

令和2年度
病虫害の効率的防除体制の再編委託事業

成 績 報 告 書

令和3年2月

農業・食品産業技術総合研究機構

中央農業研究センター

目 次

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) 青森県産業技術センターりんご研究所	1
(2) 秋田県果樹試験場	28
(3) 山形県農業総合研究センター園芸試験場	50
(4) 長野県果樹試験場	60
(5) 農研機構果樹茶業研究部門	81

減農薬栽培に対応した水稻の種子伝染性病害に対する防除体系の確立

(1) 農研機構中央農業研究センター	85
(2) 茨城県農業総合センター農業研究所	88
(3) 埼玉県農業技術研究センター	97
(4) 長野県農業試験場	110

ダイズ害虫のウコンノメイガに対するフェロモンを用いた発生予察技術の確立

(1) 農研機構中央農業研究センター北陸研究拠点	125
(2) 新潟県農業総合研究所作物研究センター	132
(3) 富山県農林水産総合技術センター農業研究所	136
(4) 石川県農林総合研究センター	143
(5) 福井県農業試験場	148

防除体制再編に向けた取り組み状況	152
------------------	-----

(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

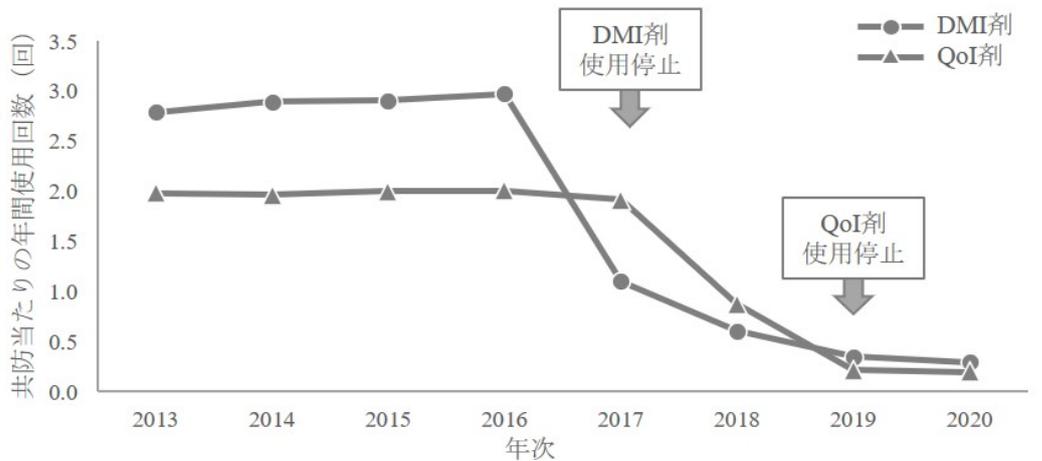
氏名 平山和幸

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のみならずは減少し、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

