかった。一方で、子のう胞子の飛散は尿素散布区で少なかったことから、効果が期待できると考えられた。次年度も継続して実施する必要がある。

5. 今後の課題

次年度も継続して実施する。

6. 要約

黒星病の被害落葉に各種資材を処理し、防除効果を検討したが、無処理区を含めて発生が極めて少なく、効果判定はできなかった。一方で、子のう胞子の飛散は尿素散布区で少なかったことから、効果が期待できると考えられた。

7. 成果の公表及び特許

なし

(様式1)

病害虫の効率的防除体制の再編委託事業

東北ブロック：「DMI 剤感受性低下菌対策を主眼としたリンゴ黒星病防除体系の確立」

5. 早期使用に向けた新規防除薬剤の圃場試験

(1) SS 散布試験

赤平知也

青森県産業技術センターりんご研究所

[〒036-0332 青森県黒石市牡丹平字福民24]

1. 調査背景と目的

近年、リンゴ黒星病の発生の増加が問題となっており、発生防止に向けた防除技術の開発や新規防除薬剤の早期登録が急務となっている。そこで、黒星病に卓効を示す新規薬剤についてりんご研究所内でスピードスプレーヤ（SS）を利用した大規模試験を実施し、その実用性を検証する。

2. 調査方法

(1) 2019年：黒石圃場

試験場所、供試樹は表1のとおり。

薬剤散布：表2に示すように「開花直前」から「落花10日後頃」までスピードスプレーヤで供試薬剤を散布した。

調査方法：2019年6月12日にふじと王林を供試して任意に各区3樹抽出し、1樹当たり10本の果そう葉と新梢葉の全葉を対象に指数別に発病状況を調査し、発病率を求めた。また、果実についても1樹当たり100果の発病状況を調査した。薬害の有無は随時、肉眼観察で判定した。

(2) 2019年：藤崎圃場

試験場所、供試樹は表3のとおり。

薬剤散布：表4に示すように「開花直前」から「落花10日後頃」までスピードスプレーヤで供試薬剤を散布した。

調査方法：2019年6月20日に(1)黒石圃場の試験に準じて調査した。

表1 試験圃場の概要

試験圃場	栽培面積	台木	品種
A6-4号圃	36a (実験区18a)	わい性台樹 青台1、青台、M.27、 M.9EMLA(19年生)	ふじ、つがる
B5-1号圃	30a (実験区15a)	普通台樹 マルバカイドウ(27年生)	ふじ、王林、ジョナ、 つがる、陸奥、北斗
B12-1~3号圃	88a (実験区53a)	わい性台樹 M.9EMLA、M.9T337、 M.26、JM7、青台3 (8~22年生) 普通台樹 マルバカイドウ(22年生)	ふじ、王林、つがる、 ジョナ、トキ、星の金貨、 千雪、未希ライフ、 春明21、シナノスイート

(様式1)

表2 各区の散布経過

散布時期	散布月日	実験区	倍数	対照区	倍数
開花直前	5月4日 (B5-1)	オルフィンフロアブル	4,000倍	オルフィンフロアブル	4,000倍
		(ネクスターフロアブル) (1,500倍)		(ネクスターフロアブル) (1,500倍)	
		カスケード乳剤	4,000倍	カスケード乳剤	4,000倍
落花直後	5月14日	NF-180フロアブル20	4,000倍	ユニックス顆粒水和剤47	2,000倍
		チオノックフロアブル	500倍	チオノックフロアブル	500倍
		カスケード乳剤	4,000倍	カスケード乳剤	4,000倍
落花10日後頃	5月23日	ユニックス顆粒水和剤47	2,000倍	ジマンダイセン水和剤	600倍
		ジマンダイセン水和剤	600倍	サイアノックス水和剤	1,000倍
		サイアノックス水和剤	1,000倍	クレフノン	100倍
		クレフノン	100倍		

注1)NF-180フロアブル20:ミギワ20フロアブル

2)展着剤:マイリノー10000倍

3)上記以外の時期は、所内一般散布

表3 試験圃場の概要

試験圃場	栽培面積	台木	品種
F7号圃	75a (実験区25a)	わい性台樹 M.9EMLA(24年生)	ふじ、王林、ジョナ、 紅玉、陸奥、メロー

表4 各区の散布経過

散布時期	散布月日	実験区	倍数	対照区	倍数
開花直前	5月4日	ネクスターフロアブル	1,500倍	ネクスターフロアブル	1,500倍
		ロムダンフロアブル	3,000倍	ロムダンフロアブル	3,000倍
落花直後	5月14日	NF-180フロアブル20	4,000倍	ユニックス顆粒水和剤47	2,000倍
		ジマンダイセン水和剤	600倍	ジマンダイセン水和剤	600倍
		ロムダンフロアブル	3,000倍	ロムダンフロアブル	3,000倍
落花10日後頃	5月23日	ユニックス顆粒水和剤47	2,000倍	チオノックフロアブル	500倍
		チオノックフロアブル	500倍	スブラサイド水和剤	1,500倍
		スブラサイド水和剤	1,500倍	クレフノン	100倍
		クレフノン	100倍		

注1)NF-180フロアブル20:ミギワ20フロアブル

2)展着剤:マイリノー10000倍

3)上記以外の時期は、所内一般散布

(3) 2019年:五戸圃場

試験場所、供試樹は表5のとおり。

薬剤散布:表6に示すように「開花直前」から「落花10日後頃」までスピードスプレーヤーで供試薬剤を散布した。

調査方法:2019年6月12日にふじを供試して任意に各区3樹抽出し、1樹当たり20本の新梢葉の全葉を対象に発病状況を調査し、発病葉率を求めた。また、果実についても1樹当たり100果の発病状況を調査した。薬害の有無は随時、肉眼観察で判定した。

表5 試験圃場の概要

試験圃場	栽培面積	台木	品種
C-1号圃	7.2a (実験区)	わい性台樹 M.26(22年生)	ふじ
B-3号圃	4a (対照区)	わい性台樹 青台3、M.26(18年生)	ふじ
C-1号圃	3.6a (無散布区)	わい性台樹 M.26(22年生)	ふじ

(様式1)

表6 各区の散布経過

散布時期	散布月日	実験区		対照区	
開花直前	5月7日	フルーツセイバー	2,000倍	フルーツセイバー	2,000倍
落花直後	5月17日	NF-180フロアブル20	4,000倍	ユニックス顆粒水和剤47	2,000倍
		ジマンダイセン水和剤	600倍	ジマンダイセン水和剤	600倍
落花10日後頃	5月27日	ユニックス顆粒水和剤47	2,000倍	チオノックフロアブル	500倍
		チオノックフロアブル	500倍	エルサン水和剤	1000倍
		エルサン水和剤	1000倍	クレフノン	100倍
		クレフノン	100倍		

注1)NF-180フロアブル20:ミギワ20フロアブル

2)展着剤:マイリノー10000倍

3)上記以外の時期は、所内一般散布

(4) 2020年:黒石圃場

試験場所、供試樹は表7のとおり。

薬剤散布:表8に示すように「開花直前」から「落花10日後頃」までスピードスプレーヤで供試薬剤を散布した。

調査方法:2020年6月9日にふじを供試して(1)黒石圃場の試験に準じて調査した。

表7 試験圃場の概要

試験圃場	栽培面積	台木	品種
A6-4号圃	36a (実験区 18a)	わい性台樹 青台1、青台3、 M.27、 M.9EMLA(21年)	ふじ、つがる

表8 各区の散布経過

散布時期	散布月日	実験区	回数	対照区	回数
発芽前	3月25日	ハーベストオイル	50倍	ハーベストオイル	50倍
展葉1週間後頃	4月17日	ベフラン液剤25	1,000倍	ベフラン液剤25	1,000倍
		ダーズバンDF	3,000倍	ダーズバンDF	3,000倍
追加散布	4月24日	ベフラン液剤25	1,000倍	ベフラン液剤25	1,000倍
開花直前	5月3日	カナメフロアブル	4,000倍	カナメフロアブル	4,000倍
		ファイブスター顆粒水和剤	3,000倍	ファイブスター顆粒水和剤	3,000倍
落花直後	5月12日	ミギワ20フロアブル	4,000倍	ユニックス顆粒水和剤47	2,000倍
		ベンコゼブ水和剤	600倍	ベンコゼブ水和剤	600倍
		ファイブスター顆粒水和剤	3,000倍	ファイブスター顆粒水和剤	3,000倍
		パロックフロアブル	2,000倍	パロックフロアブル	2,000倍
落花10日後頃	5月22日	ユニックス顆粒水和剤47	2,000倍	チオノックフロアブル	500倍
		チオノックフロアブル	500倍	スプラサイド水和剤	1,500倍
		スプラサイド水和剤	1,500倍	ベンレート水和剤	3,000倍
		クレフノン	100倍	クレフノン	100倍
落花20日後頃	6月1日	ジマンダイセン水和剤	600倍	ジマンダイセン水和剤	600倍
		ダイアジノン水和剤34	1,000倍	ダイアジノン水和剤34	1,000倍
		コナケン顆粒水和剤	4,000倍	ベンレート水和剤	3,000倍
		クレフノン	100倍	クレフノン	100倍

注1)ミギワ20フロアブル:NF-180フロアブル20

2)展着剤:マイリノー10000倍

3)上記以外の時期は、所内一般散布

(様式1)

3. 調査結果

(1) 2019年：黒石圃場

無散布区としたC2-1号圃の果そう葉の発病葉率は55.7%、新梢葉は13.6%、発病果率1.0%と少発生条件の試験となった(表9)。このような条件下で新規薬剤の効果を評価するため、新梢葉での発生状況をみると、A6-4号圃(ふじ)では実験区、対照区ともに発病がみられず、果実も発病していなかった。薬害もみられなかった。B5-1号圃(ふじ)では実験区が発病葉率0.4%、対照区が2.1%であった。果実は対照区で1.3%発生がみられた。B5-1号圃(王林)では実験区が発病葉率2.6%、対照区が4.3%であった。果実では実験区が1.3%、対照区が4.0%みられた。薬害はみられなかった。B12-1~3号圃(ふじ)では実験区が発病葉率0.6%、対照区が0.7%であった。果実では発病がみられなかった。薬害はみられなかった。

(2) 2019年：藤崎圃場

本圃場では無散布区を設置できないので、実験区と対照区のみでの調査結果を示した(表10)。新規薬剤の効果を評価するため、新梢葉での発生状況をみると、F7号圃(ふじ)では実験区が発病葉率0.4%、対照区が2.0%であった。果実は実験区が発病果率0.3%、対照区が1.3%であった。F7号圃(王林)では実験区が発病葉率2.3%、対照区が2.8%であった。果実では実験区が発病果率2.7%、対照区が6.7%みられた。薬害はみられなかった。

(3) 2019年：五戸圃場

無散布区としたC-1号圃の新梢葉の発病葉率は0.8%、発病果率0%と極少発生条件の試験となった(表11)。実験区、対照区ともに発生はみられず、防除効果は明らかでなかった。薬害はみられなかった。

(4) 2020年：黒石圃場

無散布区としたC2-1号圃の果そう葉の発病葉率は21.1%、新梢葉で23.4%と中発生条件となり、果実では91.0%と甚発生条件となった(表12)。モニリア病とうどんこ病は発生がみられなかった。このような条件下でA6-4号圃(ふじ)では実験区、対照区ともに発病がみられず、薬害もみられなかった。

表9 黒石圃場の各区における各種病害の発生状況(2019)

試験圃場	品種	試験区	果そう葉			新梢葉			発病果率(%)			薬害
			調査葉数(枚)	黒星病	うどんこ病	調査葉数(枚)	黒星病	うどんこ病	調査果数(個)	黒星病	うどんこ病	
A6-4号圃	ふじ	実験区	75.3	0	0	149.3	0	0	100	0	0	なし
		対照区	77.0	0.3	0	154.3	0	0	100	0	0	なし
B5-1号圃	ふじ	実験区	76.3	0.3	0	153.7	0.4	0	100	0	0	なし
		対照区	75.0	8.3	0	158.3	2.1	0	100	1.3	0	なし
	王林	実験区	78.7	7.2	0	150.0	2.6	0	100	1.3	0	なし
		対照区	78.0	5.0	0	134.3	4.3	0	100	4.0	0	なし
B12-1号圃	ふじ	実験区	75.7	0	0	156.3	0.6	0	100	0	0	なし
		対照区	77.0	0	0	157.0	0.7	0	100	0	0	なし
(C2-1号圃)	ふじ	無散布区	77.3	55.7	0	139.0	13.6	0	100	1.0	0	

(様式1)

表10 藤崎圃場の各区における各種病害の発生状況 (2019)

試験圃場	品種	試験区	発病率率(%)						発病果率(%)				薬害	
			果そう葉			新梢葉								
			調査葉数 (枚)	モニリア病	黒星病	うどんこ病	調査葉数 (枚)	黒星病	うどんこ病	調査果数 (個)	モニリア病	黒星病		うどんこ病
F7号圃	ふじ	実験区	84.7	0	8.9	0	156.7	0.4	0	100	0	0.3	0	なし
		対照区	83.7	0	7.6	0	148.3	2.1	0	100	0	1.3	0	なし
	王林	実験区	82.3	0	7.7	0	156.7	2.3	0	100	0	2.7	0	なし
		対照区	91.3	0	17.1	0	160.0	2.8	0	100	0	6.7	0	なし

表11 五戸圃場の各区における各種病害の発生状況 (2019)

試験圃場	品種	試験区	新梢葉			発病果率(%)				薬害
			発病率率(%)							
			調査葉数 (枚)	黒星病	うどんこ病	調査果数 (個)	モニリア病	黒星病	うどんこ病	
C-1号圃	ふじ	実験区	329.0	0	0	100	0	0	0	なし
B-3号圃		対照区	326.3	0	0	100	0	0	0	なし
C-1号圃		無散布区	322.0	0.8	0	100	0	0	0	なし

表12 黒石圃場の各区における各種病害の発生状況 (2020)

区	発病率率(%)						発病果率(%)				薬害	
	果そう葉			新梢葉								
	調査葉数 (枚)	モニリア病	黒星病	うどんこ病	調査葉数 (枚)	黒星病	うどんこ病	調査果数 (個)	モニリア病	黒星病		うどんこ病
実験区	75.7	0	0	0	159.7	0	0	100	0	0	0	なし
対照区	75.0	0	0	0	158.0	0	0	100	0	0	0	なし
無散布区 (C2-1号圃)	75.7	0	21.1	0	147.7	23.4	0	100	0	91.0	0	

4. 考察

2019年は少発生条件であったが、ミギワ20フロアブル(NF-180フロアブル)を「落花直後」に配置した散布体系は慣行散布とほぼ同等の効果を示した。一方、2020年は中発生条件であったが、ミギワ20フロアブル(NF-180フロアブル)を配置した散布体系は慣行散布と同じく発病がみられず、両区に差はみられなかった。2か年とも薬害等はいずれの圃場でもみられなかったことから、実用性はあると考えられた。

5. 今後の課題

令和3年度より普及に移すため、試験は終了とする。

6. 要約

2019～2020年にミギワ20フロアブル(NF-180フロアブル)を「落花直後」に配置した散布体系を作成し、スピードスプレーヤを利用した散布試験を実施したところ、2019年は慣行散布とほぼ同等の効果を示し、2020年は慣行散布とともに発病がみられず、両区に差はみられなかった。2か年とも薬害等はいずれの圃場でもみられなかったことから、実用性はあると考えられた。

7. 成果の公表及び特許

令和3年度農作物病害虫防除指針および令和3年りんご病害虫防除暦

(様式1)

病害虫の効率的防除体制の再編委託事業

東北ブロック：「DMI 剤感受性低下菌対策を主眼としたリンゴ黒星病防除体系の確立」

5. 早期使用に向けた新規防除薬剤の圃場試験

(2) 手散布試験

赤平知也

青森県産業技術センターりんご研究所

[〒036-0332 青森県黒石市牡丹平字福民24]

1. 調査背景と目的

近年、リンゴ黒星病の発生の増加が問題となっており、発生防止に向けた防除技術の開発や新規防除薬剤の早期登録が急務となっている。そこで、黒星病に卓効を示す新規薬剤及び黒星病に治療効果を示す薬剤を配置した体系試験を実施し、その実用性を検証する。

2. 調査方法

表1に示すB9-3号圃のリンゴ樹を供試して、表2に従って「展葉1週間後頃」から「落花20日後頃」まで所定濃度の供試薬剤に展着剤（マイリノー10,000倍）を加用し、動力噴霧機で散布した。なお、1区は新防除体系で降雨前に散布し、2区は新防除体系でなるべく降雨後となるように散布し、3区は慣行散布とした。試験後の薬剤散布はりんご病害虫防除暦に準じて行った。調査は6月9日に任意に各区3樹抽出し、1樹当たり10本の果そう葉と新梢葉の全葉を対象にモニリア病、黒星病、うどんこ病の発病状況を調査した。また、果実についても1樹当たり100果の発病状況を調査した。薬害の有無は随時、肉眼観察で判定した。

表1 試験圃場の概要

試験圃場	栽培面積	台木	品種
B9-3号圃	6a	普通台樹 (17年生)	ふじ

表2 各区の散布経過

試験区	展葉1週間後		追加散布		開花直前		落花直後		落花10日後		落花20日後	
	4月17日	4月21日	4月24日	5月1日	5月4日	5月8日	5月15日	5月18日	5月26日	5月28日	6月4日	6月9日
1区(新体系降雨前)	B		B		K		M+T		Y+Z		T+C	
2区(新体系降雨後)		B		B		K		M+T		Y+Z		T+C
3区(慣行)	B		S		O		Y+T		Z+Be		T+Be	
4区(無散布)	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-

注) B:ベフラン液剤25 1,000倍、S:スライド顆粒水和剤1,500倍、T:チオノックフロアブル500倍、K:カナメフロアブル3,000倍、O:オルフィンフロアブル4,000倍、M:ミギワフロアブル4,000倍、Y:ユニックス顆粒水和剤2,000倍、Z:ジマンダイセン水和剤600倍、Be:ベンレート水和剤3,000倍、C:コナケン顆粒水和剤4,000倍

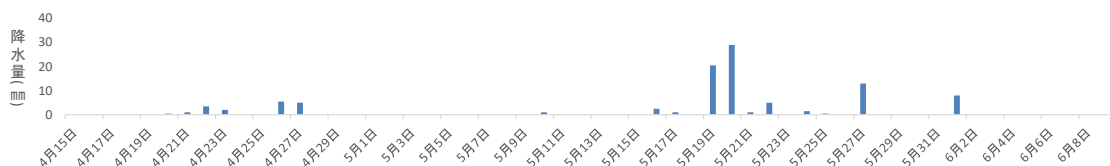


図1 試験期間中の降雨量

(様式1)

3. 調査結果

無散布とした4区では黒星病の発病葉率は果そう葉で5.7%、新梢葉で5.0%、果実でも1.3%と少発生条件となった(表3)。うどんこ病の発病葉率は果そう葉で0%、新梢葉で39.6%、果実で20.7%と中発生条件となった。モニリア病は発生がみられなかった。このような条件下で、新防除体系を降雨前に散布した1区及び降雨後に散布した2区は、慣行散布の3区同様いずれの病害もほとんど発生がみられなかった。葉害もみられなかった。

表3 各区における各種病害の発生状況

区	発病葉率(%)								発病果率(%)			葉害
	果そう葉			新梢葉								
	調査葉数 (枚)	モニリア病	黒星病	うどんこ病	調査葉数 (枚)	黒星病	うどんこ病	調査果数 (個)	モニリア病	黒星病	うどんこ病	
1	73.0	0	0	0	149.7	0	0	50.0	0	0	0	なし
2	73.0	0	0	0	134.3	0	0	50.0	0	0	0	なし
3	74.7	0	0	0	150.7	0	0.9	50.0	0	0	0	なし
4	75.0	0	5.7	0	148.0	5.0	39.6	50.0	0	1.3	20.7	

4. 考察

新規薬剤ミギワ20フロアブルを「落花直後」に配置し、「展葉1週間後頃」から「落花10日後頃」まで黒星病に対して治療効果を有する薬剤を配置した防除体系について、降雨前散布と降雨後散布の防除効果を評価した。本年は黒星病少発生、うどんこ病中発生の条件であったが、新防除体系は降雨前後の散布に関係なく慣行散布と同様に発病がみられず、両区に差はみられなかった。葉害等もいずれの散布区でもみられなかったことから、実用性はあると考えられた。

5. 今後の課題

令和3年度より普及に移すため、試験は終了とする。

6. 要約

新規薬剤ミギワ20フロアブルを含め、黒星病に対して治療効果を有する薬剤を「展葉1週間後頃」から「落花10日後頃」まで配置した防除体系は降雨前後の散布に関係なく慣行散布と同様に発病がみられず、両区に差はみられなかった。葉害等もいずれの散布区でもみられなかったことから、実用性はあると考えられた。

7. 成果の公表及び特許

令和3年度農作物病害虫防除指針および令和3年りんご病害虫防除暦

(様式1)

病害虫の効率的防除体制の再編委託事業

東北ブロック：「DMI 剤感受性低下菌対策を主眼としたリンゴ黒星病防除体系の確立」

5. 早期使用に向けた新規防除薬剤の圃場試験

(3) 品種別薬害試験

赤平知也

青森県産業技術センターりんご研究所

[〒036-0332 青森県黒石市牡丹平字福民24]

1. 調査背景と目的

近年、リンゴ黒星病の発生の増加が問題となっており、発生防止に向けた防除技術の開発や新規防除薬剤の早期登録が急務となっている。そこで、黒星病に卓効を示す新規薬剤についてりんご研究所内でスピードスプレーヤ（SS）を利用した大規模試験を実施し、品種別薬害の有無を検証する。