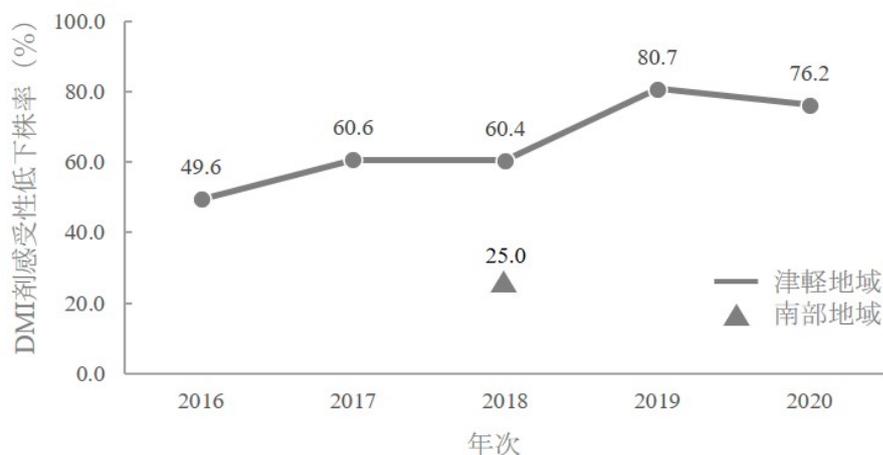


図1 DMI 剤感受性低下菌の発生推移

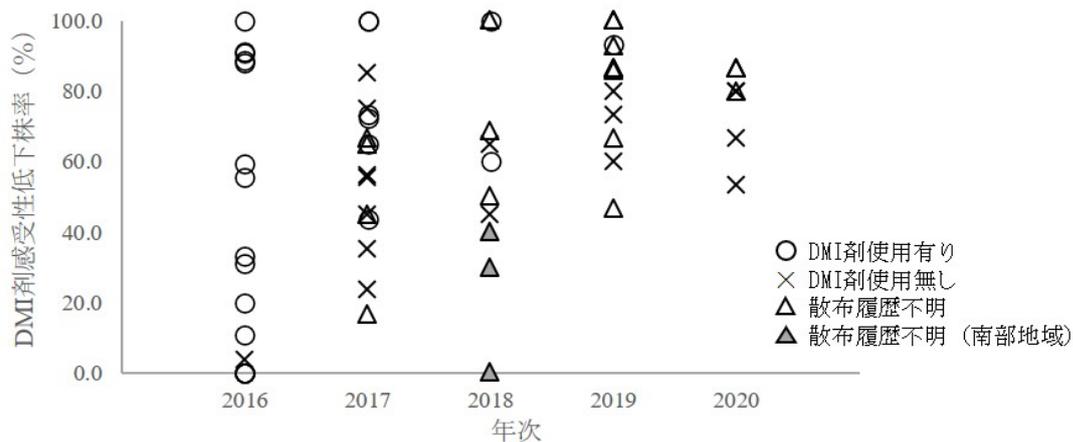


図2 園地ごとの DMI 剤感受性低下菌発生率

(様式1)

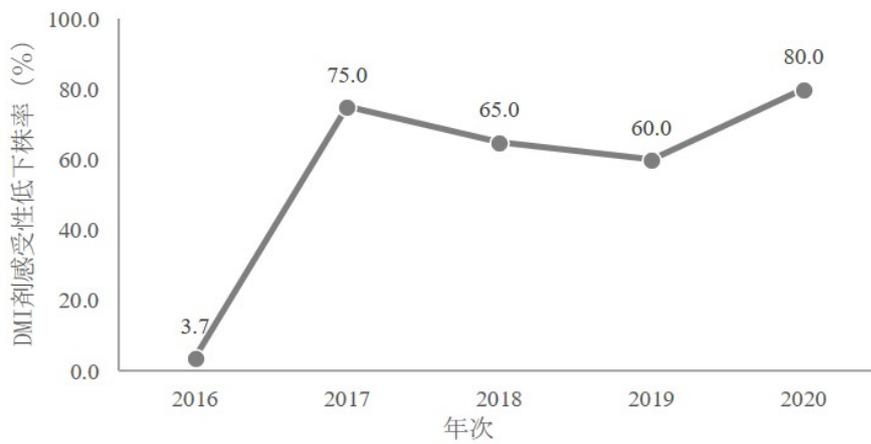


図3 殺菌剤無散布圃（りんご研究所）におけるDMI剤感受性低下菌の発生推移

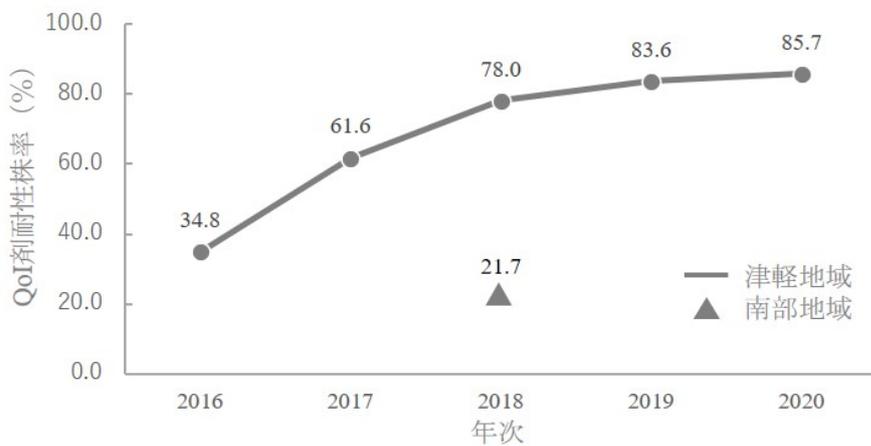


図4 QoI剤耐性菌の発生推移

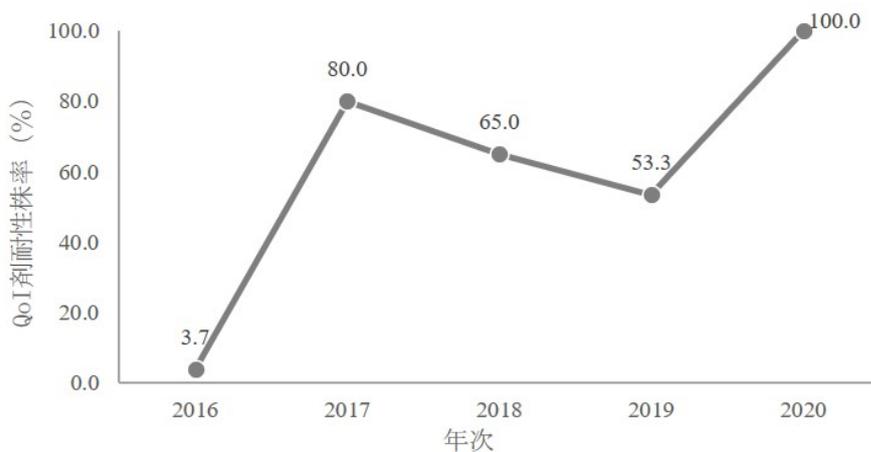


図5 殺菌剤無散布圃（りんご研究所）におけるQoI剤耐性菌の発生推移

(様式1)

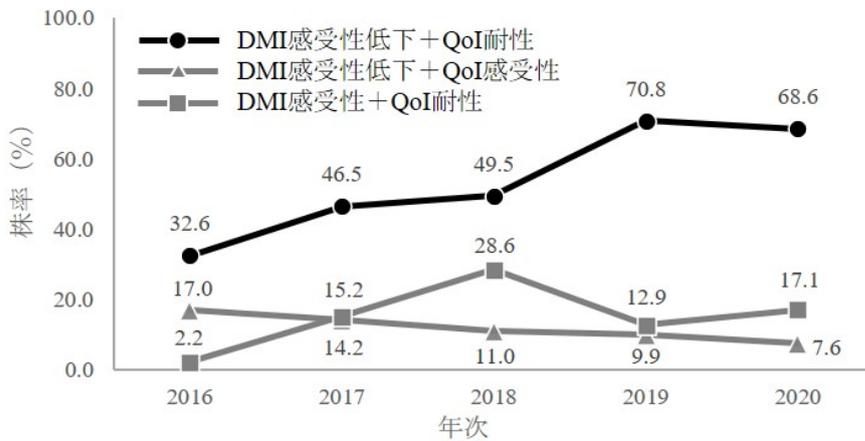


図6 多剤耐性菌の発生推移

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
			薬剤名	濃度	薬剤名
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
		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
		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	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
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	
			薬剤名	濃度	薬剤名	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
	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	さび果率	総合			
		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		
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。