2. 調査方法

(1) 2019年

試験場所、供試樹：表1のとおり。

薬剤散布：表2に示すように「開花直前」から「落花10日後頃」までスピードスプレーヤで所定濃度の供試薬剤に展着剤（マイリノー10,000倍）を加用して、スピードスプレーヤで散布した。試験前後の薬剤散布はりんご病害虫防除暦に準じて行った。

調査方法：2019年5月14日にミギワ20フロアブル（NF-180フロアブル20）を散布してから、その5日後（5月19日）、9日後（5月23日）、13日後（5月27日）に実施し、1品種につき任意に100果そう及び100新梢選んで、薬害の有無を調査した。また、6月7日には1品種50果そうの果実について薬害の有無を調査した。

表1 試験圃場の概要

試験圃場	栽培面積	台木	品種
A6-4号圃	36a (実験区18a)	わい性台樹 青台1、青台、M.27、 M.9EMLA(19年生)	ふじ、つがる
B5-1号圃	30a (実験区15a)	普通台樹 マルバカイドウ(27年生)	ふじ、王林、ジョナ、 つがる、陸奥、北斗
B12-1～3号圃	88a (実験区53a)	わい性台樹 M.9EMLA、M.9T337、 M.26、JM7、青台3 (8～22年生) 普通台樹 マルバカイドウ(22年生)	ふじ、王林、つがる、 ジョナ、トキ、星の金貨、 千雪、未希ライフ、 春明21、シナノスイート

(様式1)

表2 各区の散布経過

散布時期	散布月日	実験区	倍数	対照区	倍数
開花直前	5月4日 (B5-1)	オルフィンフロアブル	4,000倍	オルフィンフロアブル	4,000倍
		(ネクスターフロアブル) (1,500倍)		(ネクスターフロアブル) (1,500倍)	
		カスケード乳剤	4,000倍	カスケード乳剤	4,000倍
落花直後	5月14日	NF-180フロアブル20	4,000倍	ユニックス顆粒水和剤47	2,000倍
		チオノックフロアブル	500倍	チオノックフロアブル	500倍
		カスケード乳剤	4,000倍	カスケード乳剤	4,000倍
落花10日後頃	5月23日	ユニックス顆粒水和剤47	2,000倍	ジマンダイセン水和剤	600倍
		ジマンダイセン水和剤	600倍	サイアノックス水和剤	1,000倍
		サイアノックス水和剤	1,000倍	クレブノン	100倍
		クレブノン	100倍		

注1) NF-180フロアブル20:ミギワ20フロアブル

2) 展着剤:マイリノー10000倍

3) 上記以外の時期は、所内一般散布

(2) 2020年

試験場所、供試樹:表3のとおり。

薬剤散布:表4に示すように「開花直前」から「落花10日後頃」までスピードスプレーヤで所定濃度の供試薬剤に展着剤(マイリノー10,000倍)を加用して、スピードスプレーヤで散布した。

試験前後の薬剤散布はりんご病害虫防除暦に準じて行った。

調査方法:2020年5月12日にミギワ20フロアブル(NF-180フロアブル20)を散布してから、その6日後(5月18日)、10日後(5月22日)、15日後(5月29日)に実施し、1品種につき任意に100果そう及び100新梢選んで、薬害の有無を調査した。また、6月12日には1品種50果そうの果実について薬害の有無を調査した。

表3 試験圃場の概要

試験圃場	栽培面積	台木	品種
D4-3号圃	6a	普通台樹 (8年生)	ふじ、王林、つがる、ジョナゴールド、トキ、シナゴールド、シナノスイート、きおう、千秋、ぐんま名月、さんさ、あかね、紅玉、世界一、陸奥、金星、未希ライフ、彩香、星の金貨、春明21

表4 各区の散布経過

散布時期	散布月日	散布薬剤	倍数	散布量
開花直前	5月3日	パレード15フロアブル	2,000倍	320ℓ
		アタブロンSC	4,000倍	
落花直後	5月12日	ミギワ20フロアブル	4,000倍	350ℓ
		ペンコゼブ水和剤	600倍	
		アタブロンSC	4,000倍	
		バロックフロアブル	2,000倍	
落花10日後頃	5月22日	チオノックフロアブル	500倍	350ℓ
		スプラサイド水和剤	1,500倍	

注1)ミギワ20フロアブル:NF-180フロアブル20

2)展着剤:マイリノー10000倍

3)上記以外の時期は、所内一般散布

(様式1)

3. 調査結果

(1) 2019年

本年は干ばつ傾向にあり、供試樹の中にも元葉を中心に黄変落葉がみられていたが、果そう葉、新梢葉、果実においても薬害と思われるような症状は認められなかった。

(2) 2020年

供試した品種はいずれの調査日においても果そう葉、新梢葉、果実いずれも薬害の発生はみられなかった。

表5 各圃場における薬害の発生状況 (2019)

供試薬剤	試験圃場	品種	薬害の発生状況						果実 (6/7)
			散布5日後(5/19)		散布9日後(5/23)		散布13日後(5/27)		
			果そう葉	新梢葉	果そう葉	新梢葉	果そう葉	新梢葉	
NF-180フロアブル 4,000倍	A6-4号圃	ふじ	—	—	—	—	—	—	—
		つがる	—	—	—	—	—	—	—
	B5-1号圃	ふじ	—	—	—	—	—	—	—
		王林	—	—	—	—	—	—	—
		つがる	—	—	—	—	—	—	—
		ジョナゴールド*	—	—	—	—	—	—	—
		陸奥	—	—	—	—	—	—	—
	B12-1、2号圃	北斗	—	—	—	—	—	—	—
		ふじ	—	—	—	—	—	—	—
		王林	—	—	—	—	—	—	—
		つがる	—	—	—	—	—	—	—
		ジョナゴールド*	—	—	—	—	—	—	—
		トキ	—	—	—	—	—	—	—
		シナスイート	—	—	—	—	—	—	—
		千雪	—	—	—	—	—	—	—
未希ライフ	—	—	—	—	—	—	—		
星の金貨	—	—	—	—	—	—	—		
春明21	—	—	—	—	—	—	—		

表6 薬害の発生状況 (2020)

供試薬剤	品種	薬害の発生状況						果実 (6/12)
		散布6日後(5/18)		散布10日後(5/22)		散布15日後(5/27)		
		果そう葉	新梢葉	果そう葉	新梢葉	果そう葉	新梢葉	
ミギワ20フロアブル 4,000倍	ふじ	—	—	—	—	—	—	—
	王林	—	—	—	—	—	—	—
	つがる	—	—	—	—	—	—	—
	ジョナゴールド*	—	—	—	—	—	—	—
	トキ	—	—	—	—	—	—	—
	シナゴールド*	—	—	—	—	—	—	—
	シナスイート	—	—	—	—	—	—	—
	きおう	—	—	—	—	—	—	—
	千秋	—	—	—	—	—	—	—
	ぐんま名月	—	—	—	—	—	—	—
	さんさ	—	—	—	—	—	—	—
	あかね	—	—	—	—	—	—	—
	紅玉	—	—	—	—	—	—	—
	世界一	—	—	—	—	—	—	—
	陸奥	—	—	—	—	—	—	—
	金星	—	—	—	—	—	—	—
	未希ライフ	—	—	—	—	—	—	—
	彩香	—	—	—	—	—	—	—
	星の金貨	—	—	—	—	—	—	—
	春明21	—	—	—	—	—	—	—

—: 薬害なし

(様式1)

4. 考察

ミギワ 20 フロアブル (NF-180 フロアブル 20) の「落花直後」散布において果そう葉、新梢葉、果実においても薬害と思われるような症状は認められなかった。このことから、本剤の「落花直後」散布は問題なく、実用性は高いと考えられた。

5. 今後の課題

令和3年度より普及に移すため、試験は終了とする。

6. 要約

2019～2020年にミギワ 20 フロアブル (NF-180 フロアブル 20) を「落花直後」にスピードスプレーヤーで散布し、その後の薬害発生状況を調査したところ、いずれの年も薬害の発生はみられず、実用性は高いと考えられた。

7. 成果の公表及び特許

令和3年度農作物病害虫防除指針および令和3年りんご病害虫防除暦

1. 子のう胞子飛散消長調査

氏名 高橋友樹・佐藤 裕・上村大策

所属 秋田県果樹試験場 生産技術部

[〒013-0102 秋田県横手市平鹿町醍醐字街道下 65]

1. 調査背景と目的

吸引式胞子採集器は胞子採集効率が高いことが知られているが、秋田県南部では本機器による調査データがない。そこで、本機器による子のう胞子の飛散消長を調査するとともに、消雪日および平均気温を基にした子のう胞子飛散開始日の簡易予測法（浅利, 2008）に基づいて初感染日について再評価する。

2. 調査方法

- 1) 試験場所：果樹試験場内
- 2) 胞子飛散消長調査：2019 年秋に湯沢市秋ノ宮の現地ほ場から採集したリンゴ黒星病被害葉を降雪前に 50×50 cm のネットに詰めて場内ほ場に設置した。2020 年 3 月 13 日（50%消雪から概ね 2 週間後）から吸引式の胞子収集器を被害葉上に設置し、スライドガラスに貼り付けた透明両面テープに子のう胞子を捕捉した。スライドガラスは毎日午前 10 時に交換した。
- 3) 胞子計測：胞子数の計測は粘着面にカバーガラス（18×18mm）を被せ、メチレンブルー染色後にカバーガラスの範囲に捕捉された子のう胞子を光学顕微鏡下で計測した。

3. 調査結果

- 1) 2020 年の 50%消雪日は 2 月 27 日と平年（3 月 31 日）よりも約 1 ヶ月早まった。初飛散は 3 月 26 日に認められ、昨年より約 2 週間早まった（2019 年の初飛散は 4 月 12 日）。
- 2) 最多飛散日は、約 4000 個の飛散を確認した 4 月 20 日及び 5 月 18 日であり、飛散盛期は 4 月 20 日を含む 5 日間の連続降雨期間と 5 月 18 日を含む 3 日間の連続降雨期間であった。
- 3) 6 月 2 日に子のう胞子を確認して以降は降雨時に飛散が見られなかったため、本年の子のう胞子飛散期間は 3 月 26 日～6 月 2 日までの 69 日間であった（表 1）。

表 1 子のう胞子飛散消長記録（R1、R2年）

年次	50% 消雪日	180日度到達日	初飛散日	飛散最終日	飛散期間
R1年	3月22日	4月22日	4月24日	7月15日	83日間
R2年	2月27日	4月1日	3月26日	6月2日	69日間

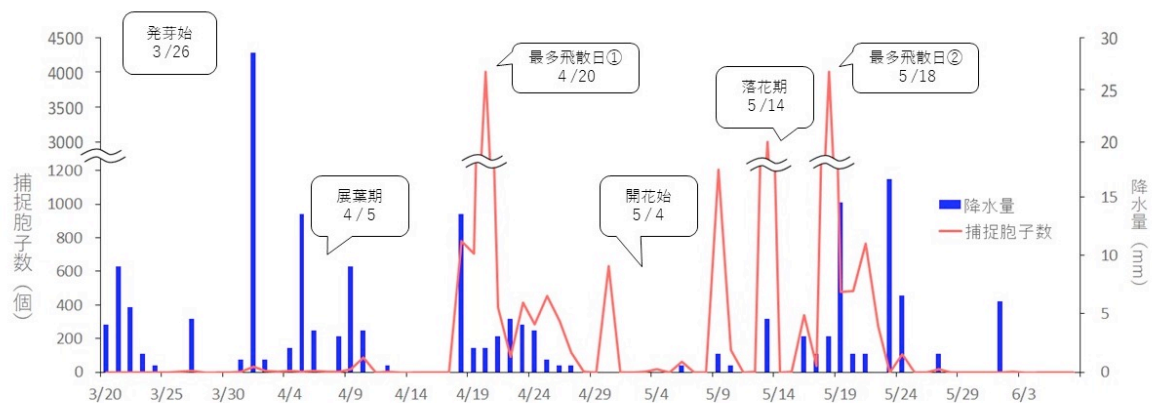


図1 リンゴ黒星病子のう胞子の飛散消長と降水量（横手市2020）

4. 考察

初飛散日（3月26日）の日平均気温は6.3℃、降雨量は0mmであったため感染は起こらなかったと考えられる。4月18日は多量の胞子飛散が確認され、平均気温は10.1℃で10時間以上の濡れ時間があったことから、この日が初感染日と考えられる。なお、横手市での初発確認日は5月14日であり、横手市内の管理不良リンゴ樹で確認した。

浅利（2008）の簡易推定法は、「50%消雪日以降の日平均気温の積算温度が180日度を超過した後の降雨により子のう胞子が飛散する」とされるが、2020年は2月27日を起算日とした際に日平均気温の積算が180℃に到達した日は4月1日であり、実際の初飛散日（3月26日）と6日の差が生じた。3月26日時点の日平均気温の積算は138.0℃であった。しかし2020年は暖冬年であり、2月27日時点で落葉を詰めたネットが露出していたことから日平均気温の積算は2月27日以前から始まっていると推測され、2020年の子のう胞子飛散消長は簡易推定法に概ね合致していると考えられる。

5. 今後の課題

2021年も同様の調査を実施する。

6. 要約

2020年の子のう胞子飛散消長は3月26日に初飛散を確認し、その後4月20日及び5月18日の連続降雨時に最多飛散量を確認した。初感染日は10時間以上の濡れ時間を確認した4月18日と推定された。

7. 成果の公表及び特許

秋田県黒星病緊急対策連絡協議会へ試験結果を情報提供した。

年間6回開催される共同防除組合調査員会議への資料として情報提供した。

子のう胞子飛散消長記録は、秋田県果樹試験場のHPへ4月以降、随時掲載した。

(様式1)

病害虫の効率的防除体制の再編委託事業

東北ブロック：「DMI 剤感受性低下菌対策を主眼としたリンゴ黒星病防除体系の確立」

1. 子のう胞子飛散消長および発生消長調査

氏名 中村佐之、長崎仁甚

所属 秋田県果樹試験場総務企画班 (かづの果樹センター)

[〒018-5201 秋田県鹿角市花輪字小坂野 3-12]

1. 調査背景と目的

リンゴ黒星病の防除で重要な事は、子のう胞子による初期の感染をいかに防ぐかにある。そのため、重点防除時期を把握する上で必要な子のう胞子の飛散消長を明らかにする。また、防除時期を検証するために重要な発生消長を捉えておく必要がある。

2. 調査方法

1) 調査場所：かづの果樹センター内ほ場1号圃 (予察ほ)

2) 調査方法：

①子のう胞子の飛散消長

- ・2019年秋に被害葉を採集しネットに入れ屋外に静置した。
- ・2020年4月1日に胞子収集器を被害葉上に設置した。スライドグラス(76×26mm)上に、透明両面テープ(スリーエムジャパン社 スコッチ665-3-18)を貼り、胞子収集器内に約24時間静置した。
- ・スライドグラス回収後、メチレンブルーで染色しカバーガラス(18×18mm)をかぶせ、顕微鏡下でその範囲内にある子のう胞子数を光学顕微鏡下で計数した。

②発生消長

- ・随時観察を行い、初発日を特定後、任意の50果その葉および果実50果について、10日おきに発病の有無を調査した。

3. 調査結果

1) 子のう胞子飛散消長

- ①本年の消雪日は2月26日で、平年(3月31日)より約1ヶ月早かった。消雪後の積算温度が180日度に達したのは4月16日であった。
- ②4月8日に1個の子のう胞子飛散を確認した。その後4月18日と20日に11個、4月28日には20個と本年の最多飛散を確認した(図1)。
- ③5月中旬以降も子のう胞子の飛散は確認されたが、飛散量は前年に比べ著しく少なかった。

2) 発生消長

(様式1)

- ①予察ほにおける初発は5月28日に1樹、1果そうで確認したが、他ほ場では5月21日に発病を確認した。
- ②果そう葉での発病は、初発確認10日後の6月8日に15.3%であった。6月中旬までは横ばい傾向であったが、30日後の6月29日には46.7%と増加した(図2)。
- ③果実では初発確認20日後の6月18日に1果のみ発病を確認し、その時点での発病果率は0.7%であった。その後、増加を示し、7月10日の発病果率は16.2%であった。

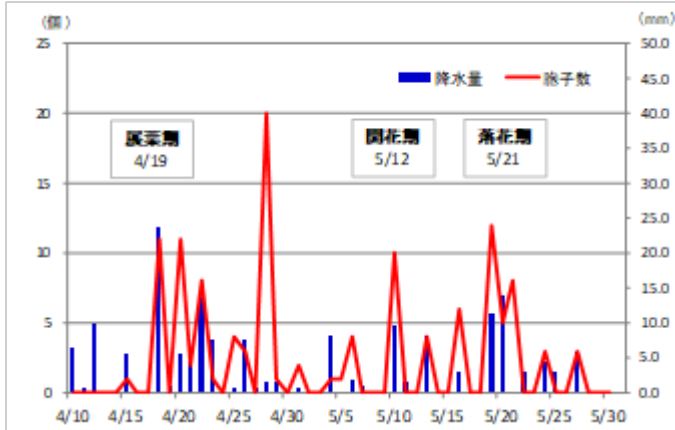


図1 黒星病子のう胞子の飛散消長と降水量

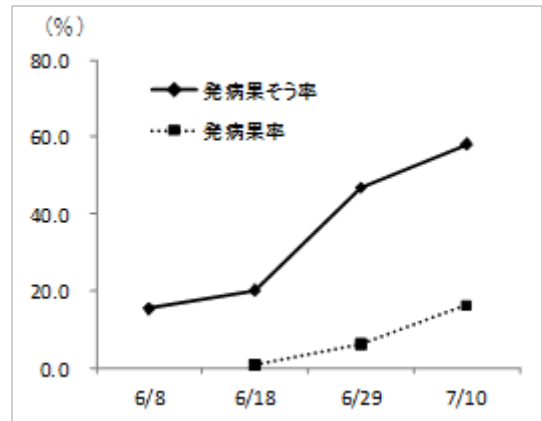


図2 予察ほにおける黒星病発生病消長

4. 考察

・2020年は記録的な暖冬により、消雪日が平年より約1ヶ月早い2月26日となった。そのため、浅利(2008)が報告した簡易推定法による、子のう胞子の初飛散日の目安となる「消雪後180日度」の到達も大幅に早まることが予想されたが、4月が低温で経過したため、結果として180日度到達日は4月16日となり、過去2か年(2019年:4月24日、2018年:4月26日)より8~10日の早まりとなった。その2日後の降雨で胞子飛散が確認されており、簡易推定法の精度の高さが改めて実証された。

・2020年の子のう胞子飛散消長調査での捕捉胞子数は、2019年の調査結果に比べ極端に少なく、調査期間の総数は1%にも満たなかった。これは、2019年が少発生で経過し、秋の感染量が少なくなり、その結果、子のう殻の形成量が極端に抑制されたためと考えられる。

・2020年は、子のう胞子の飛散量が少なかったこと、感染に適した気象が少なかったこともあり、初発は遅れ5月の発生量は少なかったが、6月中旬に感染好適条件が続いた後は、急増した。初期の発生量が少なくても、気象条件が整えば一気に増加することが改めて確認された。このような発生状況から、本病に対しては展葉期から6月まで、しっかりと防除を行う必要があると考えられた。

5. 今後の課題

- ・これまでの調査結果をわかりやすくまとめ、現場指導へ活かす必要がある。

(様式1)

・当地の防除指導では、ベフラン液剤25の使用時期を「芽出し後10日」としている。生育が平年並に推移すると展葉初期の頃で、子とう胞子の飛散開始時期の「消雪後180日度」ともタイミングが合う時期である。しかし、発芽後に低温が続き生育が停滞した場合は、子とう胞子の飛散開始時期よりも防除が早くなってしまい、十分な防除効果が期待できない可能性がある。そのため、今後の防除暦等では「芽出し後10日」を「展葉期」と、より具体的な表現への変更が必要と考えられる。

6. 要約

- ・無散布圃場における子とう胞子の飛散および発生消長を調査した。その結果、本年の子とう胞子の飛散は4月8日に開始し、6月1日に終息した。前年が少発生だった影響からか、子とう胞子捕捉胞子数は前年に比較し極めて少なかった。
- ・予察までの初発を5月28日に確認した。6月中旬以降増加し6月29日には46.7%と中程度の発生であった。

7. 成果の公表及び特許

- ・秋田県リンゴ黒星病緊急対策協議会資料および今後の防除指導に活用する。

2. 防除体系の実証

(1) 県内で発生している黒星病の薬剤感受性検定

1) フェナリモルを用いた培地検定

氏名 高橋 友樹、佐藤 裕、上村 大策

所属 秋田県果樹試験場 生産技術部

[〒013-0102 秋田県横手市平鹿町醍醐字街道下 65]

1. 調査背景と目的

県内各地から採集したリンゴ黒星病菌についてフェナリモルに対する感受性検定を実施し、県内における耐性菌の有無及び耐性程度を明らかにする。

2. 調査方法

- 1) 標本採集場所：県内各地域のリンゴ黒星病発生ほ場
- 2) 感受性検定法：PDA 平板培地にフェナリモルの添加濃度を 0 および 0.01、0.05、0.1、0.5、1、5、10、50、100ppm に調整し、検定培地を作成した。PDA 平板培地で前培養した菌叢を、コルクボーラー（直径 4 mm）で打ち抜き、菌叢面が検定培地に接するよう置床し、20℃、散光下で 3 週間培養した後、菌叢直径を計測した。EC50 値を算出し EC50 値が 1.0ppm 以上の菌株を耐性株とした。

3. 調査結果

- 1) 耐性株は 17 地点中 7 地点（41.2%）から検出され、78 菌株の内 13 菌株（検出率 16.7%）を耐性株と判定した（表 1）。
- 2) 県内のリンゴ主産地から得られた菌株において、フェナリモルに対する耐性菌が県全域で確認された。