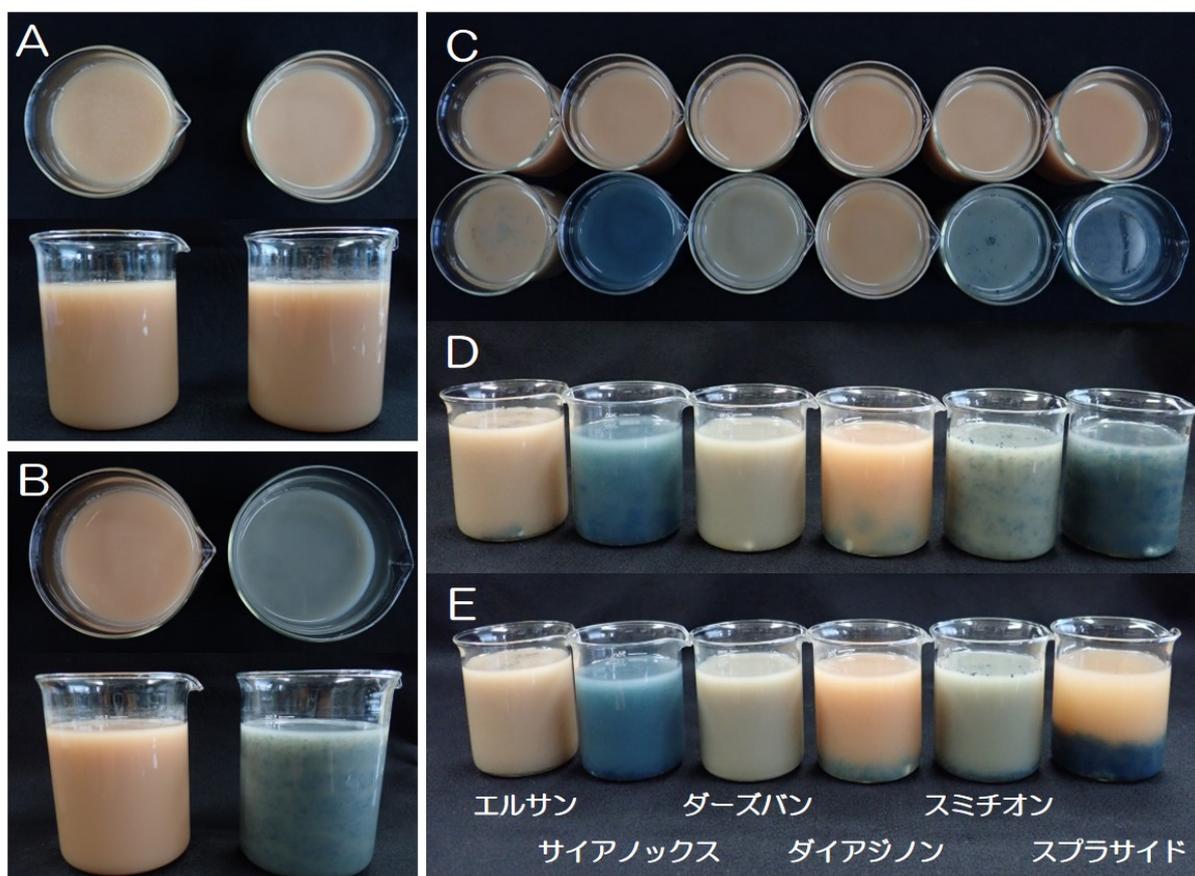


図1 デランフロアブルの3種混用試験

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。

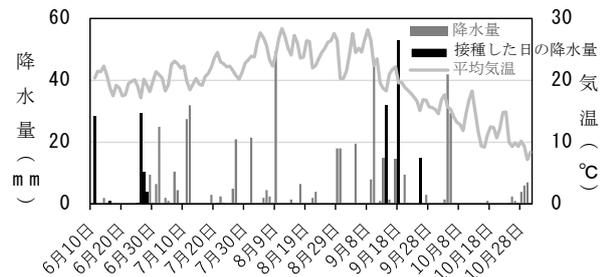
7) 保管：2020年11月17日に葉を全て落とした後、苗木を掘り上げ、根を濡らした新聞紙で包み、ビニール袋に入れて冷蔵庫に入れた。(2021年春季に植え付けし、展葉後に発病調査を行う。)

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)

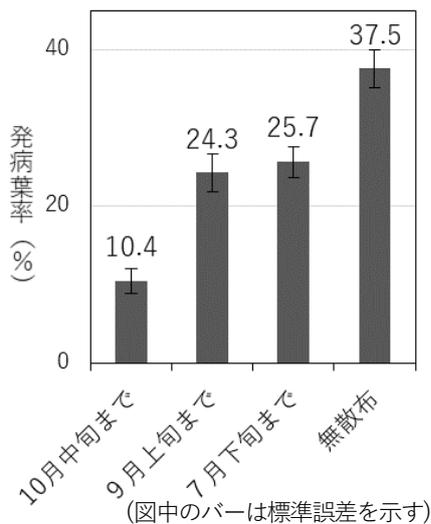


図2 発病葉率 (11月12日調査)