表1 DMI剤（フェナリモル）感受性検定結果

No.	採集地	発生状況	調査株数	耐性株	EC50値		
					耐性株	感受性株	
1	鹿角市 村後	少	1			0.48	
2	大館市 中山1	極少	3	1	1.23	0.39-0.75	
3	北秋田市 田代	極少	3	1	2.29	0.64-0.82	
4	由利本荘市 西目町	極少	1	1	2.88		
5	湯沢市 東福寺	極少	13	1	1.34	0.15-0.89	
6	横手市	大沢1	少	5		0.08-0.96	
7		大沢2	少	1	1	1.53	
8		大沢4	少	8	5	1.06-1.74	
9		大屋新町	極少	7		0.18-0.9	
10		寿町	少	8		0.0001-0.02	
11		増田1	極少	15		0.12-0.63	
12		増田6	極少	1		0.94	
13		増田7	極少	1	1	1.51	
14		増田8	極少	2	2	1.62-1.95	
15		増田10	極少	1		0.05	
16		美郷町 六郷1	極少	6		0.04-0.25	
17		美郷町 六郷2	極少	2		0.04-0.39	
合計			78	13			

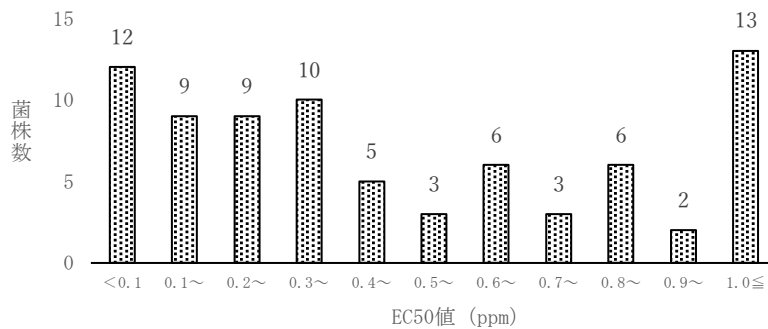


図1 2020年に採集された菌株 (n=78) のEC50値別分布

4. 考察

本試験の結果から、県全域でフェナリモルに対する耐性株が検出された。EC50 値別に供試菌株の個数を比較したところ (図1)、県内の黒星病菌の EC50 値は0.1-0.3 の範囲に多く分布していた。今後、本県でも DMI 剤を使い続けることにより薬剤耐性菌の検出頻度が増加すると考えられた。

5. 今後の課題

DMI 剤感受性に関する調査の継続。

6. 要約

2020年に県内リンゴ黒星病発生圃場から分離されたリンゴ黒星病菌についてフェナリモルに対する薬剤感受性検定を行った。その結果、耐性菌 (EC50 値が1ppm を超えた菌株) が調査した17地点中7地点 (41.2%)、78菌株中12菌株 (15.4%) で検出された。

7. 成果の公表及び特許

秋田県リンゴ黒星病緊急対策連絡協議会に試験成績を情報提供した。講習会等に試験成績を活用する。

防除体系の実証

(1) 県内で発生している黒星病の薬剤感受性検定 2) 遺伝子解析による耐性菌検定

氏名 高橋 友樹、佐藤 裕、上村 大策

所属 秋田県果樹試験場 生産技術部

[〒013-0102 秋田県横手市平鹿町醍醐字街道下 65]

1. 調査背景と目的

県内各地から採取されたリンゴ黒星病菌について CYP51 遺伝子変異の有無について解析を行い、遺伝子変異株の県内分布について明らかにする。

2. 調査方法

- 1) 標本採集場所：県内各地域のリンゴ黒星病発生圃場
- 2) 遺伝子解析：リンゴ黒星病の CYP51 遺伝子の塩基配列について解析を行い、PCR 法による遺伝子変異株の検出を行った（以下、変異株）。なお、解析については農研機構果樹茶業研究部門リンゴ研究領域へ依頼した。

3. 調査結果

- 1) 変異株は、調査した 28 地点中 9 地点 (32.1%) から、160 標本中 30 標本 (18.8%) で検出された（表 1）。
- 2) CYP51 遺伝子解析とフェナリモール感受性検定の両試験結果を比較したところ、各試験結果より変異菌又は耐性菌と判定された 22 菌株の内（大館市中山 1～美郷町六郷 2 までの供試菌株）、8 菌株 (36.4%) で判定が一致した（表 2）。
- 3) 遺伝子解析では塩基配列変異が認められたが、感受性検定では感受性と判定された菌株は 22 菌株中 9 菌株 (41.0%) 確認された（表 2）。
- 4) 遺伝子解析では塩基配列変異が認められなかったが、感受性検定では耐性菌と判定された菌株は 22 菌株中 5 菌株 (22.7%) 確認された（表 2）。
- 5) 以上の結果から、CYP51 遺伝子解析結果とフェナリモール感受性検定結果は一致しないケースが多く見られた。しかし、各検出方法で耐性菌と判定された菌株は県全域で確認された。

表1 CYP51遺伝子解析結果

No.	採集地	CYP51遺伝子解析		(参考) フェナリモル	
		調査株数	変異株	発生状況	感受性検定
				調査株数	耐性菌*
1	村後	8		少	1
2	鹿角市	8	5	少	
3	十和田2	8	8	少	
4	大館市	5	3	極少	3
5	中山2	1		極少	
6	北秋田市	3	2	極少	3
7	由利本荘市	2		極少	1
8	湯沢市	8		極少	13
9	大沢1	8	2	少	5
10	大沢2	4	1	少	1
11	大沢3	1		少	
12	大沢4	8	6	少	8
13	大屋新町	8		極少	7
14	寿町	8		多	8
15	平鹿町1	1		極少	
16	平鹿町2	4		極少	
17	横手市	8		極少	15
18	増田2	8		極少	
19	増田3	8		極少	
20	増田4	3		極少	
21	増田5	8		極少	
22	増田6	6		極少	1
23	増田7	2		極少	1
24	増田8	3		極少	2
25	増田9	8		少	
26	増田10			極少	1
27	美郷町	13	2	極少	6
28	六郷2	8	1	極少	2
	合計	160	30		78

*1: EC50値が1.0ppm以上の菌株を耐性菌とした。

4. 考察

本試験において CYP51 遺伝子解析とフェナリモル感受性検定の結果が異なる菌株が 28 地点中 11 地点 (39.3%) から、両試験を実施した 22 菌株のうち 14 菌株 (63.6%) で確認された。このことから CYP51 遺伝子の変異以外の要因による耐性菌が県内に存在することを示唆している。今後は CYP51 遺伝子解析結果と培地検定の結果を総合して耐性菌の判定を行う必要があると考えられた。

5. 今後の課題

CYP51 遺伝子解析手法の確立。

CYP51 遺伝子以外の部分での遺伝子解析手法の確立。

6. 要約

県内で 2020 年に採集したリンゴ黒星病の内、CYP51 遺伝子に変異が見られた菌株は 160 菌株中 30 菌株 (検出率 18.8%) あり、県全域で耐性菌が確認された。

7. 成果の公表及び特許

・秋田県リンゴ黒星病緊急対策連絡協議会に試験成績を情報提供した。

・ジーンバンクに次表の菌株を登録した。(表 3)

表2 CYP51遺伝子解析による判定とフェナリモル感受性検定による判定の比較

採集地	CYP51* 遺伝子解析	フェナリモル** 感受性検定		供試数
		判定結果	EC50値	
十和田 1	M	-		5
	M	-		
	M	-		
	M	-		
鹿角市	M	-		8
	M	-		
	M	-		
	M	-		
十和田 2	M	-		3
	M	-		
	M	-		
	M	-		
大館市	中山 1	M	R	3
		M	S	
北秋田市	田代	M	S	2
		M	R	
由利本荘市	西目町	W	R	1
湯沢市	東福寺	W	R	1
大沢 1	M	S		2
	M	S		
大沢 2	M	R		1
	M	S		
横手市	大沢 4	M	R	6
		M	R	
		M	R	
		M	R	
増田 7	W	R	1	
増田 8	W	R	2	
美郷町	六郷 1	M	S	2
	六郷 2	M	S	
合計 (着色部*)	30	13		

*1: M= 変異株、W= 変異無し

*2: R= 耐性菌、S= 感受性菌、--= 未実施

*3: 着色部分は両試験における変異菌又は耐性菌を示している

両試験結果で「変異無し (W)、感受性菌 (S)」と判定された菌株については割愛した。

表3 ジーンバンク登録菌株一覧表 (2020年採集菌株)

MAFF番号	菌株名	CYP51	フェナリモル感受性検定	
		遺伝子解析	検定結果	EC50値
247426	NI1	M	S	0.39
247427	NS1	W	R	2.88
247428	ST8	M	R	1.12
247429	TR8	W	S	0.0001

M:変異株、W:変異なし、R:耐性、S:感受性

- ・講習会等に試験成績を活用する。

2. 防除体系の実証

(1) 県内で発生している黒星病の薬剤感受性検定

3) 生物検定

氏名 高橋友樹・佐藤 裕・上村大策

所属 秋田県果樹試験場 生産技術部

[〒013-0102 秋田県横手市平鹿町醍醐字街道下 65]

1. 調査背景と目的

2019年に県内から採集したリンゴ黒星病菌のうち、フェナリモルに対する感受性が異なる2菌株について、フェナリモル水和剤を用いてリンゴ樹での生物検定を行い防除効果の実効性について検討する。

2. 調査方法

- 1) 供試樹：ゆめあかり/マルバカイドウ、3年生樹、ポット植え
- 2) 試験区：1区1樹、2反復
- 3) 供試薬剤：フェナリモル水和剤
- 4) 供試菌株：2019年に分離した15菌株の内、EC50値が最大又は最小の2菌株を選抜し供試菌株とした。岩手-1は耐性菌（フェナリモル）であり、試験の対照区とした（表1）。

表1 供試菌株のフェナリモル感受性検定及びCYP51遺伝子変異解析の結果

採集地	菌株名	感受性検定*2		CYP51遺伝子*3 変異の有無
		感受性	EC50値*1	
秋田県	美郷町六郷 六郷-2	耐性菌	3.13	無
	湯沢市秋ノ宮 湯沢-2	感受性菌	0.09	無
岩手県	盛岡市 岩手-1	耐性菌	3.49	無

*1:EC50値が1.0ppm以上の菌株を耐性菌と判定した。

*2:感受性検定はR2年2月に実施した。

*3:CYP51遺伝子変異解析はR2年6月に実施した。

5) 分生子形成法：PDAで前培養した菌株にPDB液体培地を加えてホモジナイザーで摩砕し、菌体摩砕液とした。シャーレ底面に60×60mmに裁断した滅菌ガーゼを敷き菌体摩砕液を加えた後、20℃、蛍光灯照射下で3週間培養した。

6) 生物検定：フェナリモル水和剤3,000倍散布区及び無散布区を設定し、1樹から4新梢以上確保できるポット栽培のリンゴ樹を供試菌株数以上用意した。6月16日に供試薬剤を十分量散布し、1日経過した供試樹の葉表に、分生子懸濁液（ 1.0×10^5 個/ml）を噴霧接種した。その後直ちにビニール袋で被覆し屋内で48時間、高湿度条件を保持した後、屋外で管理した。調査は接種から3週間後の7月7日に以下に示す基準に沿って調査を行った。

7) 調査項目：接種後に展葉した葉を除き、新梢の先端5～6葉の状況観察を行い、下記の指数から発病度・防除価を求めた。

- 指数 0：無発病 1：病斑面積が葉の1/4未満
 2：病斑面積が葉の1/4～1/2未満
 3：病斑面積が葉の1/2以上

$$\text{発病度} = \{ \Sigma (\text{指数別発病葉数} \times \text{発病指数}) \times 100 \} / (\text{総調査葉数} \times 3)$$

$$\text{防除価} = 100 - (\text{散布区} / \text{無散布区}) \times 100$$

3. 調査結果

- 1) 無処理区の発病葉率は46～49%と発生量に差は無く、多発生となった（表2）。
- 2) 六郷-2菌株及びび岩手-1菌株は発病葉率がそれぞれ38.3%、44.9%と無散布区と同程度の発生量であり、フェナリモル水和剤の防除効果は著しく低かった。一方、湯沢-2菌株は発病葉率0%とフェナリモルに対し高い防除効果を示した（表2）。
- 3) 以上の結果から、県内のリンゴ主産地から得られた菌株において、初めてDMI剤（フェナリモル）に対する防除効果の低下が確認された。

表2 県内のリンゴ黒星病のフェナリモルに対する生物検定

菌株名	供試薬剤	調査葉数	発病指数				発病葉率 (%)	発病度	防除価
			0	1	2	3			
六郷-2	フェナリモル水和剤	193	119	45	9	20	38.3	21.2	23.0
	無処理（滅菌水）	192	98	56	11	27	49.0	27.6	
湯沢-2	フェナリモル水和剤	166	166	0	0	0	0	0	100
	無処理（滅菌水）	168	86	37	8	37	48.8	32.5	
岩手-1	フェナリモル水和剤	158	87	15	8	48	44.9	36.9	0
	無処理（滅菌水）	174	94	25	11	44	46.0	34.3	

表3 【参考】R1年採集菌株のフェナリモル感受性検定結果（R2年2月調査）

調査地	調査菌株数	耐性菌	EC50値	
			耐性菌	感受性菌
美郷町六郷	10	8	1.1-3.13	0.54-0.82
湯沢市秋ノ宮	2	0		0.08-0.09
盛岡市	3	2	2.34-3.49	0.63

*EC50値が1.0ppm以上を耐性菌とした。

表4 【参考】R1年採集菌株のCYP51遺伝子解析結果（R1年実施）

調査地	調査菌株数	変異株
美郷町六郷	8	0
湯沢市秋ノ宮	2	0

4. 考察

供試菌株の六郷-2 菌株は遺伝子解析の結果から CYP51 遺伝子の変異が認められなかったが、本試験の結果から六郷-2 菌株はフェナリモルに対する防除効果は著しく低下していた。

2019 年に六郷-2 菌株を含む美郷町六郷のほ場から分離した 10 菌株でフェナリモルに対する感受性検定を行ったところ、10 菌株中 8 菌株を耐性菌と判定した（表 3）。これらの菌株を塩基配列解析した結果、8 菌株全てで CYP51 遺伝子の変異は認められなかった（表 4）。県内のリンゴ黒星病発生地域には CYP51 遺伝子の変異以外の要因で感受性が低下している菌が分布している地域もあると考えられた。

5. 今後の課題

六郷-2 菌株について、フェナリモル以外の DMI 剤に対する防除効果について検討する。

6. 要約

県内で採集したリンゴ黒星病 2 菌株についてフェナリモルに対する防除効果を検定したところ、美郷町六郷で採集した菌株の防除価は 23.0 と防除効果が著しく低下しており、県内で初めて DMI 剤（フェナリモル）に対する防除効果の低下が確認された。

7. 成果の公表及び特許

秋田県リンゴ黒星病緊急対策連絡協議会に試験成績を情報提供した。

今後の講習会等に試験成績を活用する。

(様式1)

病害虫の効率的防除体制の再編委託事業

東北ブロック：「DMI 剤感受性低下菌対策を主眼としたリンゴ黒星病防除体系の確立」

2. 防除体系の実証

(2) 落葉処理による発病抑制効果

氏名 上村大策・高橋友樹・佐藤裕

所属 秋田県果樹試験場 生産技術部

[〒013-0102 秋田県横手市平鹿町醍醐字街道下 65]

1. 調査背景と目的

春先の黒星病の主な伝染源は、前年被害葉からの子のう胞子飛散によるところが大きい。このことから、落葉に対する薬剤処理による子のう胞子飛散抑制効果について検討する。

2. 試験方法

1) 試験場所

試験1：秋田県湯沢市秋の宮（前年、リンゴ黒星病多発園）

試験2：秋田県潟上市（秋田県果樹試験場天王分場、ニホンナシ圃場）

2) 試験内容

試験1

2019年に黒星病が多発した現地ほ場において、2020年3月26日（子のう胞子飛散前）に各供試薬剤を動力噴霧器を用いて、地表面の落葉に対して散布を行った。その後、90cm×90cmのコンパネ枠を設置し、その枠内に‘秋田紅あかり’（ポット苗）を1区画当たり3樹設置し、黒星病について経過を観察した。

試験2

2019年秋に現地ほ場（試験1の園地）からリンゴ黒星病被害葉を集め、根雪前に50cm角のネットに詰めて試験ほ場に敷設し越冬させた。落葉に対する薬剤処理は3月12日に行い、試験1と同様にコンパネ枠を設置し、枠内に‘ふじ’（ポット苗）を1区画当たり3樹設置し、黒星病について経過を観察した。

3) 処理区

1区 フロンサイドSC 2,000倍(250ml/m²)

2区 尿素50倍(200ml/m²)

3区 水(250ml/m²)

4区 無処理（試験2：落葉敷設無し）

4) 調査方法

試験1、2ともに50%消雪日からの日平均積算気温が180°C到達日以降の降雨日から、全新梢を対象に経時的に発病新梢率を調査した。また、試験1では簡易な胞子採集器（自然捕捉式）を作製して、概ね2週間の間隔でスライドガラスに透明両面テープ（スコッチ665-3-18）貼り付けた子のう

(様式1)

孢子トラップを交換しながら、4月20日から計5回、子とう孢子を捕捉した。回収した子とう孢子トラップの粘着面にカバーガラス(18×18mm)を被せ、メチレンブルー染色した後、カバーガラスの範囲に捕捉された子とう孢子を光学顕微鏡下で計数した。

3. 調査結果

1) 試験1

子とう孢子の飛散数は、無処理と比較して各区ともに少ない状況であった。処理区間では、フロンサイドが最も多く、尿素、水はほぼ同等であった(図1)。ポット苗における黒星病の発病新梢率は、無処理区の100%に対して、水が78.9%、尿素が86.4%、フロンサイドが27.8%でフロンサイドの発病抑制効果が高かった(表1)。

2) 試験2

本試験ほ場は、周辺にリンゴ樹が無い条件下で試験を実施し、落葉を敷設しない無処理の発病新梢率は0%であった。これに対し、水が27.1%、窒素が23.6%、フロンサイドが11.1%とフロンサイドの処理効果が高かった(表2)。

具体的なデータ

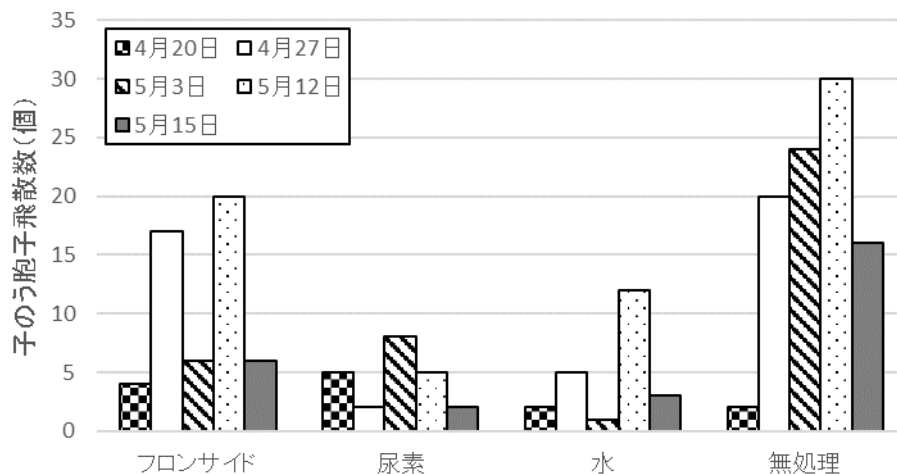


図1 子とう孢子の飛散状況(試験1)

(様式1)

表1 発病新梢率の推移(試験1)

	調査 新梢数	発病新梢率(%)		
		5月12日	5月18日	5月26日
フロンサイド	18	16.7	22.2	27.8
尿素	22	27.3	45.5	86.4
水	19	0	0	78.9
無処理	25	24.0	52.0	100.0

表2 発病新梢率の推移(試験2)

	調査 新梢数	発病新梢率(%)		
		5月15日	5月25日	6月2日
フロンサイド	45	2.2	2.2	11.1
尿素	55	1.8	3.6	23.6
水	70	11.4	12.9	27.1
無処理	51	0	0	0

4. 考察

試験1および試験2の結果から、フロンサイドSC2,000倍液を子とう胞子飛散開始前の被害落葉に処理することによって、黒星病発病抑制効果が確認された。試験1では、薬剤処理と子とう胞子の飛散時期や飛散量への影響について検討したが、フロンサイドの処理効果は判然としなかった。供試した木枠内における子とう胞子捕捉用トラップ周辺に雑草の繁茂が認められ、これによる胞子飛散への影響が考えられたことから、次年度以降、試験方法を含めさらに検討が必要と考えられた。

5. 今後の課題

試験方法の改良

子とう胞子飛散量と発病程度の関連について検討を要する。

6. 要約

リンゴ黒星病の子とう胞子飛散前の落葉に対してフロンサイドSC 2,000倍(250ml/m²)を散布処理した結果、無処理に比較してリンゴ黒星病の発生量が抑制された。

7. 成果の公表及び特許

フロンサイドSCの落葉処理実用化に向けた試験データとして利用する。

(様式1)

病害虫の効率的防除体制の再編委託事業

東北ブロック：「DMI 剤感受性低下菌対策を主眼としたリンゴ黒星病防除体系の確立」

2. 防除体系の実証

(3) non-DMI剤体系の検討

1) 場内試験

氏名 佐藤裕・高橋友樹・高橋友樹

所属 秋田県果樹試験場 生産技術部

[〒013-0102 秋田県横手市平鹿町醍醐字街道下 65]

1. 調査背景と目的

DMI 剤を使用せずに、リンゴ黒星病を防除できる体系(non-DMI 剤体系)を構築し、その実用性を明らかにする。本年は、開花直前の防除剤を SDHI 剤 2 剤および新規系統剤 1 剤として、慣行防除剤であるオンリーワンフロアブル 2,000 倍の防除効果と比較し、non-DMI 剤体系のリンゴ黒星病、その他主要病害について有効性を明らかにする。

2. 調査方法

- 1) 供試樹：‘ふじ’ / マルバカイドウ、28 年生樹、1 区 1 樹 2～3 反復
- 2) 試験区および散布日は下表の通り。

試験区	散布時期（生態）および供試薬剤				
	展葉直後 4月7日	展葉10日後 4月17日	開花直前 4月30日	落花直後 5月12日	落花10日後 5月22日
カナメフロアブル散布区			カナメFL 4,000倍	ユニックス2,000倍 +	
オルフィンフロアブル散布区			オルフィンFL 4,000倍	ジマンダイセン600倍	
ミギワ20フロアブル散布区	ベフラン 1,000倍	ストライド 1,500倍	ミギワ20FL 4,000倍	アンビルFL2,000倍 + ジマンダイセン600倍	チオノック 500倍
慣行DMI剤体系区			オンリーワンFL 2,000倍		
無処理区			—	—	

- 3) 調査：6月3日に1樹当たり100果そうについて、さらに7月31日に1樹当たり30果そう、30新梢について、黒星病の発生の有無を調査した。

3. 調査結果

- 1) 全ての試験区でリンゴ黒星病の発生が認められなかったため、薬剤による効果の差は明らかにできなかった（表1）。
- 2) モニリア病、赤星病の発生も皆無で、うどんこ病についても無処理区での発生が認められず、開花直前を防除対象とする黒星病以外の主要病害に対する効果も明らかにできなかった（データ省略）。

(様式1)

表1 リンゴ黒星病に対する防除試験結果

試験区 (供試薬剤名)	反復	6月3日調査		7月31日調査			
		調査果そう	発病果そう率(%)	調査そう数	発病果そう率(%)	調査新梢数	発病新梢率(%)
1区 (カナメFL)	1	100	0	30	0	30	0
	2	100	0	30	0	30	0
	3	100	0	30	0	30	0
	平均	100.0	0.0	30.0	0.0	30.0	0.0
2区 (オルフィンFL)	1	100	0	30	0	30	0
	2	100	0	30	0	30	0
	平均	100.0	0.0	30.0	0.0	30.0	0.0
3区 (NF-180FL)	1	100	0	30	0	30	0
	2	100	0	30	0	30	0
	平均	100.0	0.0	30.0	0.0	30.0	0.0
4区 (慣行防除体系)	1	100	0	30	0	30	0
	2	100	0	30	0	30	0
	平均	100.0	0.0	30.0	0.0	30.0	0.0
5区 (無処理)	1	100	0	30	0	30	0
	2	100	0	30	0	30	0
	平均	100.0	0.0	30.0	0.0	30.0	0.0

4. 考察

開花直前の防除剤について、慣行の DMI 剤と新規の殺菌剤を用いて調査対象病害（リンゴ黒星病、モニリア病、赤星病、うどんこ病）に対する防除効果の比較検討を試みたが、いずれも病害も発生量が少なく、効果を比較することができなかった。

5. 今後の課題

黒星病を、モニリア病、赤星病、うどんこ病など開花直前までの防除対象病害について、場内および現地圃場など様々な圃場条件、気象条件下で non-DMI 剤体系の有効事例を積み重ねる必要がある。

新たに導入する殺菌剤に対する薬剤感受性の定期的な観察が必要であり、各薬剤に対する検定手法のマニュアル化が求められる。

6. 要約

リンゴ黒星病に対する開花直前散布の防除剤をカナメフロアブル 4,000 倍、オルフィンフロアブル 4,000 倍および NF-180（ミギワ 20 フロアブル） 4,000 倍の 3 剤で比較検討したが、無散布区を含め試験区全てで発生がなく、効果の差を明らかにできなかった。

7. 成果の公表及び特許

特になし

(様式1)

病害虫の効率的防除体制の再編委託事業

東北ブロック：「DMI 剤感受性低下菌対策を主眼としたリンゴ黒星病防除体系の確立」

2. 除体系の実証

2) non-DMI剤体系の検討

2) 現地試験

氏名 上村大策・高橋友樹・佐藤 裕

所属 秋田県果樹試験場 生産技術部

[〒013-0102 秋田県横手市平鹿町醍醐字街道下 65]

1. 調査背景と目的

1. 目的

前年にリンゴ黒星病が多発した現地圃場を供試し、被害落葉に対する春先の薬剤処理、展葉期からの薬剤散布、およびこれらを組み合わせた総合防除による発病抑制効果について検討する。

2. 試験方法

(1) 試験場所：湯沢市秋の宮 農家圃場 (2019年リンゴ黒星病多発圃場)

‘ふじ’/M.9/マルバ 成木

(2) 試験内容：

試験1 落葉への薬剤処理

3月26日(発芽前)に、落葉に対する殺菌剤散布(地表面処理)

① 尿素50倍(200ml/m²)、② フロンサイドSC 2,000倍(250ml/m²)、

② 無散布(用水を200ml/m²散布)

試験2 開花直前および落花直後散布による各種薬剤の防除効果

開花直前(5月2日)および落花直後(5月14日)の薬剤散布

①カナメフロアブル 4,000倍、②オルフィンフロアブル 4,000倍、

③NF-180フロアブル 2,000倍、④オンリーワンフロアブル 2,000倍

試験3

上記試験1, 2の組み合わせ体系防除試験

なお、各試験ともに4月14日(展葉期)にベフラン液剤25,000倍、4月22日にパスポート顆粒水和剤1,000倍を散布した。生育期処理は無散布を除き、チオノックフロアブル500倍を加用した。

(様式1)

3. 調査方法

各病害の発生状況について以下のとおり調査した。

黒星病：6月9日に各区2~3樹、1樹あたり30果そうおよび30新梢について発病の有無

モニリア病（株腐れ）：6月9日に各区2~3樹、1樹あたり30果そうについて発病の有無

褐斑病：8月4日に各区2~3樹、1樹あたり30新梢について発病の有無

4. 調査結果

- 1) 本年の黒星病の発生状況は、無散布（休眠期および生育期）で発病果そう率、新梢率がともに100%と多発した。
- 2) 黒星病に対する休眠期落葉処理の効果は、無散布（用水散布）の発病果そう率が39.4%、新梢率が35.2%であったのに対し、尿素処理はそれぞれ6.0%、3.3%、フロンサイドはそれぞれ3.0%、2.0%といずれの処理でも発生量が少なかった（表1）。
- 3) 黒星病に対する生育期処理の効果は、無散布の発病果そう率が35.0%、新梢率が19.0%であったのに対し、薬剤散布区はいずれも発病は確認されなかった（表2）。
- 4) 黒星病に対する休眠期処理とDMI剤およびSDHI剤を組み合わせた総合防除効果は、いずれの試験区でも発生が認められないまたは極少発生であった（表3）。また、褐斑病、モニリア病はいずれの区も発病は確認されなかった（データ略）。

具体的データ

表1 休眠期処理による黒星病に対する防除効果(試験1)

処理資材	黒星病			
	調査 果そう数	発病果そう率 (%)	調査 新梢数	発病新梢率 (%)
尿素	100	6.0	60	3.3
フロンサイド	100	3.0	60	2.0
無散布	100	39.4	60	35.2

* 生育期は無散布

(様式1)

表2 生育期処理による黒星病に対する防除効果(試験2)

薬剤名	黒星病			
	調査 果そう数	発病果そう率 (%)	調査 新梢数	発病新梢率 (%)
カナメフロアブル	100	0.0	60	0.0
オルフィンフロアブル	100	0.0	60	0.0
NF180フロアブル	100	0.0	60	0.0
オンリーワンフロアブル	100	0.0	60	2.0
無散布	100	35.0	60	19.0

* 休眠期は無散布(水散布)

表3 総合防除処理による黒星病に対する防除効果(試験3)

処理方法	黒星病			
	調査 果そう数	発病果そう率 (%)	調査 新梢数	発病新梢率 (%)
尿素+カナメフロアブル	100	0.0	100	0.0
尿素+オルフィンフロアブル	100	0.0	100	0.0
尿素+NF180フロアブル	100	2.0	100	0.0
尿素+オンリーワンフロアブル	100	9.0	100	4.0
フロンサイト+カナメフロアブル	100	0.0	100	0.0
フロンサイト+オルフィンフロアブル	100	0.0	100	0.0
フロンサイト+NF180フロアブル	100	0.0	100	0.0
フロンサイト+オンリーワンフロアブル	100	0.0	100	0.0
無散布(水)+カナメフロアブル	100	0.0	100	0.0
無散布(水)+オルフィンフロアブル	100	0.0	100	0.0
無散布(水)+NF180フロアブル	100	0.0	100	0.0
無散布(水)+オンリーワンフロアブル	100	0.0	100	2.0
無散布(水)+無散布	100	35.0	100	19.0

4. 考察

前年の被害落葉に対する休眠期の薬剤散布は、リンゴ黒星病の一次感染量を抑制する効果が高いと考えられた。また、SDHI剤を開花期前後に用いた試験区での高い防除効果が認められたことから、DMI剤の代替剤としてSDHI剤は有効であり、本剤を開花期前後の主剤としたnon-DMI剤体系は実用性が高いと考えられた。さらに、落葉処理による樹上の発病状況と開花期前後のとSDHI剤利用による防除試験結果から、これらを組み合わせた総合防除法は高い発病抑制効果が期待でき、DMI剤耐性菌の存在の有無にかかわらず普及性が高いと考えられた。

5. 今後の課題

(様式1)

多発園での落葉処理と生育期散布を合わせた体系防除の有効性を検証する必要がある。

落葉処理に対する農薬登録の早期実現

6. 要約

前年の被害落葉に対する休眠期の薬剤散布は、リンゴ黒星病の一次感染を抑制した。DMI剤の代替剤としてSDHI剤は有効であり、本剤を開花期前後の主剤としたnon-DMI剤体系は実用性が高いと考えられた。さらに、落葉処理による樹上の発病状況と開花期前後のとSDHI剤利用による総合防除法は普及性が高いと考えられた。

7. 成果の公表及び特許

秋田県農作物病害虫・雑草防除基準へのSDHI剤（オルフィン、カナメ各フロアブル）採用

(様式1)

病害虫の効率的防除体制の再編委託事業

東北ブロック：「DMI 剤感受性低下菌対策を主眼としたリンゴ黒星病防除体系の確立」

佐藤健治・三須朱夏・富樫政博

山形県農業総合研究センター園芸農業研究所

[〒991-0043 山形県寒河江市大字島字島南 423]

1. 調査背景と目的

全国的にリンゴ黒星病が多発しており、その主な要因としてDMI 剤に対する薬剤感受性低下菌（耐性菌）の出現があげられている。近年、本県においても多発傾向にあることから、耐性菌発達リスクの高まりが懸念されている。そこで、県内における黒星病のDMI 剤標的遺伝子変異型菌株の発生分布状況を調査するとともにDMI 剤に頼り過ぎない防除体系を構築する。

2. 調査方法

(1) DMI 剤標的遺伝子変異型菌株の発生分布

2018年～2020年に県内各地点から採取した罹病葉を用いて組織分離法により菌株を作製し、単孢子分離を行なった。この分離菌株の培養菌体を少量掻き取り、DNA抽出キット（MagExtractor-Plant Genome-, TOYOBO）を用いてゲノムDNAを抽出し、これを鋳型としたアレル特異的PCRによりDMI 剤標的遺伝子（CYP51A1 遺伝子）のA398T変異の有無を検査した。

(2) 休眠期防除資材等の検索

1) 試験場所：園芸農業研究所内圃場

2) 供試資材及び施用量：石灰硫黄合剤 10 倍（360L/10a）、石灰窒素（現物 20kg/10a、N:4kg/10a）、牛ふんもみ殻堆肥（現物 2t/10a、N:15kg/10a）

3) 処理方法：休眠期間中に採取した被害落葉を 180cm 角の木枠内に敷き詰めて、2020 年 4 月 16 日に供試資材を施用した。木枠内に一時感染期間中、ふじ/実生台 2 年生ポット苗を 5 月 1 日に 3 本、5 月 12 日に 9 本設置して 6 月 12 日まで暴露した。暴露終了後は、感染防止のため雨よけハウス内で管理し、6 月 30 日に発病状況を調査した。

(3) 各種殺菌剤の再評価

1) 試験場所：園芸農業研究所内圃場（DMI 剤標的遺伝子の変異型菌株は認められていない）

2) 供試薬剤：SDHI 剤：オルフィンフロアブル、カナメフロアブル、パレード 15 フロアブル

QoI 剤：スクレアフロアブル、ファンタジスタ顆粒水和剤

SDHI 剤・QoI 剤 1 剤：ナリアWDG

AP 剤：ユニックス顆粒水和剤 47

DMI 剤：スコア顆粒水和剤（対照）

(様式1)

3) 区 制 : 1 区 1 樹 3 連制

4) 処理方法 : 梅雨期間中に供試薬剤を散布 (6/10) した 2 年生ポット樹 (ふじ/JM7 台) を黒星病多発樹下に設置した。その後、10 日間隔で 2 回 (6/21、7/1) 薬剤散布した。散布量は 1 樹当たり 1L (十分量) とし、展着剤は加用しなかった。

5) 調査方法 : 最終散布から約 3 週間後 (7/23) に発病状況を調査し、発病葉率、発病度および防除価 (発病度による) を算出した。6 月下旬以降に斑点落葉病の発生が見られたため、併せて調査を行った。

(4) 現地防除体系とDMI剤の使用を減らした新防除体系の検証

1) 試験場所 : 園芸農業研究所内圃場

2) 供 試 樹 : ふじ/JM7 3-4 年生樹

3) 区 制 : 1 区 5 樹

4) 処理方法 : 休眠期間中に採取した被害落葉を被度 100%となるよう敷き詰めた圃場において、4 月 8 日 (展葉期) から 7 月 20 日までリンゴ主産地の農協防除暦とDMI剤の使用を減らした新防除体系に基づいて、動力噴霧器を用いて薬液を十分量散布した。また、殺菌剤無散布区と開花期前後にDMI剤を 2 回散布する対照区を設置した。防除実績は表 1、2 のとおり。なお、展葉 10 日後の防除については、降雨が続いたため薬剤散布ができなかった。

5) 調査方法 : 5 月 28 日 (落花 20 日後) に各樹 10 花そう葉の発病を調査した。また、各樹 10 新梢を予めラベリングし、6 月 16 日と 7 月 10 日に発病を調査し、発病葉率、発病度および防除価 (発病度による) を算出した。

6 月下旬以降に斑点落葉病の発生が見られたため、7 月 10 日に発病を調査した。

表 1 各農協防除暦の防除実績

	散布月日	A農協	B農協	C農協	対照 (DMI剤2回)
展葉期	4月8日	ICボルドー412	ICボルドー412	ベフラン液剤25	ストライド顆粒水和剤
展葉+10	—	(降雨が続き散布不可)			
開花直前	4月30日	オルフィンプラスフロアブル	トリフミン水和剤 ジマンダイセン水和剤	オルフィンプラスフロアブル	インダーフロアブル ジマンダイセン水和剤
落花直後	5月9日	スコア顆粒水和剤 ジマンダイセン水和剤	オンリーワンフロアブル ジマンダイセン水和剤	ベンコゼブ水和剤 ユニックス顆粒水和剤47	オンリーワンフロアブル ジマンダイセン水和剤
落花+7	5月15日	ジマンダイセン水和剤	ジマンダイセン水和剤		
落花+10	5月18日			ベンコゼブ水和剤 スコア顆粒水和剤	デランフロアブル ベンレート水和剤
落花+15	5月22日	ロブラール水和剤 トレノックスフロアブル	トップジンM水和剤 ファンタジスタ顆粒水和剤		
落花+20	5月29日	ナリアWDG	オルフィンフロアブル	ベンコゼブ水和剤 ロブラール水和剤	ファンタジスタ顆粒水和剤
落花+30	6月8日	オルフィンプラスフロアブル	ナリアWDG	トレノックスフロアブル パレード15フロアブル	パレード15フロアブル
落花+40	6月18日	ファンタジスタ顆粒水和剤	ファンタジスタ顆粒水和剤	オキシラン水和剤	ナリアWDG
落花+50	6月26日	オキシラン水和剤	パレード15フロアブル	オキシンドー水和剤80	オキシラン水和剤
7月上旬	7月8日	オキシラン水和剤 トップジンM水和剤	オキシンドー水和剤80	オキシンドー水和剤80 ベンレート水和剤	オキシンドー水和剤80
7月中下旬	7月20日	オキシンドー水和剤80		オキシンドー水和剤80	オキシンドー水和剤80

(様式1)

表2 新防除体系の防除実績

	新防除体系① (AP剤+DMI剤)	新防除体系② (AP剤+DMI剤)	新防除体系③ (AP剤+DMI剤)
展葉期	4月8日	パスポート顆粒水和剤	パスポート顆粒水和剤
展葉+10	—	(降雨が続き散布不可)	
開花直前	4月30日	ユニックス顆粒水和剤47 ジマンダイセン水和剤	ユニックス顆粒水和剤47 ジマンダイセン水和剤
落花直後	5月9日	スコア顆粒水和剤 ジマンダイセン水和剤	スコア顆粒水和剤 ジマンダイセン水和剤
落花+10	5月18日	ジマンダイセン水和剤	ジマンダイセン水和剤
落花+20	5月29日	トレノックスフロアブル	オルフィンフロアブル
落花+30	6月8日	オルフィンフロアブル	トレノックスフロアブル
落花+40	6月18日	ナリアWDG	ナリアWDG
落花+50	6月26日	オキシラン水和剤	オキシラン水和剤
7月上旬	7月8日	オキシンドー水和剤80	パスポート顆粒水和剤
7月中下旬	7月20日	オキシラン水和剤	オキシラン水和剤

	新防除体系④ (SDHI剤・DMI剤+AP剤)	新防除体系⑤ (AP剤+DMI剤)	対照 (DMI剤+DMI剤)
展葉期	4月8日	ICボルドー412	ストライド顆粒水和剤
展葉+10	—	(降雨が続き散布不可)	
開花直前	4月30日	オルフィンプラスFL ジマンダイセン水和剤	ユニックス顆粒水和剤47 ジマンダイセン水和剤
落花直後	5月9日	ユニックス顆粒水和剤47 ジマンダイセン水和剤	スコア顆粒水和剤 ジマンダイセン水和剤
落花+10	5月18日	ジマンダイセン水和剤	トレノックスフロアブル
落花+20	5月29日	オルフィンフロアブル	オルフィンフロアブル
落花+30	6月8日	トレノックスフロアブル	バルコートフロアブル
落花+40	6月18日	ナリアWDG	ナリアWDG
落花+50	6月26日	オキシラン水和剤	オキシラン水和剤
7月上旬	7月8日	ベフラン液剤25	ベフラン液剤25
7月中下旬	7月20日	オキシラン水和剤	オキシラン水和剤

3. 調査結果

(1) DMI 剤標的遺伝子変異型菌株の発生分布

リンゴ黒星病のDMI 剤標的遺伝子変異型菌株は、39 地点中 25 地点（発生地点率：64.1%）で検出され、県内主要りんご産地に広く分布していた。変異型菌株検出園地では、変異型と野生型（非変異）菌株が混在しており、変異型菌株率が 50%を超える園地も見られたが、県全体の平均では 18.1%と野生型菌株の割合が高かった。（表3）

同一地点における変異型菌株率の推移は、年次変動は見られるが概ね横ばいであり、増加は見られなかった（表4）。

(様式1)

表3 山形県におけるリンゴ黒星病DMI 剤標的遺伝子変異型菌株の分布 (2018~2020年)

	調査地点数	供試菌株数	変異型菌株数	野生型菌株数	変異型菌株検出地点数	変異型菌株率 (%)		
						平均	最小	最大
A市	2	27	3	24	2	11.7	6.7	16.7
B市	10	124	5	119	4	18.1	5.6	50.0
C町	2	24	8	16	1	—	—	66.6
D市	4	63	8	55	3	16.9	8.3	22.2
E町	5	77	9	68	4	14.3	5.6	22.2
F町	1	12	3	9	1	—	—	25.0
G市	9	116	20	96	9	16.4	8.3	41.7
H市	2	25	0	25	0	—	—	—
I市	1	1	0	1	0	—	—	—
J市	1	10	6	4	1	—	—	60.0
K市	2	24	0	24	0	—	—	—
県全体	39	503	62	441	25(64.1%)	18.1	5.6	66.6

備考) 変異型菌株率は、変異型菌株が検出された園地内の変異型菌株の割合であり、市町村(県)内の最小の園地、最大の園地の変異型菌株率と市町村(県)内の平均値を示した。

表4 菌株の同一採取地点における変異型菌株率の推移 (%)

	B市a園地	B市b園地	G市a園地	G市b園地	G市c園地	C町a園地	K市a園地
2018年	-	0	0	0	33.3	-	-
2019年	0	0	8.3	16.7	0	66.6	0
2020年	0	0	0	6.7	14.3	0	0

(2) 休眠期防除資材等の検索

本年度は、ポット苗の生育不良により、暴露試験の開始が5月1日となった。また、試験期間中の降雨が少ないこともあり、無処理区を含め黒星病の発病が少なく、各種資材の発病抑制効果は判然としなかった。(表5、6)

2018年に供試した資材では、いずれの区も無処理区と比較して子のう胞子飛散低減効果が認められた。2018年と2019年の試験では、資材施用による発病抑制効果は、石灰窒素と堆肥が高かく、尿素(水溶液)と転炉スラグは、効果が判然としなかった。各種農薬の施用によっても発病が抑制される傾向にあった。(参考表1、2)

表5 試験期間中の気象条件 (2020年)