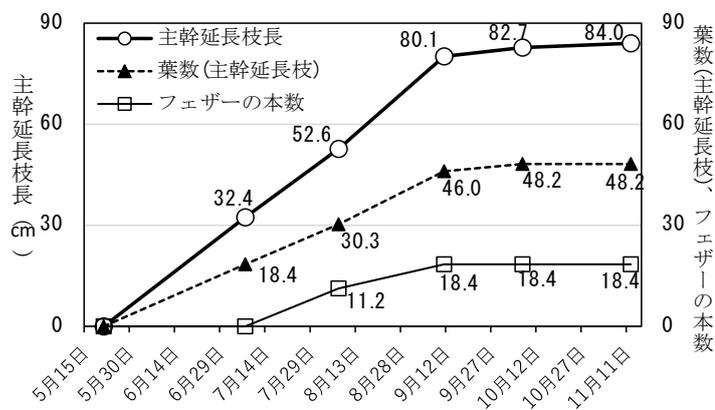


図3 苗木の主幹延長枝長、葉数、フェザー数の平均値

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

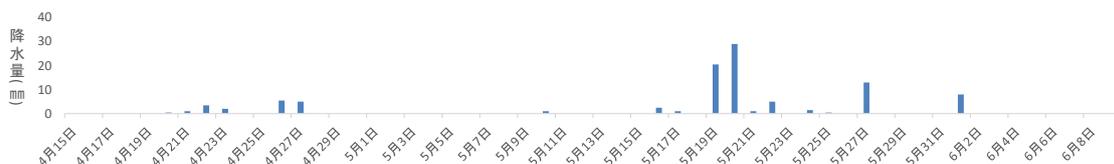


図1 試験期間中の降雨量

(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

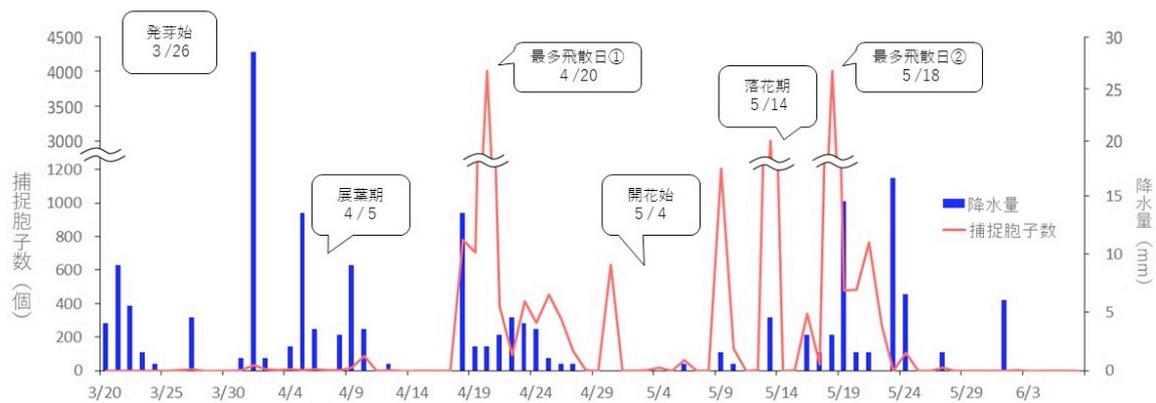


図1 リンゴ黒星病子のう胞子の飛散消長と降水量（横手市2020）

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。

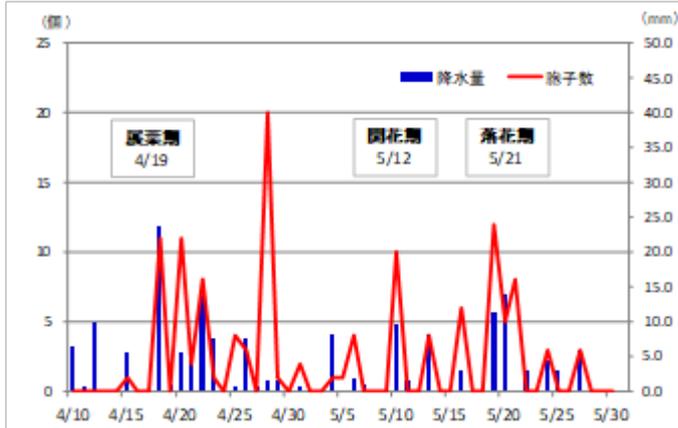


図1 黒星病子のう胞子の飛散消長と降水量

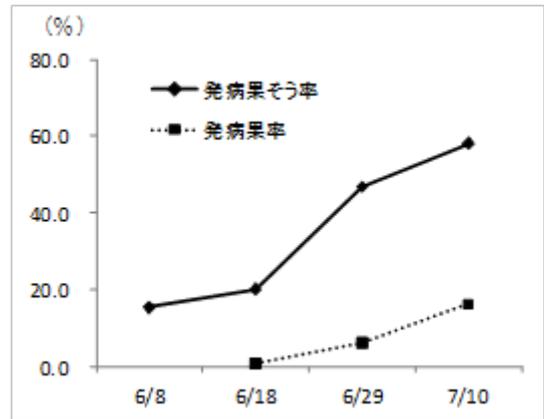


図2 予察ほにおける黒星病発生消長

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。

・予察ほでの初発を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	0.11-0.78
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			

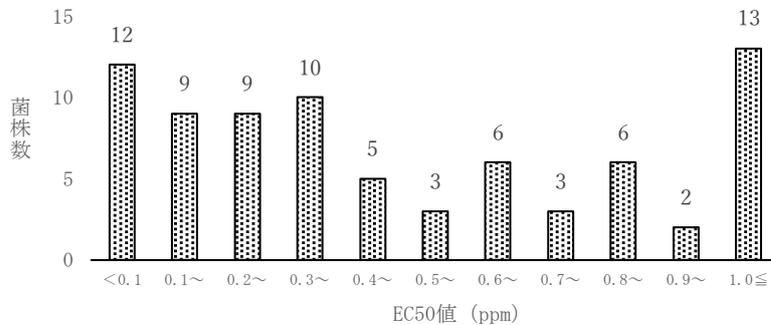


図1 2020年に採集された菌株 (n=78) のEC50値別分布