	4/16	4/17	4/18	4/19	4/20	4/21	4/22	4/23	4/24	4/25	4/26	4/27	4/28	4/29	4/30
平均気温(°C)	9.0	8.9	8.6	10.5	9.3	10.3	6.3	6.2	6.4	10.4	10.3	9.3	7.7	10.5	13.1
降水量(mm)	0	0	35.5	3.0	6.0	0.5	1.5	2.5	1.0	2.0	0.5	0	0	0	0
感染好適条件			L	M											
	5/1	5/2	5/3	5/4	5/5	5/6	5/7	5/8	5/9	5/10	5/11	5/12	5/13	5/14	5/15
平均気温(°C)	15.3	19.8	20.1	20.1	15.8	11.7	11.2	13.1	15.6	16.0	18.9	17.2	14.8	15.6	16.2
降水量(mm)	0	0	0	0	0	1.5	0	0	0	0.5	0	0	0	0	0
感染好適条件															
	5/16	5/17	5/18	5/19	5/20	5/21	5/22	5/23	5/24	5/25	5/26	5/27	5/28	5/29	5/30
平均気温(°C)	17.9	16.9	18.2	13.7	9.9	10.7	14.0	16.3	20.1	20.2	19.7	17.8	17.0	17.1	18.6
降水量(mm)	0	0	0	19.5	5.5	0.5	0	0.5	0	1.5	0	1.5	0	0	0
感染好適条件				L											
	5/31	6/1	6/2	6/3	6/4	6/5	6/6	6/7	6/8	6/9	6/10	6/11	6/12	6/13	6/14
平均気温(°C)	20.0	20.4	21.8	21.4	22.4	22.5	20.9	18.7	19.9	22.4	24.4	23.3	23.6	20.4	21.0
降水量(mm)	0	0	1.0	0	0	0	0	0	0	0	0	4.5	0	0	25.5
感染好適条件													M		L

備考) 太枠は、ポット設置日。6/12回収。

観測地点: 園芸研究所(常設気象観測機器)

好適感染条件: Mills tsbleによる。L: 軽度感染、M: 中程度感染、S: 重度感染

(様式1)

表6 各種資材の発病抑制効果 (2020年)

試験区	暴露期間	5/1~6/12			5/12~6/12		
		調査葉数 (枚)	発病葉率 (%)	発病度	調査葉数 (枚)	発病葉率 (%)	発病度
堆肥区 2.0t/10a		63	3.2	0.8	190	0	0
石灰窒素区 20kg/10a		75	6.7	1.7	195	0	0
石灰硫黄合剤区 ×10		67	1.5	0.4	206	1.5	0.4
無処理区		68	2.9	0.7	191	0	0

備考) 5/1~6/12はポット苗3本、5/12~6/12はポット苗9本。

発病度 = Σ (発病程度別葉数 × 発病指数) × 100 / (調査葉数 × 3)

発病指数 0: なし、1: 病斑面積率1/4以下、2: 病斑面積率1/4~1/2、3: 病斑面積率1/2以上

参考表1 各種資材の子のう胞子飛散低減効果 (2018年)

試験区		4/13~5/7	5/7~5/30
		胞子数(個)	胞子数(個)
堆肥区	2t/10a	0	16.0
石灰窒素区	20kg/10a	2.0	10.5
尿素区(水溶液)	4.5kg/10a	1.5	23.0
ペフラン区	×1000	1.0	8.5
石灰硫黄合剤区	×10	0	22.0
無処理区		24.5	288.0

備考) 180cm角の木枠内に被害落葉を敷き詰め、3月30日に供試資材を施用。

胞子は、グリセリンゼリーを塗布したスライドガラス(75mm×25mm)2枚で

回収した。胞子数は、カバーガラス内(18mm×18mm)の平均値を示す。

参考表2 各種資材の発病抑制効果

試験区	暴露期間	(2018年)							
		4/13~5/7				5/7~5/30			
		調査葉数 (枚)	発病葉率 (%)	発病度	被害軽減 効果	調査葉数 (枚)	発病葉率 (%)	発病度	被害軽減 効果
堆肥区	2t/10a	200	19	6.2	85.1	135	10.4	3.9	63.9
石灰窒素区	20kg/10a	181	28.7	12.6	69.8	170	6.5	1.7	84.3
尿素区(水溶液)	4.5kg/10a	180	25.6	15.9	61.9	163	9.8	4.5	58.3
ペフラン区	×1000	173	20.2	6.1	85.4	153	3.3	0.7	93.5
石灰硫黄合剤区	×10	195	11.3	2.6	93.8	148	4.7	1	90.7
無処理区		182	57.1	41.7		181	19.9	10.8	

備考) 180cm角の木枠内に被害落葉を敷き詰め、3月30日に供試資材を施用後、ふじ/実生台1年生ポット苗を設置。

発病度 = Σ (発病程度別葉数 × 発病指数) × 100 / (調査葉数 × 5)

発病指数 0: なし、1: 1葉当たり病斑数1個、3: 同2~3個、5: 同4個以上

被害軽減効果 = 100 - 処理区の発病葉率 / 無処理区の発病葉率 × 100

試験区	暴露期間	(2019年)							
		4/15~5/8				5/8~5/31			
		調査葉数 (枚)	発病葉率 (%)	発病度	被害軽減 効果	調査葉数 (枚)	発病葉率 (%)	発病度	被害軽減 効果
堆肥区	2t/10a	145	63.6	33.9	24.7	113	39.3	13.6	57.4
石灰窒素区	20kg/10a	133	63.2	33.9	24.7	172	42.4	14.7	53.9
尿素区(水溶液)	4.5kg/10a	147	75.9	44.9	0.2	185	60.4	36.3	0.0
転炉スラグ区	100kg/10a	144	68.2	44.3	1.6	179	52.3	25.5	20.1
ペフラン区	×1000	147	74.8	47.7	0	155	58.5	29.5	7.5
石灰硫黄合剤区	×10	163	63.2	35.2	21.8	120	43.3	16.4	48.6
石灰硫黄合剤区	×100	159	69.3	41.1	8.7	137	49.7	21.3	33.2
ICボルドー412区	×30	151	76.8	47.9	0	127	51.6	25.3	20.7
フロンサイド区	×1000	149	72.2	39.2	12.9	159	48.1	21.5	32.6
無処理区		131	78.6	45.0		181	59.1	31.9	

備考) 180cm角の木枠内に被害落葉を敷き詰め、4月5日に供試資材を施用後、ふじ/実生台1年生ポット苗を設置。

発病度 = Σ (発病程度別葉数 × 発病指数) × 100 / (調査葉数 × 3)

発病指数 0: なし、1: 病斑面積率1/4以下、2: 同1/4~1/2、3: 同1/2以上

被害軽減効果 = 100 - 処理区の発病葉率 / 無処理区の発病葉率 × 100

(様式1)

(3) 各種殺菌剤の再評価

無処理区の発病葉率 24.8%、発病度 11.7 と中発生条件下での試験となった。CYP51A1 遺伝子の変異型菌株が認められない条件であり、DMI 剤は防除価 85.5 と高い防除効果を示した。

供試したSDHI 剤およびAP 剤は、80 程度の防除価を示し、DMI 剤と概ね同等の防除効果を示した。QoI 剤は、防除価が 70 程度であり、DMI 剤に比べ、効果がやや劣った。(表7)

斑点落葉病に対する防除効果は薬剤の種類によって異なり、DMI 剤が最も高く、SDHI 剤およびAP 剤はDMI 剤に比べ効果がやや劣った。(表8)

表7 各種薬剤の黒星病に対する防除効果

薬剤名	連制	調査葉数 (枚)	発病葉数 (枚)	発病葉率 (%)	発病度 ¹⁾	防除価 ²⁾
オルフィンフロアブル (SDHI剤) 2000倍	I	105	7	6.7	2.5	
	II	94	4	4.3	1.4	
	III	82	8	9.8	4.1	
	平均	93.7	6.3	6.9	2.7	77.3
カナメフロアブル (SDHI剤) 4000倍	I	102	6	5.9	2.0	
	II	103	0	0	0	
	III	94	4	4.3	2.1	
	平均	99.7	3.3	3.4	1.4	88.4
パレード15フロアブル (SDHI剤) 2000倍	I	80	1	1.3	0.4	
	II	91	6	6.6	2.2	
	III	84	0	0	0	
	平均	85.0	2.3	2.6	0.9	92.6
スクレアフロアブル (QoI剤) 2000倍	I	89	9	10.1	4.9	
	II	92	4	4.3	1.4	
	III	95	10	10.5	3.9	
	平均	92.0	7.7	8.3	3.4	71.0
ファンタジスタ顆粒水和剤 (QoI剤) 3000倍	I	87	2	2.3	0.8	
	II	107	11	10.3	4.4	
	III	98	7	7.1	4.1	
	平均	97.3	6.7	6.6	3.1	73.6
ナリアWDG (SDHI剤+QoI剤) 2000倍	I	86	6	7.0	3.1	
	II	90	0	0	0	
	III	93	6	6.5	2.2	
	平均	89.7	4.0	4.5	1.8	84.9
ユニックス顆粒水和剤47 (AP剤) 2000倍	I	98	4	4.1	1.7	
	II	95	4	4.2	1.4	
	III	107	2	1.9	0.6	
	平均	100.0	3.3	3.4	1.2	89.5
スコア顆粒水和剤 (DMI剤) 3000倍	I	106	6	5.7	2.5	
	II	104	3	2.9	1.0	
	III	86	4	4.7	1.6	
	平均	98.7	4.3	4.4	1.7	85.5
無処理	I	108	28	25.9	13.3	
	II	108	21	19.4	6.8	
	III	86	25	29.1	15.1	
	平均	100.7	24.7	24.8	11.7	

1)発病度 = Σ (発病程度別葉数 × 発病指数) × 100 / (調査葉数 × 3)。

発病指数 0: 発病なし、1: 病斑面積率1/4以下、2: 発病面積率1/4~1/2、3: 発病面積率1/2以上

2)発病度から算出した。

(様式1)

表8 各種薬剤の斑点落葉病に対する防除効果

薬剤名	調査葉数 (枚)	発病葉数 (枚)	発病葉率 (%)	発病度	防除価	備考
オルフィンフロアブル	281	54	19.2	6.8	65.9	
カナメフロアブル	299	94	31.4	10.8	45.8	
パレード15フロアブル	255	82	32.2	10.9	45.3	
スクレアフロアブル	276	182	65.9	28.2	0	斑点落葉病の適用なし
ファンタジスタ顆粒水和剤	292	194	66.4	29.5	0	
ナリア顆粒水和剤	269	127	47.2	16.9	14.8	
ユニックス顆粒水和剤47	300	68	22.7	7.4	62.9	
スコア顆粒水和剤	296	18	6.1	2.1	89.3	
無処理	302	160	53.0	19.9		

1)発病度 = Σ (発病程度別葉数 × 発病指数) × 100 / (調査葉数 × 3)。

発病指数 0: 発病なし、1: 病斑面積率1/4以下、2: 発病面積率1/4~1/2、3: 発病面積率1/2以上

2)発病度から算出した。

(4) 現地防除体系とDMI剤の使用を減らした新防除体系の検証

一次感染は4月18、19日と推察され(表5:Mills table)、発病は5月4日ころから見られた。無散布区における7月中旬の感染量は、発病葉率31.5%、発病度15.6であった。

1) 現地防除体系の検証

開花期前後にDMI剤を2回散布したB農協区と対照区では、5月上旬から発病が見られたが、AP剤やSDHI剤を組み合わせたA農協区及びC農協区では発病が見られず、高い防除効果を示した。一次感染期間(展葉期から5月末まで)並びに二次感染期間(6月)は、いずれの検証区も新梢の発病が少なく、高い防除効果を示した。(表9)

斑点落葉病は、防除体系によって発生程度が異なった。(表10)

2) DMI剤の使用を減らした新防除体系の検証

5月下旬の調査では、AP剤やSDHI剤を組み合わせた新防除体系区では発病が見られず、高い防除効果を示した。一次感染期間(展葉期から5月末まで)並びに二次感染期間(6月)は、いずれの新防除体系区でも新梢の発病が少なく、高い防除効果を示した。(表11)

斑点落葉病は、防除体系によって発生程度が異なった。(表12)

表9 各農協防除暦の黒星病に対する防除効果

検証区	一次感染							二次感染			
	花そう葉 ¹⁾ (5月28日調査)			新梢(6月16日調査)				新梢(7月10日調査)			
	調査葉 数(枚)	発病葉 率(%)	防除価 ²⁾	調査葉 数(枚)	発病葉 率(%)	発病度 ³⁾	防除価 ²⁾	調査葉 数(枚)	発病葉 率(%)	発病度	防除価 ²⁾
A農協	502	0	100	738	0.1	0.04	99.6	741	0.5	0.2	98.9
B農協	497	4.2	66.7	701	0	0	100	704	1.1	0.4	97.4
C農協	525	0	100	710	0	0	100	712	0.3	0.1	99.4
対照(DMI剤2回)	453	9.3	26.2	726	0.3	0.1	99.0	731	1.2	0.4	97.6
無散布	516	12.6		735	17.6	9.2		740	31.5	15.6	

1)新梢基部葉含む。

2)防除価は、花そう葉は発病葉率から、新梢は発病度から算出。防除価=100-処理区の発病/無処理区の発病×100

3)発病度 = Σ (発病程度別葉数 × 発病指数) × 100 / (調査葉数 × 3)。

発病指数 0: 発病なし、1: 病斑面積率1/4以下、2: 発病面積率1/4~1/2、3: 発病面積率1/2以上

(様式1)

表10 各農協防除暦の斑点落葉病に対する防除効果

検証区	新梢(7月10日調査)		
	調査葉数 (枚)	発病葉率 (%)	防除価 ¹⁾
A農協	741	22.9	76.2
B農協	704	29.7	69.2
C農協	712	3.2	96.7
対照(DMI剤2回)	731	22.2	77.0
無散布	740	96.4	

1)発病葉率から算出した。

表11 新防除体系の黒星病に対する防除効果

検証区	一次感染							二次感染			
	花そう葉 ¹⁾ (5月28日調査)			新梢(6月16日調査)				新梢(7月10日調査)			
	調査葉 数(枚)	発病葉 率(%)	防除価 ²⁾	調査葉 数(枚)	発病葉 率(%)	発病度 ³⁾	防除価 ²⁾	調査葉 数(枚)	発病葉 率(%)	発病度	防除価 ²⁾
新防除体系①	482	0	100	779	0	0	100	782	2.6	0.9	94.4
新防除体系②	504	0	100	827	0	0	100	831	0.9	0.3	98.2
新防除体系③	474	0	100	802	0	0	100	805	0.5	0.2	98.7
新防除体系④	458	0	100	819	0	0	100	819	0.4	0.1	99.4
新防除体系⑤	520	0	100	823	0	0	100	824	0.1	0.0	99.8
対照	453	9.3	26.2	726	0.3	0.1	99.0	731	1.2	0.4	97.6
無散布	516	12.6		735	17.6	9.2		740	31.5	15.6	

1)新梢基部葉含む。

2)防除価は、花そう葉は発病葉率から、新梢は発病度から算出。防除価=100-処理区の発病/無処理区の発病×100

3)発病度=Σ(発病程度別葉数×発病指数)×100/(調査葉数×3)。

発病指数 0:発病なし、1:病斑面積率1/4以下、2:発病面積率1/4~1/2、3:発病面積率1/2以上

表12 新防除体系の斑点落葉病に対する防除効果

検証区	新梢(7月10日調査)		
	調査葉数 (枚)	発病葉率 (%)	防除価 ¹⁾
新防除体系①	782	34.5	64.2
新防除体系②	831	16.2	83.2
新防除体系③	805	22.9	76.2
新防除体系④	819	17.8	81.5
新防除体系⑤	824	6.4	93.4
対照	731	22.2	77.0
無散布	740	96.4	

1)発病葉率から算出した。

4. 考察

山形県内のリンゴ黒星病菌DMI剤標的遺伝子(CYP51A1)の変異を調査した結果、変異型菌株は39地点中25地点(発生地点率:64.1%)で検出され、県内主要リンゴ産地に広く分布していることが明らかとなった。変異型菌株が検出された園地では、野生型菌株と変異型菌株が混在しており、変異型菌株の割合が50%を超える園地も見られたが、県内全体の平均では18.1%であった。野生種が優占しており、また、うどんこ病など黒星病以外の病害の発生も懸念されることから、開花期前後のDMI剤の使用は有効と考えられるが、DMI剤の使用に当たっては、単成分薬剤のみの使用は避け、保護殺菌剤(チウラム剤、マンゼブ剤)との混用や混合剤を使用する必要がある。

(様式1)

黒星病は、薬剤防除のみならず、伝染源となる被害落葉対策や薬液のかかりやすさを考慮した剪定、生育期間の発病葉・発病果実の摘取りなど、地域全体で総合的な防除対策に取組み、菌密度を低下させることが重要である。そこで、一次伝染源である被害落葉に対する各種資材の黒星病に対する効果を検討した結果、本年度は黒星病の発生が少なかったこともあり効果は判然としなかったが、2018、2019年の結果では、堆肥の施用により被害落葉からの子う胞子飛散低減され、発病が抑制される傾向が認められた。堆肥施用による子う胞子飛散低減効果は、被害落葉の被覆（堆肥マルチ）によるものであり、樹冠下等に集めた被害落葉上に堆肥を施用することで、効率的に被覆できると考えられた。被害落葉に対する石灰硫黄合剤等の農薬の施用によっても発病が抑制される傾向にあったが、いずれの資材も黒星病対策として落葉に施用することは使用基準によらない使用となるため、メーカー等への対応などが必要と考えられる。

黒星病に対する各種薬剤の防除効果を検討した結果、ユニックス顆粒水和剤47（AP剤）、オルフィンフロアブル、カナメフロアブル、パレード15フロアブル（SDHI剤）は、黒星病に対する防除効果が高く、耐性菌発達リスクが高まる中、DMI剤に代わる薬剤として有望であると考えられた。ただし、ユニックス顆粒水和剤47は、本県主力果樹であるおうとうに薬害の恐れがあるので注意が必要である。

DMI剤耐性菌リスクが高まる中、DMI剤を減らした防除体系を検討した結果、開花直前若しくは落花直後にDMI剤に替えてユニックス顆粒水和剤47（AP剤）やオルフィンプラスフロアブル（DMI剤とSDHI剤の混合剤）を使用した防除体系では、従来のDMI剤2回体系と同等の防除効果が得られた。なお、DMI剤のみならず、AP剤、SDHI剤についても耐性菌出現防止のため単成分剤だけでは使用せず、保護殺菌剤を加用するか混合剤を使用する必要があると考えられた。また、一次感染後も各種殺菌剤を用いて、梅雨明けまで概ね10日間隔で防除を継続することにより黒星病の発生を大幅に抑制されることが明らかとなったが、斑点落葉病の発生が多い防除体系もあったことから、防除体系の策定に当たっては、地域の実情に合わせて、うどんこ病や斑点落葉病等黒星病以外の病害に対しても効果的な薬剤を選定する必要があると考えられた。

5. 今後の課題

黒星病以外の病害虫を含めた効果的な防除体系の検討。

6. 要約

- (1) 山形県内において、DMI剤標的遺伝子（CYP51A1）変異型菌株は、39地点中25地点（発生地点率：64.1%）で検出され、県内主要リンゴ産地に広く分布していた。変異型菌株の検出園地では、変異型と野生型（非変異）菌株が混在しており、変異型菌株率が50%を超える園地も見られたが、県全体の平均では18.1%と野生型菌株の割合が高かった。
- (2) リンゴの発芽前に堆肥を土壌表面に施用して、被害落葉を被覆（堆肥マルチ）することで、黒星病の一次伝染源である前年被害落葉からの子う胞子の飛散を低減する効果があり、発病が抑制された。

(様式1)

- (3) ユニックス顆粒水和剤47 (AP剤)、オルフィンフロアブル、カナメフロアブル、パレード15フロアブル (SDHI剤) は、黒星病に対する防除効果が高かった。
- (4) 開花直前若しくは落花直後にDMI剤に替えてユニックス顆粒水和剤47 (AP剤) やオルフィンプラスフロアブル (DMI剤とSDHI剤の混合剤) を使用した防除体系では、従来のDMI剤2回体系と同等の防除効果が得られた。
- (5) 落花直後の防除以降も、7月上旬まで概ね10日間隔で防除することにより、7月中旬の黒星病の発生を抑制できた。

7. 成果の公表及び特許

- (1) 山形県農作物病害虫防除基準に反映させた。
- (2) 生産現場への普及指導資料として活用する。

(様式1)

病害虫の効率的防除体制の再編委託事業

東北ブロック：「DMI 剤感受性低下菌対策を主眼としたリンゴ黒星病防除体系の確立」

氏名 近藤賢一、横澤志織、香取千文、江口直樹

所属 長野県果樹試験場

[〒382-0072 長野県須坂市小河原 492]

1. 調査背景と目的

DMI 剤耐性菌の発生・蔓延が懸念されるため、DMI 剤に替りうる薬剤を選定し、DMI 剤を使用しない、あるいはDMI 剤に頼り過ぎない防除体系を構築する。また、黒星病菌の密度低下に有効な落葉処理法の構築に向け、落葉からの子のう胞子飛散の実態を調査するとともに、飛散を抑制する対策について検討する。

2. 調査方法

1. DMI 剤の使用回数を減らした防除体系の実証

(1) DMI 剤の使用回数を減らした防除体系の実証

試験場所：果樹試験場内 49 号圃場 (DMI 剤、QoI 剤耐性黒星病菌は確認されていない。
うどんこ病に対するDMI 剤の低感受性菌は確認されている。)

供試樹：11～21 年生「ふじ」(マルバカイドウ台木樹)。1 区 1/2～1 樹、3 反復

試験区：表 1 参照

薬剤処理：表 1 に記載の日程で、動力噴霧器により十分量を均一に散布した。殺虫剤は別途、
試験区全面に散布した。

調査方法：各調査結果の表の欄外に記載した。

(2) 黒星病防除における生育初期の散布タイミングの検証 (展葉 3 日後散布の効果の実証)

試験場所、供試樹：(1) と同じ

試験区：表 6 参照

薬剤処理：表 6 に記載の日程で、動力噴霧器により十分量を均一に散布した。殺虫剤は別途
試験区全面に散布した。

調査方法：調査結果の表の欄外に記載した。

(3) 褐斑病防除における落花期防除の必要性の検討

試験場所、果樹試験場内 60 号圃場

供試樹：18 年生「ふじ」(わいせい台木樹)。1 区 2～3 樹、3 反復

試験区：表 8 参照

薬剤処理：表 8 に記載の日程で、動力噴霧器により十分量を均一に散布した。殺虫剤は別途

(様式1)

試験区全面に散布した。

調査方法：調査結果の表の欄外に記載した。

2. DMI 剤代替として有望なSDHI 剤の春季主要病害に対する効果

(1) リンゴ赤星病に対する各種SDHI 剤の効果

ア 現地圃場試験

試験場所：池田町（現地圃場）

供試樹：5年生「ふじ」（わい性台木樹）。1区4～12樹、3反復。

供試薬剤：カナメフロアブル、ネクスターフロアブル（いずれもSDHI 剤）

薬剤処理：開花前（令和2年4月24日（試験ほ場での開花期は4月29日））及び落花期（5月4日（落花期：5月9日））の2回、動力噴霧器を用いて1樹当たり約1.2L（10a当たり約300L）の割合で散布した。展着剤は加用しなかった。いずれの処理日とも降雨の影響はなかった。試験前後の薬剤防除は次に示すとおりで、無処理区を含め全区に均一散布した。

4月10日：ベフラン液剤、4月26日：フェニックスフロアブル、5月22日：ペンコゼブ水和、テルスターフロアブル、6月5日：トレノックスフロアブル

調査方法：調査結果の表の欄外に記載した。

イ 場内圃場試験

試験場所：果樹試験場内39号ほ場

供試樹：12～14年生「ふじ」（わい性台木樹）。1区2～4樹、3反復。

供試薬剤：オルフィンフロアブル、カナメフロアブル、ミラビスフロアブル（いずれもSDHI 剤）

薬剤処理：開花前（令和2年4月24日（試験ほ場での開花期は4月28日））、落花期（5月8日）、5月18日、5月29日の4回、動力噴霧器を用いて1樹当たり約4L（10a当たり約500L）の割合で散布した。展着剤は加用しなかった。いずれの処理日とも降雨の影響はなかった。殺虫剤は別途、試験区全面に散布した。

調査方法：調査結果の表の欄外に記載した。

(2) SDHI 剤によるリンゴ赤星病の防除適期

試験場所：池田町（現地圃場）

供試樹：5年生「ふじ」（わい性台木樹）。1区4～10樹、3反復。

供試薬剤：カナメフロアブル

薬剤処理：開花前（2020年4月24日（試験ほ場における開花期：4月29日））または落花期（5月4日（落花期：5月9日））のいずれか1回、または両回に動力噴霧器を用いて、1樹当たり約1.2L（10a当たり約300L）の割合で展着剤無加用で散布した。

(様式1)

展着剤は加用しなかった。いずれの処理日とも降雨の影響はなかった。試験前後の薬剤防除は2.(1)アと同じ。

調査方法：調査結果の表の欄外に記載した。

3. DMI 剤代替剤の黒星病に対する作用性の検討

(1) 治療効果(病斑形成阻害効果)の検討

試験場所：果樹試験場内雨よけハウス

供試樹：1年生「ふじ」ポット植え樹

供試薬剤：カナメフロアブル、ミギワ20フロアブル

接種・薬剤処理・調査方法：黒星病菌を供試苗木に噴霧接種し、一定時間、約20℃に設定した湿室内で管理した。湿室から供試ポットを出した日を起点(感染日)として、1、3、5、7日後に供試薬剤をハンドスプレーで十分量処理した。供試ポットは雨よけハウス内で管理した。感染21日後～28日後に調査した。詳細は各調査結果の表の欄外に記載した。

(2) 治療効果(孢子形成阻害効果)の検討

試験場所：果樹試験場内雨よけハウス

供試病斑：黒星病菌を「ふじ」(1年生ポット植え樹)に噴霧接種し、約20℃で約40時間温室条件下で管理した。接種3～4週間後に形成された病斑を供試した。

供試薬剤：カナメフロアブル、ミギワ20フロアブル、MIF-1002フロアブル、ミラビスフロアブル

接種・薬剤処理・調査方法：供試薬剤をハンドスプレーを用いて、病斑部を洗い流すように処理した。詳細は調査結果の表の欄外に記載した。

4. QoI 剤(単剤)に替わる有効薬剤の検索

試験場所：果樹試験場内39号圃場(輪紋病、すす点病、すす斑病)

果樹試験場内60号圃場(炭疽病)

供試品種：39号圃場 11～13年生「ふじ」(わい性台木樹)。1区1～4樹、3反復。

60号圃場 18年生「ふじ」(わい性台木樹)。1区2～4樹、3反復。

供試薬剤：ビオネクト(8-ヒドロキシキノリン銅30%、脂肪酸グリセリド55%)

ツインバリアー水和剤(キャプタン50%、ピコキシストロビン7.0%)

フルーツガードWDG(キャプタン70%、ペンチオピラド7.5%)

処理方法：39号圃場では、令和2年6月21日、7月8日、7月23日、8月6日、8月20日、9月2日の計6回、動力噴霧器を用いて十分量(1樹当たり約5L、10a当たり約625L)を均一に散布した。展着剤は加用しなかった。

60号圃場では、令和2年6月25日、7月9日、7月24日、8月8日、8月24

(様式1)

日の計5回動力噴霧器を用いて十分量(1樹当たり約8L)を均一に散布した。展着剤は加用しなかった。

6月25日、7月8日、7月23日には降雨があったが、いずれも散布前の降雨で、散布は樹体が十分乾いた後に行った。また、7月24日、8月24日の降雨は、いずれも散布した薬剤が十分に乾いた後の降雨であった、いずれも試験への影響はなかったと考える。なお、殺虫剤は慣行とし、別途、全区均一に散布した。

伝染源の設置：輪紋病、炭疽病の試験では樹上に伝染源を設置した。輪紋病の試験では、令和2年6月26日から9月23日まで、各区の中央部付近の樹上に、いぼ病斑を形成したりんご枝を1個吊るして伝染源とした。炭疽病の試験では、令和2年6月25日(1回目散布後)から8月27日まで各区の樹上に、リンゴ炭疽病菌を培養したりんご枝を網袋に入れて設置し(約12cm、10本/袋)、伝染源とした。

調査方法：各調査結果の表の欄外に記載した。

5. 子のう孢子飛散量を軽減する技術の開発

(1) 落葉時期と子のう孢子の飛散量

落葉の採取場所：果樹試験場内60号圃場(黒星病、褐斑病発生圃場)。18年生の「ふじ」わい性台木樹。

落葉採取方法：令和元年10月16日に、黒星病の発病程度が激しい枝の直下に高さ50cmの網枠を設置した。網枠は $2.0\text{m}^2(2 \times 1\text{m})$ を2カ所設置した。

落葉の回収：網枠設置時の令和元年10月16日に設置範囲の落葉をすべて回収し、以降は11月1日、11月29日、令和2年1月9日(完全落葉後)に、網枠内に落ちた全葉を回収した。枠内の落葉はそれぞれ10月16日以前、10月16日～11月1日、11月1日～11月29日、11月29日～1月9日に落葉した葉であり、期間外の落葉の混入はないと考えられた。

落葉の管理：落葉時期が異なっても条件が同じになるよう、回収した落葉はタマネギ保存用のビニール製網袋に入れ、網枠内に静置した。

重量測定：令和2年1月9日に落葉を回収し、5日間室内で風乾したのち、総重量を測定した。

調査に供試する落葉の調整と設置：各時期の落葉から任意に50gを2セット抽出し、それぞれ網袋に入れ、1月14日に場内圃場の地表面に静置した。子のう孢子の捕捉効率を高め、また、他の試験区の子のう孢子の捕捉を避ける目的で、内径43cmのポット内に、調整した落葉を静置した。設置の際にはポットの底に約15cmの深さに土を入れ、落葉の周囲に高さ約30cmの枠ができるようにした。

子のう孢子の捕捉：吸引式孢子採集器(スライドガラス設置タイプ)を用い、令和2年4月1日から5日毎にスライドガラスを交換した。両面テープ上に捕捉された $18 \times 18\text{mm}$ の範囲のリンゴ黒星病と褐斑病の子のう孢子数を計数した。

(様式1)

(2) 乗用草刈り機を用いた被害落葉の粉碎処理による発病抑制効果

試験場所：中野市現地ほ場（約20a（長辺約100m、短辺約20m：ほ場A）、約15a（長辺約100m、短辺約15m：ほ場B）の長方形のほ場で、主に「ふじ」（わい性台木樹）が栽植された隣接する2ほ場。ほ場の概要は下図参照）

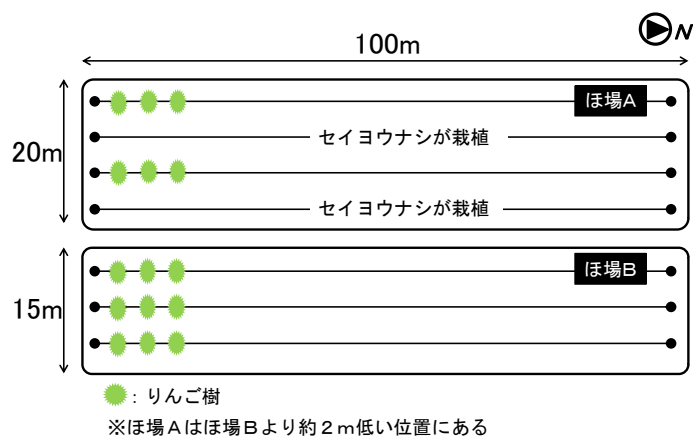


図 試験ほ場の概要

試験区の構成と処理：試験区の構成は表21に示すとおりとし、試験ほ場内における試験区の配置は図2のとおりとした。落葉処理は令和元年12月5、6日、令和2年3月18日または4月8日に表21に示す内容で行った。

調査方法：処理前調査は令和元年11月25日に行った。ほ場Aでは各区2カ所、ほ場Bでは3カ所において（いずれも区境を除く）、任意の30新梢の上位最大5葉について発病の有無を調査し、発病葉率を算出した。令和2年6月10日にはほ場Aは各区2カ所、ほ場Bは3カ所において、50果そうについて果そう毎に発病の有無を調査し、発病果そう率を算出した。さらに30新梢の全葉について発病の有無を調査し、発病葉率を算出した。また、被害落葉の粉碎処理による子のう胞子の飛散量への影響を調査するため、令和元年12月5日に試験区内の約1m×50cmの範囲を4カ所とり、2カ所は乗用草刈り機による粉碎処理を行い、他2カ所は粉碎処理を行わず、雑草を含めて被害落葉を集め、場内に持ち帰って重量を測定し、500gずつ網袋に入れて自然条件下で越冬させた。これらの被害落葉を内径43cm、高さ45cmのポット（ポット内に約15cmの深さで土を入れた）に入れ、簡易吸引式胞子採集器を設置して子のう胞子の飛散量を調査した。子のう胞子の飛散調査は令和2年3月31日～7月6日の間、原則5日ごとに行い、スライドグラス18×18mmの範囲に捕捉された子のう胞子数を光学顕微鏡下で計数した。

(様式 1)

3. 調査結果

1. DMI 剤の使用回数を減らした防除体系の実証

(1) DMI 剤の使用回数を減らした防除体系の実証

ア 散布実績と試験概況

散布実績と試験期間中の気象概況を表 1、2 に示した。4～6 月上旬は降水量が少なく経過したが、6 月中旬以降、一転して多雨となった。試験ほ場では、黒星病、うどんこ病とも少発生条件下での試験となった。

表 1 試験区の構成と散布日

試験区	散布時期 (散布日)				
	発芽～展葉期	開花直前 (4/25)	落花直後 (5/4)	落花 10～14 日 (5/17)	それ以降
体系 1 : DMI 剤 1 回 (R2 体系)	—	スコア WDG ×3,000 トノックス FL ×500	ホルフィン FL ×4,000	ジマンタ イオン W ×500	6/8 アントコル 顆粒 W ×500 6/21 ジマンタ イオン W ×500 7/16 パースポート 顆粒 W ×1,000 8/5 ベアリン L ×1,500
体系 2 : non-DMI 剤 (R1 体系)		エックス WDG ×3,000	ホルフィン FL ×4,000		
体系 3 : DMI 剤 2 回 (H30 体系)		スコア WDG ×3,000	ホルフィン FL ×2,000		
体系 4 : 開花期前後無防除		—	—		
体系 5 : 無防除		—	—		

表 2 試験期間中の降雨の状況

	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30	31
4月	平均気温 13.7	10.2	10.3	9.1	5.1	6.0	6.7	9.4	7.2	4.3	5.5	8.3	7.2	5.7	8.5	8.6	10.3	8.9	10.9	11.8	11.5	6.1	5.7	5.9	10.3	11.2	9.3	8.1	11.6	14.2	17.8
	降水量 8.5							1.0	0.5				21.5	1.0			0.5	24.5		3.5				4.5		4.0					
5月	平均気温 16.7	19.7	20.0	20.9	16.1	13.8	11.6	13.3	14.6	20.6	19.5	17.5	14.6	14.8	17.7	18.0	17.7	20.5	19.3	15.0	14.3	16.7	18.7	20.8	20.0	19.3	17.9	16.8	16.6	17.6	17.8
	降水量					1.0	0.5								1.5				20.5	2.0						18.5	0.5				
6月	平均気温 20.9	21.0	20.7	22.3	22.5	20.7	19.7	21.0	23.3	24.4	23.0	22.4	20.7	21.7	24.0	21.5	20.4	21.2	18.4	18.4	20.8	19.6	22.0	24.2	24.5	23.4	23.9	21.3	21.4	21.2	17.8
	降水量										40.5	1.0	20.0	16.0	1.5			2.0	20.5							0.5	8.0	9.0		12.5	

観測地点：試験場内、単位：平均気温は℃、降水量はmm

イ 黒星病に対する各防除体系の効果 (表 3)

子のう胞子の飛散は 4 月第 3 半旬の降雨から確認され (場内「ふじ」の展葉は 4 月 8 日)、5 月第 2 半旬にピークとなった。試験ほ場での初発は 5 月 7 日で、子のう胞子の飛散および気象の経過から、4 月第 4 半旬の降雨による感染と考えられた。5 月は少雨で推移したが、第 4 および 6 半旬の降雨により二次感染し、少発生ではあるものの昨年より発生は多かった。

このような中、体系 1～3 いずれも高い防除効果が認められた。

(様式1)

表3 各防除体系下でのリンゴ黒星病の発生状況

試験区	果そう葉調査 (5/17)		新梢葉調査 (6/8)		
	発病果そう率 (%)	防除価	調査葉数	発病葉率 (%)	防除価
体系1 (R2体系)	1.3	87.9	175.7	0	100
体系2 (R1体系)	0	100	180.3	0.7	88.3
体系3 (H30体系)	0	100	178.0	0.2	96.7
体系4 (開花期前後無防除)	10.7		173.8	1.4	
体系5 (無防除)	—		179.3	6.0	

注) 表中の数値は3～4反復の平均値。新梢葉調査の防除価は体系5を無防除区として算出した。

調査方法: 果そう葉調査は各区50果そう、新梢葉調査は各区20新梢の全葉の発病の有無を調査した。

防除価 = (処理区の発病率/無防除区の発病率) × 100

ウ うどんこ病に対する各防除体系の効果 (表4)

4～5月が乾燥傾向で経過し、うどんこ病の発生に適した条件となった。

場内、無防除樹(「紅玉」)では、4月16日に一次被害芽(芽しぶ)の発生を認め、その後急増して、5月中旬には新梢葉で多発生となった。試験は「ふじ」を供試したため、無防除区(体系4)での発病葉率が10.1%、発病度3.4と少発生条件となった。

このような中、DMI剤を2回使用した体系3(H30体系)は防除価70.6と効果が低かったが、DMI剤を使用しない体系2(R1体系)とDMI剤を1回使用した体系1(R2体系)はいずれも防除価94.1と高い効果が認められた。

表4 各防除体系下でのリンゴうどんこ病の発生状況

試験区	調査葉数	発病葉率 (%)	発病度	防除価
体系1 (R2体系)	132.7	0.5	0.2	94.1
体系2 (R1体系)	136.0	0.5	0.2	94.1
体系3 (H30体系)	140.3	3.0	1.0	70.6
体系4 (開花期前後無防除)	156.3	10.1	3.4	
体系5 (無防除)	—	—	—	—

注) 表中の数値は3反復の平均値

調査方法: 5/29に各区20新梢の全葉を以下の程度別に発病葉数を調査し、発病葉率、発病度、防除価を算出した。

発病指数 0: 発病なし 1: 葉面積の1/4以下 2: 葉面積の1/4～1/2 3: 葉面積の1/2以上

発病度 = Σ (指数 × 程度別発病葉数) / (調査葉数 × 3) × 100

防除価 = 100 - (処理区の発病度/無防除区の発病度) × 100

エ 褐斑病に対する各防除体系の効果 (表5)

子のう胞子の初飛散は早く、4月第1半旬に認められ、4月下旬以降、飛散量は増加した。飛散のピークは5月第4半旬であった。

場内の無防除樹(「ふじ」)での初発は早く5月13日に確認したが、6月中旬まで少雨で経過したことから一次感染量は少なかったと推察される。6月中旬以降の降雨により二次感染が起こったが、初期の感染量が少なかったため、発生は例年に比べ極めて少なかった。

このような中、体系1～3いずれも褐斑病の発生は認められず、高い防除効果であった。

(様式1)

なお、試験期間中、無防除とした体系5では、発病果そう率 27.8%、発病葉率 9.3%の発生が認められたが、体系1～3の比較対象である体系4（開花期前後無防除）での発生は極めて少なかったことから、褐斑病防除における開花期前後の防除の必要性が低い可能性が示唆された。

表5 各防除体系下でのリンゴ褐斑病の発生状況

試験区	果そう葉調査		新梢葉調査			
	発病果そう率 (%)	防除価	調査葉数	発病葉率 (%)	発病度	防除価
体系1 (R2体系)	0	100	197.7	0	0	100
体系2 (R1体系)	0	100	216.3	0	0	100
体系3 (H30体系)	0	100	190.0	0	0	100
体系4 (開花期前後無防除)	0	—	92.7	0.8	0.2	—
体系5 (無防除)	27.8	—	109.0	9.3	3.5	—

注) 表中の数値は3反復の平均値

調査方法: 8/6に各区30または60果そう、10または20新梢を調査した。新梢調査では各新梢の全葉を以下の程度別に発病葉数を調査し、発病葉率、発病度、防除価を算出した。防除価は体系4を無防除区として算出した。

発病指数 0: 発病なし 1: 葉面積の1/4以下 2: 葉面積の1/4~1/2 3: 葉面積の1/2以上 4: 落葉

発病度 = $\Sigma(\text{指数} \times \text{程度別発病葉数}) / (\text{調査葉数} \times 4) \times 100$

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

(2) 黒星病防除における生育初期の散布タイミングの検証 (展葉3日後散布の効果の実証)

ア 散布実績

散布実績は表6に示した。試験期間中の気象概況は表2と同じ。

表6 試験区の構成と散布日

試験区	散布時期 (散布日)					備考
	発芽10日前	発芽10日後 (4/6)	展葉3日後 (4/11)	発芽17日後 (4/15)	それ以降	
展葉3日後防除区 (パフン液剤)	—	—	パフンL ×1000		—	R2体系
発芽10日後+その7日後防除区 (パフン顆粒水和剤+パフン液剤)		パフン顆粒W ×1000		パフンL ×1000		R1体系 (強化体系)
発芽10日後防除区 (パフン顆粒水和剤)		パフン顆粒W ×1000				~H30体系
無防除		—	—	—		

注) 試験ほ場の生育 (「ふじ」) 発芽期: 3/27、展葉期: 4/8

イ 黒星病に対する各防除体系の効果 (表7)

子のう胞子の飛散は4月第3半旬の降雨から確認され (場内「ふじ」の展葉は4月8日)、5月第2半旬にピークとなった。試験ほ場での初発は5月7日で、子のう胞子の飛散および気象の経過から感染は4月第4半旬 (4月17~18日の降雨) と考えられた。

調査時の発病に対する感染日が4月17~18日と推測されることから、いずれの区も感染前の散布となり、予防効果を評価する試験となった。また、試験ほ場の展葉期は4月8日であったことから、発芽10日後 (4月6日) の散布は、展葉前の散布となった。

(様式 1)

このような中で、「展葉 3 日後防除区」および「発芽 10 日後+その 7 日後防除区」では発病がなく、高い防除効果が認められた。一方、「発芽 10 日後防除区」は無防除区と同程度の発病があり、防除効果は認められなかった。

これらのことから、リンゴ黒星病の初期防除では、平成 30 年までの発芽期を起点とした保護殺菌剤による「発芽 10 日後」防除と比較して、治療効果を有するベフラン液剤を用いた展葉期を起点とする「展葉 3 日後」防除の有効性が高い可能性が示唆された。今後、異なる気象、生育条件下でデータを蓄積する必要がある。

表 7 各防除体系下でのリンゴ黒星病の発生状況

試験区	果そう葉調査 (5/13)	
	発病果そう率 (%)	防除価
展葉 3 日後防除 (ベフラン液剤)	0	100
発芽 10 日後 + その 7 日後防除 (パースト顆粒水和剤 + ベフラン液剤)	0	100
発芽 10 日後防除 (パースト顆粒水和剤)	3.0	18.9
無防除	3.7	

注) 表中の数値は 3 反復の平均値。

調査方法: 各区 100 果そうについて果そう単位で発病の有無を調査した。

防除価 = (処理区の発病果そう率 / 無防除区の発病果そう率) × 100

(3) 褐斑病防除における落花期防除の必要性の検討

ア 試験区の構成

試験区の構成は表 8 に示すとおりとした。

表 8 試験区の構成と散布日

試験区	散布時期 (実際の散布日)					それ以降
	落花直後 (5/5)	落花 14 日後 (5/18)	5/31	6/14	6/27	
落花直後 防除開始区	トキソフ	トキソフ	トキソフ	トキソフ	オキシドール-W	—
落花 14 日後 防除開始区	—	トキソフ	トキソフ	トキソフ	オキシドール-W	
無防除	—	—	—	—	—	

注) トキソフは 800 倍液、オキシドール-W は 1,200 倍液を散布

イ 褐斑病に対する各防除体系の効果

褐斑病菌子のう胞子の初飛散は早く、4 月第 1 半旬に認められ、4 月下旬以降、飛散量は増加した。飛散のピークは 5 月第 4 半旬であった (図 1)。

(様式1)

場内の無防除樹（「ふじ」）での初発は早く5月13日に確認したが、6月中旬まで少雨で経過したことから一次感染量は少なかったと推察される。6月中旬以降の降雨により二次感染が起こったが、初期の感染量が少なかったことから発生は例年に比べ極めて少なかった。

「落花直後防除開始区」、「落花14日後防除開始区」での褐斑病の発生は極めて少なく、果そう葉に対する防除価はともに98、新梢葉に対する防除価もともに99であった（表9）。

このことから令和2年の感染条件下では、リンゴ褐斑病防除における落花期防除の必要性は低いと考えられた。異なる気象、発生条件下でのデータを蓄積する必要がある。

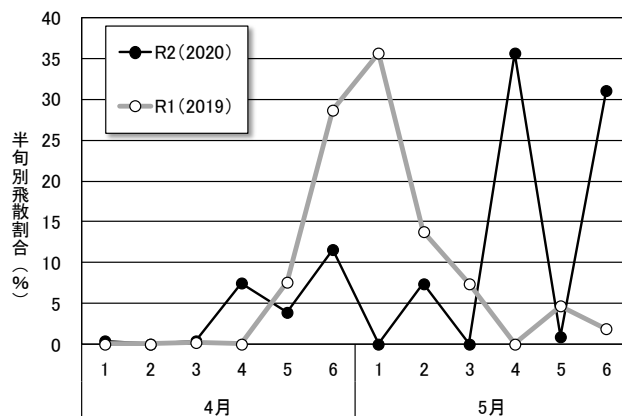


図1 リンゴ褐斑病菌子のう胞子の飛散推移 (半月別)

表9 各防除体系下でのリンゴ褐斑病の発生状況

試験区	果そう葉調査		新梢葉調査			
	発病果そう率 (%)	防除価	調査葉数	発病葉率 (%)	発病度	防除価
落花直後防除開始	0.7	98.0	309.0	0.3	0.1	99.0
落花14日後防除開始	0.7	98.0	304.7	0.2	0.1	99.0
無防除	34.7		299.0	25.6	10.3	

注) 表中の数値は3～4反復の平均値。

調査方法：8/4に各区50果そう、30新梢を調査した。新梢調査では各新梢の全葉を以下の程度別に発病葉数を調査し、発病葉率、発病度、防除価を算出した。

発病指数 0：発病なし 1：葉面積の1/4以下 2：葉面積の1/4～1/2 3：葉面積の1/2以上 4：落葉

発病度 = $\Sigma(\text{指数} \times \text{程度別発病葉数}) / (\text{調査葉数} \times 4) \times 100$

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

2. DMI 剤代替として有望なSDHI 剤の春季主要病害に対する効果

(1) リンゴ赤星病に対する各種SDHI 剤の効果

ア 現地圃場試験 (表10)

昨年、赤星病が多発した現地圃場において、自然発生条件下で試験を行った。なお、試験圃場周囲でのビャクシン類における赤星病の冬孢子堆の膨潤時期は未確認である。

調査時における無処理区での発病は、発病葉率7.1%、発病度2.5で少発生条件下の試験となった。対照としたジマンダイセン水和剤600倍液は発病葉率0.2%、発病度0.1、防除価97.2と高い防除効果を示した。

(様式 1)

供試薬剤のカナメフロアブル 4,000 倍液散布区は対照のジマンダイセン水和剤散布区と同等の高い防除効果が認められた。ネクスターフロアブル 1,500 倍液散布は対照のジマンダイセン水和剤散布区とほぼ同等の防除効果が認められた。

表 10 供試薬剤のリンゴ赤星病に対する防除効果 (現地圃場試験)

供試薬剤	希釈倍数	調査葉数	発病葉率 (%)	発病度	防除価
カナメフロアブル	4,000	341.3	0	0	100
ネクスターフロアブル	1,500	327.7	0.6	0.2	92.0
ジマンダイセン水和剤	600	322.7	0.2	0.1	97.2
無処理	—	348.7	7.1	2.5	

注) 表中の数値は 3 反復の平均値。

調査方法: 6 月 21 日に各区任意の 60 新梢を選び、展開葉全葉について発病の有無と発病程度 (指数 0~3) を調査し、発病葉率、発病度を算出した。防除価は発病度の平均値から求めた。

<調査に用いた発病指数>

0: 病斑なし、1: 病斑数が 1~5 個、2: 病斑数が 6~15 個、3: 病斑数が 16 個以上

発病度 = $\Sigma(\text{発病指数別葉数} \times \text{発病指数}) / (\text{調査葉数} \times 3) \times 100$

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

イ 場内圃場試験 (表 11)

赤星病に罹病したビャクシン属植物を伝染源として、圃場の中央部付近に植え付けて試験を行った。伝染源に対し風上側の北東部に配置した反復 3 は、無処理区を含めて同様に発生が極めて少なかったことから、反復 1、2 での結果をもとに各薬剤の効果を評価した。調査時における無処理区での平均発病率で 23.5 と中発生条件下の試験となった。

供試した SDHI 剤のうち、カナメフロアブル 4,000 倍液は防除価 100 と高い効果が認められた。次いでミラビスフロアブル 5,000 倍液で防除価 88.1 であった。オルフィンフロアブル 4,000 倍液の防除効果は低く、防除価 64.7 であった。

両試験の結果から、SDHI 剤のカナメフロアブル、ネクスターフロアブル、ミラビスフロアブルは赤星病に対して実用的な防除効果が期待できると考えられた。これらの薬剤の治療効果、効果的な使用時期については検討が必要である。

表 11 供試薬剤のリンゴ赤星病に対する防除効果 (場内圃場試験)

供試薬剤	希釈倍数	調査葉数	発病葉率 ^{a)} (%)	防除価
オルフィンフロアブル	4,000	329.3	8.3	64.7
カナメフロアブル	4,000	326.0	0	100
ミラビスフロアブル	5,000	322.7	2.8	88.1
(参) オーソサイド水和剤	800	327.7	0.5	97.9
無処理	—	319.3	23.5	

注) 表中の数値は 2 反復の平均値。

調査方法: 6 月 17 日に各区任意の 30 新梢を選び、展開葉全葉について発病の有無を調査し、発病葉率を算出した。防除価は発病葉率の平均値から求めた。

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

その他: 試験は場の中央付近に赤星病に罹病したビャクシン属植物を 1 樹配置して試験を行った。

(様式 1)

(2) SDHI 剤によるリンゴ赤星病の防除適期 (表 12)

昨年、赤星病が多発した現地ほ場において、自然発生条件下で試験を行った。なお、試験ほ場周囲でのビヤクシン類における赤星病の冬孢子堆の膨潤時期は未確認である。調査時における無処理区での発病は、発病葉率 7.1%、発病度 2.5 で少発生条件下の試験となった。

カナメフロアブルを開花前と落花期の 2 回散布した区での防除効果が最も高く、次いで落花期の 1 回散布区の順となり、開花前散布の効果はやや低かった。この傾向は対照のスコア顆粒水和剤と同様であった。なお、カナメフロアブルの落花期 1 回散布において、治療効果を有するスコア顆粒水和剤とほぼ同等の防除効果が認められており、カナメフロアブルは赤星病に対して治療効果を有する可能性があると考えられる。

本年の発生条件下では、落花期防除が開花前防除に比べて重要性が高く、SDHI 剤 (カナメフロアブル) の落花期 1 回散布で高い防除効果が得られると考えられた。引き続き異なる発生条件下での検討が必要とである。

表 12 供試薬剤の散布時期とリンゴ赤星病に対する防除効果

供試薬剤	希釈倍数	散布時期	調査葉数	発病葉率 (%)	発病度	防除価
カナメフロアブル	4,000	開花前	311.7	1.0	0.3	88.0
		落花期	315.3	0.7	0.2	92.0
		開花前+落花期	341.3	0	0	100.0
スコア顆粒水和剤	3,000	開花前	353.7	0.9	0.3	88.0
		落花期	320.3	0.2	0.1	97.2
		開花前+落花期	362.3	0.1	0.0	98.8
無処理	—	—	348.7	7.1	2.5	

注) 表中の数値は 2 反復の平均値。

調査方法: 6 月 21 日に各区任意の 60 新梢の完全展開葉全葉について、発病の有無と発病程度 (指数 0~3) を調査し、発病葉率、発病度を算出した。防除価は発病度の平均値から求めた。調査に用いた発病指数、発病度及び防除価の算出式は表 10 と同じ。

3. DMI 剤代替剤の黒星病に対する作用性の検討

(1) 治療効果 (病斑形成阻害効果) の検討

試験 1 では、感染 15 日後に発病を認め、無処理区での発病が発病葉率 64.6%、発病度 34.7 と多発生条件下での試験となった (表 13)。

カナメフロアブルは感染 3 日後、ミギワ 20 フロアブルは感染 5 日後の処理まで防除価 80 以上の高い病斑形成阻害効果を示した。対照とした DMI 剤のスコア顆粒水和剤は感染 3 日後の処理まで防除価 80 程度を維持した。

(様式1)

表13 各種薬剤のリンゴ黒星病に対する病斑形成阻害効果(試験1)

供試薬剤	希釈倍数	感染1日後処理				感染3日後処理				感染5日後処理				感染7日後処理			
		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	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
カナメフロアブル	4,000	54	1.9	0.6	98.3	42	14.3	4.8	86.2	60	80.0	34.4	0.9	48	87.5	50.7	0
ミギワ20フロアブル	4,000	53	0	0	100	54	0	0	100	42	0	0	100	48	81.3	37.5	0
スコア顆粒水和剤	3,000	48	18.8	6.3	81.8	54	11.1	3.7	89.3	48	35.4	11.8	66.0	53	73.6	34.0	2.0
無処理	—	48	64.6	34.7	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—

供試ポット、苗数：各区3ポット、6～9苗。

接種：令和2年5月25日に 1.5×10^5 個/mlの孢子懸濁液を供試樹に噴霧した後、約20℃で約30時間、温室条件で保持した。なお、接種にはDMI剤とQoI剤に対して感受性の菌株を供試した。

調査方法：6月18日(感染21日後)に、接種葉における発病程度を以下の指数で調査し、発病葉率、発病度を算出した。防除価は発病度の平均値から求めた。

調査に用いた発病指数 0：発病なし 1：発病面積が葉面積の1/4未満 2：発病面積が葉の1/4～1/2
3：発病面積が葉の1/2以上

発病度を求める式：発病度 = $\Sigma(\text{指数} \times \text{該当葉数}) / (\text{調査葉数} \times 3) \times 100$

防除価を求める式：防除価 = $100 - (\text{処理区の発病度} / \text{無処理区の発病度}) \times 100$

試験2では、感染15日後に発病を認めたが高温時の試験となり、その後の病勢の進展は緩慢であった。無処理区の発病が発病葉率25.9%、発病度8.6と少発生条件での試験となった(表14)。

カナメフロアブルは感染5日後、ミギワ20フロアブルは感染7日後の処理まで防除価80以上の高い病斑形成阻害効果を示した。対照としたスコア顆粒水和剤は感染7日後まで防除価80以上を維持した。

表14 各種薬剤のリンゴ黒星病に対する病斑形成阻害効果(試験2)

供試薬剤	希釈倍数	感染1日後処理				感染3日後処理				感染5日後処理				感染7日後処理			
		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	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
カナメフロアブル	4,000	30	3.3	1.1	87.2	36	0	0	100	30	0	0	100	30	6.7	2.2	74.4
ミギワ20フロアブル	4,000	36	0	0	100	36	0	0	100	36	0	0	100	36	0	0	100
スコア顆粒水和剤	3,000	36	0	0	100	30	0	0	100	30	0	0	100	30	0	0	100
無処理	—	54	25.9	8.6	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—

供試ポット、苗数：各区2～4ポット、5～9苗。

接種：令和2年8月12日に 1.5×10^5 個/mlの孢子懸濁液を供試樹に噴霧した後、約23℃で約40時間、温室条件で保持した。なお、接種にはDMI剤とQoI剤に対して感受性の菌株を供試した。

調査方法：9月11日(感染28日後)に表11に示す調査方法に準じて調査した。

試験3では感染11日後に発病を認め、無処理区での発病が発病葉率79.2～100%、発病度42.7～65.3と甚発生条件での試験となった(表15)。

カナメフロアブルは感染3日後、ミギワ20フロアブルは感染5日後の処理まで防除価80

(様式 1)

以上の高い病斑形成阻害効果を示した。対照としたスコア顆粒水和剤は、感染3日後の処理まで防除価 80 程度を維持した。同じく対照としたSDHI 剤のオルフィンフロアブルは感染1日後の処理でも防除価 80 を大きく下回り、十分な病斑形成阻害効果が認められなかった。原因は不明である。

表 15 各種薬剤のリンゴ黒星病に対する病斑形成阻害効果 (試験 3)

供試薬剤	希釈 倍数	感染 1 日後処理				感染 3 日後処理				感染 5 日後処理				感染 7 日後処理			
		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	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
カナメ フロアブル	4,000	16	25.0	8.3	85.4	28	10.7	3.6	94.5	32	40.6	26.0	46.5	16	68.8	45.8	0
ミギワ 20 フロアブル	4,000	16	0	0	100	20	0	0	100	28	0	0	100	24	37.5	20.8	51.3
オルフィン フロアブル	4,000	15	80.0	28.9	49.0	24	87.5	45.8	29.9	28	57.1	25.0	48.6	20	80.0	61.7	0
スコア 顆粒水和剤	3,000	16	25.0	8.3	85.4	16	12.5	4.2	93.6	12	33.3	19.4	60.1	20	30.0	13.3	68.9
無処理	—	20	100	56.7		24	100	65.3		24	79.2	48.6		32	87.5	42.7	

供試ポット、苗数：各区1～2ポット、2～3苗。

接種：令和2年10月1日に 1.5×10^5 個/mlの孢子懸濁液を供試樹に噴霧した後、約23℃で約40時間、温室条件で保持した。なお、接種にはDMI 剤とQo I 剤に対して感受性の菌株を供試した。

調査方法：10月27日(感染25日後)に表11に示す調査方法に準じて調査した。

以上のことから、リンゴ黒星病に対する実用的な病斑形成阻害効果は、カナメフロアブルで感染3～5日後まで、ミギワ20フロアブルで感染5～7日後までの処理で得られると考えられた。またDMI 剤のスコア顆粒水和剤の病斑形成阻害効果と比べ、カナメフロアブルはほぼ同等、ミギワ20フロアブルはやや優ると考えられた。

(2) 治療効果 (孢子形成阻害効果) の検討 (表 16)

孢子形成抑制効果の高いジマンダイセン水和剤を対照として、供試薬剤の黒星病に対する孢子形成阻害効果を検討した。

試験1では、ジマンダイセン水和剤は無処理に対して7.9%に孢子形成を抑制した。いずれの供試薬剤も孢子形成を阻害する効果は認められたが(対無処理比、対照とした57.1～74.3)、ジマンダイセン水和剤と比較してその程度は著しく低かった。

試験2では、ジマンダイセン水和剤の孢子形成抑制効果はやや低く、無処理に対して49.9%に孢子形成を阻害した。なお、効果が低い原因は不明である。カナメフロアブル、ミギワ20フロアブルともにわずかに孢子形成を阻害する効果が認められたが、対照としたジマンダイセン水和剤と比較してその程度は低かった。

以上のことからカナメフロアブル、ミギワ20フロアブル、MIF-1002フロアブル、ミラピスフロアブルはいずれも病斑上で孢子形成を抑制する効果は低いと考えられる。

(様式1)

表16 各種薬剤の病斑におけるリンゴ黒星病の胞子形成阻害効果

供試薬剤	希釈倍数	試験1			試験2		
		調査病斑数	胞子形成度	対無処理比(%)	調査病斑数	胞子形成度	対無処理比(%)
カナメフロアブル	4,000	5	50.0	71.4	6	71.4	82.4
ミギワ20フロアブル	4,000	8	52.0	74.3	6	74.2	85.6
MIF-1002フロアブル	4,000	3	66.7	95.3	nt ^{a)}		
ミラビスフロアブル	5,000	5	40.0	57.1	nt		
ジマンダイセン水和剤	500	9	5.5	7.9	6	43.3	49.9
無処理(蒸留水処理)	—	5	70.0	—	30	86.7	—

a)nt:未実施

接種: 1.5×10^5 個/mlの胞子懸濁液を供試樹に噴霧した。なお、接種にはDMI剤とQoI剤に対して感受性の菌株を供試した。
 調査方法: 試験1は処理10日後に、試験2は処理8日後に病斑表面の胞子をグリセリンゼリーに転写し、光学顕微鏡下で100倍の視野あたりの胞子量を以下の程度別に調査し、胞子形成度を算出した。
 胞子形成指数 0: 胞子なし 1: 1~100、2: 101~1,000、3: 1,001~10,000、4: 10,001以上
 胞子形成度 = $\Sigma(\text{指数} \times \text{程度別該当病斑数}) / (\text{調査病斑数} \times 4) \times 100$

4. QoI剤(単剤)に替わる有効薬剤の検索

(1) 輪紋病に対する各種薬剤の効果(表17)

無処理区における輪紋病の発生は8月中旬からみられた。調査時の無処理区における発病果率は、樹上調査で32.5%と中発生、貯蔵調査で36.0%と中発生条件下の試験となった。対照薬剤のオキシラン水和剤の防除価は、樹上調査で94.5、貯蔵調査で100であり、高い防除効果であった。

各供試薬剤の防除効果は対照のオキシラン水和剤と比較して、ツインバリアー水和剤で同等、ビオネクトではほぼ同等、フルーツガードWDGでやや劣った。フルーツガードWDGは輪紋病の主要な感染時期の使用は注意が必要と考えられる。

表17 供試薬剤のリンゴ輪紋病に対する防除効果

供試薬剤	希釈倍数	樹上調査			貯蔵調査		
		調査果数	発病果率(%)	防除価	調査果数	累積発病果率(%)	防除価
ビオネクト	1,000	85.3	3.7	88.6	50.0	5.5	84.7
ツインバリアー水和剤	1,000	186.0	0.9	97.2	50.0	1.3	96.4
フルーツガードWDG	1,000	133.7	7.6	76.6	50.0	11.3	68.6
オキシラン水和剤	500	103.0	1.8	94.5	50.0	0	100
無処理	—	219.7	32.5		50.0	36.0	

注) 表中の数値は3反復の平均値。

調査方法: 令和2年11月13日~19日に各区全果実を収穫し、発病の有無を調査して発病果率を算出した。調査日以前に樹上で発病した果実は随時摘除し、収穫時調査に含めた。また、収穫後、外観上健全な果実を各区50果任意に選び、コンテナに入れて25℃で10日間貯蔵して発病数を調査し、累積発病果率を算出した。防除価は樹上及び貯蔵後の発病果率の平均値からそれぞれ求めた。

防除価を求める式: $\text{防除価} = 100 - (\text{処理区の発病果率} / \text{無処理区の発病果率}) \times 100$

(様式 1)

(2) すず点病、すず斑病に対する効果 (表 18)

無処理区におけるすず点病の発生は 6.6%、すず斑病の発生は 67.2%と、すず点病は少発生条件下、すず斑病は多発生条件下の試験となった。対照薬剤のオキシラン水和剤の防除価は、すず点病、すず斑病の両病害に対して 100 と高い防除効果であった。

各供試薬剤ともすず点病、すず斑病に対して対照のオキシラン水和剤と同等の高い防除効果が認められた。

表 18 供試薬剤のリンゴすず点病、すず斑病に対する防除効果

供試薬剤	希積 倍数	調査 果数	すず点病			すず斑病		
			発病 果数	発病率 (%)	防除価	発病 果数	発病率 (%)	防除価
ビオネクト	1,000	84.7	0	0	100	0	0	100
ツインバリアー水和剤	1,000	185.3	0	0	100	0.3	0.2	99.7
フルーツガードWDG	1,000	131.0	0	0	100	0.3	0.3	99.6
オキシラン水和剤	500	102.7	0	0	100	0	0	100
無処理	—	172.7	10.3	6.6		113.7	67.2	

注) 表中の数値は 3 反復の平均値。

調査方法: 令和 2 年 11 月 13 日～19 日に各区全果実を収穫し、すず点病とすず斑病の発病の有無を調査して、それぞれ発病率を算出した。防除価は発病率の平均値から求めた (算出式は表 17 と同じ)。

(3) 炭疽病に対する効果 (表 19)

調査時の無処理区における発病率は、樹上調査で 73.3%と多発生、貯蔵調査で 22.1%と中発生条件下の試験となった。対照薬剤のオキシラン水和剤の防除価は、樹上調査で 88.8、貯蔵調査で 91.8 であり、高い防除効果であった。

ビオネクト、ツインバリアー水和剤は対照のオキシラン水和剤と比較して劣り、貯蔵調査では同等であった。フルーツガード WDG は対照のオキシラン水和剤と比較して、樹上調査、貯蔵調査とも劣った。いずれの薬剤もさらに試験データを蓄積する必要がある。

表 19 供試薬剤のリンゴ炭疽病に対する防除効果

供試薬剤	希積 倍数	樹上調査			貯蔵調査		
		調査 果数	発病率 (%)	防除価	調査 果数	累積発病率 (%)	防除価
ビオネクト	1,000	152.0	23.1	68.5	50.0	7.3	90.0
ツインバリアー水和剤	1,000	167.3	17.4	76.3	50.0	8.0	89.1
フルーツガード WDG	1,000	128.3	23.6	67.8	44.7	17.8	75.7
オキシラン水和剤	500	140.7	8.2	88.8	50.0	6.0	91.8
無処理	—	125.3	73.3		25.0	22.1	

注) 表中の数値は 3 反復の平均値。

調査方法: 令和 2 年 11 月 12 日、13 日に各区全果実を収穫し、発病の有無を調査して発病率を算出した。調査日以前に樹上で発病した果実は随時摘除し、収穫時調査に含めた。また、収穫後、外観上健全な全ての果実をコンテナに入れて 25℃で 21 日間貯蔵して発病数を調査し、累積発病率を算出した。防除価は樹上及び貯蔵後の発病率の平均値からそれぞれ求めた (算出式は表 17 と同じ)。

(様式1)

4) 薬害、汚れ (表20)

いずれの薬剤も葉及び果実に対する薬害は認められなかった。

本試験の散布において、ツインバリアー水和剤では実用上問題となる程度の汚れの発生は認められなかった。バイオネクト及びフルーツガードWDGでは一部の果実に実用上問題となる程度の汚れの発生が認められた。

表20 供試薬剤のりんごに対する薬害、果実への汚れの発生状況

供試薬剤	希釈倍数	薬害		汚れ
		7/8, 7/23, 8/6, 8/20, 9/2	葉	果実
バイオネクト	1,000	—	—	(±~+)
ツインバリアー水和剤	1,000	—	—	(±)
フルーツガードWDG	1,000	—	—	(±~+)
オキシラン水和剤	500	—	—	(+)
無処理	—	—	—	(-~±)

調査方法：薬害は、葉と果実を対象に表中に示す各時期に肉眼により観察し、薬害症状の有無を以下の内容で観察した。

また、収穫時には果実における薬液による汚れの発生程度を以下の内容で観察した。

薬害 —：薬害を認めない。+：軽微な薬害症状を認める。++：中程度の薬害症状を認める。

+++：重度の薬害症状を認める。

汚れ —：発生なし。±：発生が認められるが実用上問題ない程度。+：発生が認められ実用上問題がある

5. 子のう孢子飛散量を軽減する技術の開発

(1) 落葉時期と子のう孢子の飛散量 (表21、22)

黒星病、褐斑病とも、全ての時期の落葉から子のう孢子の飛散が認められたが、両病害とも10月16日~11月1日、11月1日~11月29日の落葉から、子のう孢子が旺盛に飛散した。落葉量を勘案し、落葉時期別の子のう孢子の飛散割合を算出すると、11月29日までの落葉から、黒星病で全体の96.7%、褐斑病で全体の95.4%の子のう孢子が飛散した。

このことから、すべての葉が落葉する前であっても、12月上旬の落葉処理によって、伝染源密度の低下効果が十分に期待できると考えられた。なお、これらの結果は、昨年度の調査結果と同様であった。

表21 落葉時期別の子のう孢子飛散量 (黒星病)

落葉時期	落葉量		孢子採集器による捕捉数 ^{a)}		推定飛散量 ^{b)}	
	A時期別重量 (g/4m ²)	時期別割合 (%)	B供試落葉量 (g)	C総捕捉孢子数 (個/18×18mm ²)	D総飛散量 (個/落葉全体)	時期別割合 (%)
~10/16	149.6	16.6	50	89	260	12.7
10/16~11/1	86.8	9.6	50	270	469	22.9
11/1~11/29	348.1	38.7	50	180	1,253	61.1
11/29~1/9	316.0	35.1	50	11	70	3.3
計	900.5	100			2,052	100

注) 値は2反復の平均値。

a) カバーガラス 18×18 mmの範囲内の子のう孢子捕捉数を算出で調査 (C)

b) 各落葉時期ごとの子のう孢子飛散量を比較するため、落葉量を考慮した総飛散量 (D) を算出した。D=C×A/B

(様式 1)

表 22 落葉時期別の子のう胞子飛散量 (褐斑病)

落葉時期	落葉量		胞子採集器による捕捉数 ^{a)}		推定飛散量 ^{b)}	
	A時期別重量 (g/4m ²)	時期別割合 (%)	B供試落葉量 (g)	C総捕捉胞子数 (個/18×18mm ²)	D総飛散量 (個/落葉全体)	時期別割合 (%)
～10/16	149.6	16.6	50	1,639	4,904	7.7
10/16～11/1	86.8	9.6	50	4,476	7,770	12.2
11/1～11/29	348.1	38.7	50	6,917	48,156	75.5
11/29～1/9	316.0	35.1	50	461	2,914	4.6
計	900.5	100			63,744	100

(2) 乗用草刈り機を用いた被害落葉の粉碎処理による発病抑制効果

ア 試験区の構成と圃場内での配置

試験区の構成、圃場内での試験区の配置は表 23、図 2 のとおりとした。

表 23 試験区の構成

試験区	処理時期・内容			
	令和元年 12 月 5、6 日			令和 2 年 3 月 18 日、4 月 8 日
	樹冠下の落葉のかきだし ^{a)}	粉碎処理 ^{b)}	処理後の落葉の持ち出し ^{c)}	落葉の持ち出し ^{d)}
1	—	○	—	—
2	○	○	○	—
3	○	○	○	○
4	○	○	—	—
5	—	—	—	—

注) ほ場 A ではセイヨウナシが栽植された部分も含めて処理を行った

a) 粉碎処理に先立ち、熊手で樹冠下の落葉を列間にかきだした

b) 列間を乗用草刈り機で往復走行した。刈刃の位置は往路では地上約 10 cm、復路では約 5 cm とした

c) 粉碎処理後の落葉を熊手で集め、ほ場外へ持ちだした

d) 熊手で区内の落葉を再度集め、ほ場外へ持ちだした

図 2 試験ほ場における試験区の配置

ほ場 A	試験区 1	試験区 4	試験区 3	試験区 2	試験区 5
ほ場 B	試験区 5	試験区 2	試験区 1	試験区 3	試験区 4

イ 子のう胞子飛散に対する効果

約 1 m×50 cm の区画から採取した被害落葉 500 g から調査期間中に捕捉された子のう胞子数は、被害落葉を粉碎した区で平均 574.0 個、粉碎しなかった区で平均 2805.0 個であった (表 24)。区画に含まれた全落葉からの推定飛散量も、被害落葉を粉碎した区で少なく、粉碎しなかった区の約 8 割減となった。飛散消長のパターンは両区で同様の傾向であった (図 3)。

(様式1)

表24 粉碎処理した被害落葉からのリンゴ黒星病菌子のう胞子の飛散状況

落葉処理	反復 (場所)	全重 (落葉+雑草、g)	孢子採集器による捕捉数		推定飛散量
			供試量 (g)	総捕捉数 (個)	総飛散量 (個/落葉全体)
粉碎あり	I	900	500	300	540
	II	650	500	848	1102
	平均			574.0	821.0
粉碎なし	I	1,000	500	4457	8914
	II	700	500	1153	1614
	平均			2805.0	5264.0

注) スライドグラス 18mm×18mmの範囲に捕捉された子のう胞子数

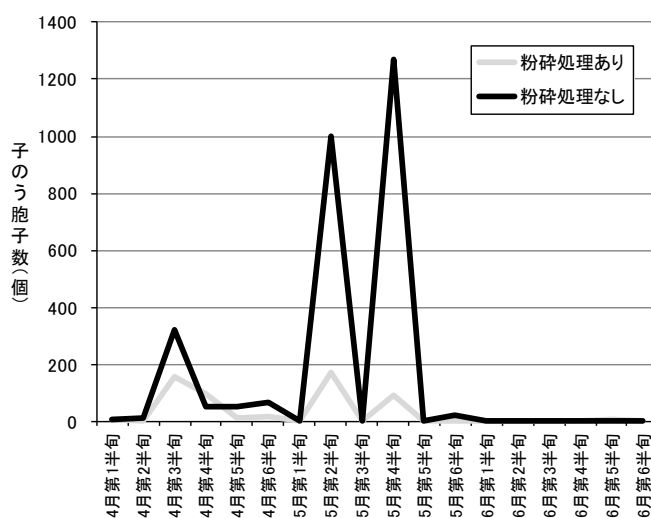


図3 被害落葉からのリンゴ黒星病菌子のう胞子の飛散消長 (半旬別、被害落葉 500 g あたり)

ウ 発病抑制効果 (表 25、26)

試験開始前の黒星病の発生は、ほ場A、Bとも一部の試験区で発生量が多かったが、概ね同程度であった。令和2年6月10日調査で、ほ場Aでは被害落葉処理を行わなかった無処理区(試験区5)での発生が果そう、新梢葉ともに最も少ない結果となった。ほ場Bの果そう調査では、被害落葉処理を行った区(試験区1~4)での発生は無処理区(試験区5)と比較して少なく、樹冠下の落葉をかきだして粉碎処理を行った試験区2~4でより効果が高い傾向であった。しかし、新梢葉調査では、粉碎処理を行った各区と無処理区の発病の差は認められなかった。

子のう胞子の飛散は、被害落葉の粉碎処理によって減少したが、黒星病の発生は、試験ほ場間、調査部位間で結果が異なり、効果は判然としなかった。

(様式1)

表25 各試験区におけるリンゴ黒星病の発生状況 (ほ場A)

試験区	2019年11月25日調査 (処理前)		2020年6月10日調査		
	調査葉数	発病葉率 (%)	果そう	新梢葉	
			発病果そう率 (%)	調査葉数	発病葉率 (%)
1	132.0	31.6	10.0	247.5	9.2
2	135.5	26.6	11.0	296.5	10.2
3	133.5	28.1	15.0	268.0	13.5
4	135.0	25.2	11.0	213.0	16.6
5	134.0	22.3	4.0	242.0	9.0

注) 表中の値は2または3ヵ所の平均値

表26 各試験区におけるリンゴ黒星病の発生状況 (ほ場B)

試験区	2019年11月25日調査 (処理前)		2020年6月10日調査		
	調査葉数	発病葉率 (%)	果そう	新梢葉	
			発病果そう率 (%)	調査葉数	発病葉率 (%)
1	134.3	47.6	12.0	276.0	14.7
2	140.3	23.2	5.3	322.3	12.7
3	128.3	25.4	8.0	266.3	10.3
4	140.3	20.6	0	278.3	4.5
5	138.3	23.7	21.3	308.0	10.2

注) 表中の値は2または3ヵ所の平均値

4. 考察

DMI 剤を使用しない、あるいは使用回数を減らした防除体系の有効性が確認できた。また、展葉～開花前までの防除における効果的な防除タイミングが明らかになった。DMI 剤代替剤として有望なSDHI 剤の新規剤カナメフロアブル及び新規系統のミギワ20フロアブル等について、黒星病に対する作用性 (治療効果の種類と効果の程度)、赤星病に対する防除効果が明らかになり、今後の防除体系構築の一助になる根拠が得られた。

昨年度の結果同様、12月以降の落葉からは、黒星病菌の子のう胞子の飛散量が少ないことが確認されたが、現地圃場で実施した乗用草刈り機による前年12月の落葉処理では、黒星病の発生抑制効果は判然としなかった。

5. 今後の課題

DMI 剤代替剤の赤星病に対する効果、作用性 (治療効果の程度や浸透移行)、防除適期についてさらに検討を積み重ねる必要がある。また、完全落葉前 (降雪前) の落葉処理による発生抑制効果について検証する必要がある。

6. 要約

DMI 剤を使用しない、あるいは使用回数を減らした防除体系は、黒星病をはじめとした春季主要病害に対する防除効果が高く、実用性が高いと考えられた。DMI 剤代替剤として有望な新

(様式1)

規SDHI剤のカナメフロアブル、新規系統のミギワ20フロアブルは、黒星病の感染後の処理で病斑形成を阻害する治療効果が認められたが、病斑上の孢子形成を阻害する効果はなかった。また、カナメフロアブルは赤星病に対しても治療効果を有すると考えられ、落花期の1回処理で実用的な防除効果が得られた。

長野県において、12月以降の落葉からは黒星病菌と褐斑病菌の子のう孢子飛散量が少なかった。乗用草刈り機による被害落葉の粉碎処理は、黒星病菌の子のう孢子の飛散量を8割程度抑制したが、圃場での発病は顕著な差が認められなかった。

7. 成果の公表及び特許

生産現場への防除指導に活用する。

(様式1)

病害虫の効率的防除体制の再編委託事業

東北ブロック：「DMI 剤感受性低下菌対策を主眼としたリンゴ黒星病防除体系の確立」

DMI 剤感受性低下リンゴ黒星病菌の遺伝子診断技術の確立

氏名

佐々木 厚子*・須崎 浩一

所属 国研) 農研機構果樹茶業研究部門リンゴ研究領域

[〒020-0123 岩手県盛岡市下厨川字鍋屋敷 92-24]

1. 調査背景と目的

近年、青森県をはじめとするリンゴ生産地域においてリンゴ黒星病が多発し、大きな問題となっている。多発要因の一つとして、DMI 剤に対する感受性が低下したリンゴ黒星病菌が生産地域に広がりつつあることが挙げられる。さらに DMI 剤に加え、Qol 剤に対する感受性も低下した複合低感受性菌の発生も認められている。

これまでに、リンゴ黒星病菌の DMI 剤標的遺伝子である CYP51A1 の 133 番目のアミノ酸置換を伴う塩基置換(Y133F)が DMI 剤感受性の低下に関わることが明らかになっている。また、Qol 剤においては、標的遺伝子シトクローム b(Cytb)の 143 番目のアミノ酸置換を伴う 1 塩基置換(G143A)が感受性低下に関わることが報告されている。これらの塩基置換の有無を識別する遺伝子診断法は、CYP51A1 では Yaegashi et al. (2020)によるアリル特異的 PCR、CytbG143A については Fontaine et al. (2008)によるプライマーを用いた PCR-RFLP を行われている。これらの遺伝子を検出するには罹病組織あるいは培養した菌体からの DNA の抽出が必要である。また CytbG143A はさらに PCR 後の制限酵素処理が必要で手間とコストがかかる。そこで本課題では、CYP51A1 の Y133F および Cytb の G143A を罹病要や果実、培養したコロニーから菌の DNA の抽出を行わず PCR のみで検出するように手法を簡便化する。

2. 調査方法

- 1) PrepMan™ Ultra Sample Preparation Reagent (ThermoFischer Scientific) (以下 PrepMan) をテンプレート作成に使用し、条件を検討した。
- 2) PCR 反応は KOD FX Neo (TOYOBO) を使用し、プライマー、条件について検討した。ポジティブコントロール(PC)としては ARI16Vi7(CYP51A1: 野生型、Cytb: 野生型)、ARI16Vi9(CYP51A1:変異型、Cytb: 変異型)の菌糸を用いた。

3. 調査結果

- 1) 葉あるいは果実の病斑をテンプレートとする場合は PCR チューブに PrepMan20µl をあらかじめ分注し、そこから 7µl 程度をチップで取って病斑上で何度かこすりながらピペティングして菌糸や分生子を懸濁し、チューブに戻すことで調製できた。葉の感染があまりない場合や、病斑

(様式1)

が古い場合は、病斑を実体顕微鏡で確認しながら菌を回収した。PDA 等で培養したコロニーの場合は虫ピンで菌をわずかにかき取り、20 μ l PrepMan を分注した PCR チューブに落とし込んだ。コロニーからかき取る菌の量は差があっても問題はなかった (データ省略)。これらをマニュアル通り PCR 装置で 99 $^{\circ}$ C10 分加熱したものをテンプレートとして使用可能であった。

- 2) CYP51A1 では Yaegashi et al. (2020)のプライマーをそのまま用いた。Cytb G143A では Fontaine et al. (2008)が構築した変異型遺伝子検出プライマーに加え、野生型遺伝子を検出するプライマーを構築したが、野生型の配列そのままでは変異型とも反応してしまったことから、もともとの配列の 3' 側から 2 番目の配列を T に変更したプライマー G143MMT (GGTTTGTGATGACAGTTGCTC : アンダーラインが変更部、太字が野生型と変異型で差のある塩基)を作成した。PCR 反応は KOD FX Neo を使用し、マニュアル通りの組成で 10 μ l の系で行った (表 1)。PCR 条件はアニーリング温度が CYP51A1 では 58 $^{\circ}$ C、Cytb では 62 $^{\circ}$ C、伸長反応時間は両遺伝子ともに 30 秒、サイクル数は 30 回で行った (表 2)。この方法で、CYP51A1 は病斑、コロニーから遺伝子の直接検出が可能であった。Cytb は病斑については検出を行っていないが、コロニーから直接検出が可能であった (図 1、2)。病斑からの検出でシグナルが弱い場合は PCR のサイクル数を 35 回まで増やして検出できるが、その場合 PC の野生型と変異型両方が反応してしまうので、PC テンプレートの希釈が必要であった。なお、本法は病斑から DNA を抽出したテンプレート (リンゴの DNA を含む状態) では非特異が多く使用できなかった。
- 3) コストの計算を行ったところ (プライマーと電気泳動関係は共通なのでコストに入れずに計算)、従来法の MagExtractor Plant Genome で抽出し、EXtaq (20 μ l の系) で検出した場合、1 サンプルあたり約¥360、PrepMan で抽出し、KOD FX Neo (10 μ l の系) で検出した場合、1 サンプルあたり約¥98 だった (表 3)。

4. 考察

本法は従来よりも安価であり、DNA の抽出や制限酵素処理にかかるコストと時間が省略できる。特にコロニーの場合は、液体 or セロファン上で DNA 抽出用の菌を培養する時間が省略できる。特殊な装置や試薬は必要ないので、様々な機関で利用可能である。

5. 今後の課題

病斑から直接 Qol 剤耐性菌の検出を行う。

6. 要約

リンゴ黒星病菌の DMI 剤と Qol 剤感受性低下に関わる CYP51A1 遺伝子および Cytb 遺伝子の塩基置換の有無を DNA の抽出をせず病斑やコロニー上の菌をテンプレートとして PCR で検定できる系を作成した。

7. 成果の公表及び特許

(様式1)

なし。

※プロジェクト参画機関の間で別添の詳細プロトコルを共有する。

表 1. PCR 反応液の組成

テンプレート (PrepMan+菌)	1 μ l	※注. プライマーは
2 \times PCR Buffer for KOD FX Neo	5 μ l	CYP51A1 の場合、
dNTP Mixture	2 μ l	FW: AJ250 (野生型) または AJ251 (変異型)
10pmol/ μ l FW※	0.3 μ l	RV: Vlcyp1242(-)
10pmol/ μ l RV※	0.3 μ l	Cytb の場合、
KOD FX Neo	0.2 μ l	FW: PS1
D.W.	1.2 μ l	RV:G143MMT (野生型) または G143AMM1
合計	10 μ l	(変異型)

参考 : PS1: GTTACAGCCTTCCTGGGTTAT、G143AMM1: GGTTTGTGATGACAGTTGCTG

表 2. PCR 反応サイクル

変性	94°C	2min	} ×30	※注. アニーリング温度は
変性	98°C	10sec		CYP51A1 の場合 : 58°C
アニーリング	※°C	30sec		Cytb の場合 : 62°C
伸長	68°C	30sec		
終了	20°C	∞		

表 3. コスト比較 (価格は税込み)

テンプレート作成	PCR (野生型と変異型の 2 回分)	計
PrepMan ¥20,790、20ml 1 サンプルに 20 μ l 使用なので、1,000 回分。 約¥21/ 1 サンプル	KOD FX Neo ¥38,500、酵素 200 μ l 1 反応に 0.2 μ l 使用なので、1,000 回分。 ¥38,5/ 1 反応 \times 2=¥77/ 1 サンプル	¥98
Mag Extractor Plant Genome 溶解液 (40ml) の使用量から換算すると、改 変プロトコルに従い、半分に希釈し、1 サ ンプル当たり 250 μ l 使用すると 320 回分。 ¥96.2/ 1 サンプル	Ex Taq ¥33,000、酵素 50 μ l 1 反応に 0.2 μ l 使用なので、250 回分。 ¥132/ 1 反応 \times 2=¥264/ 1 サンプル	¥360

(様式1)

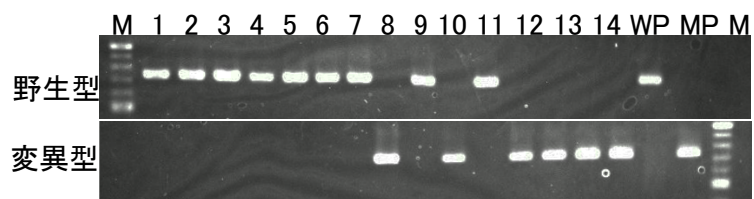


図1.DMI 剤耐性遺伝子の検出例

テンプレートはコロニーを使用。レーン 8、10、12~14 が変異型。WP は野生型ポジコン、MP は変異型ポジコン。

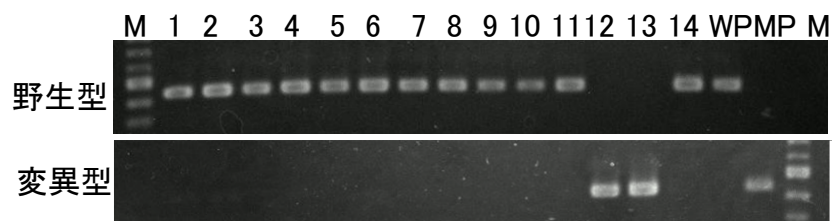


図2.QoI 剤耐性遺伝子の検出例

テンプレートはコロニーを使用。レーン 12、13 が変異型。WP は野生型ポジコン、MP は変異型ポジコン。