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	十和田1	5	少		
3		十和田2	8	8	少	
4	大館市	中山1	5	3	極少	3
5		中山2	1		極少	1
6	北秋田市	田代	3	2	極少	3
7	由利本荘市	西目町	2		極少	1
8	湯沢市	東福寺	8		極少	13
9	大沢	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	横手市	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		増田1	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	六郷1	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
		W	R	
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

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

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

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℃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

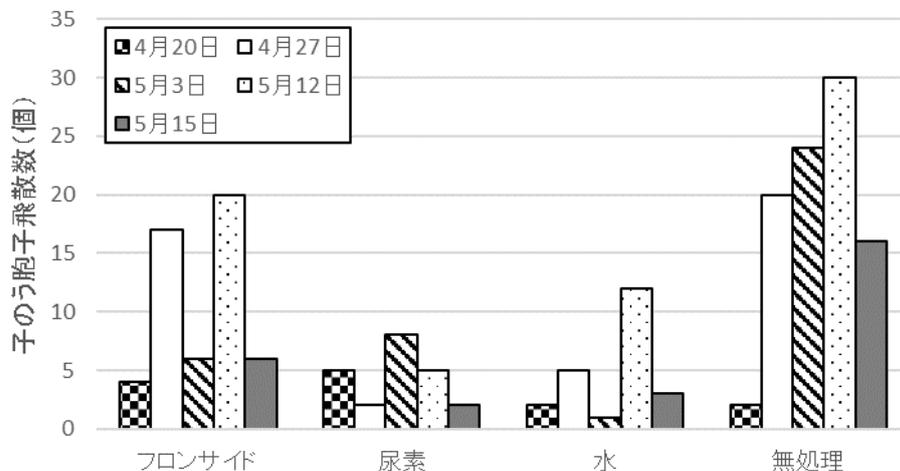


図1 子とう孢子の飛散状況(試験1)

(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）

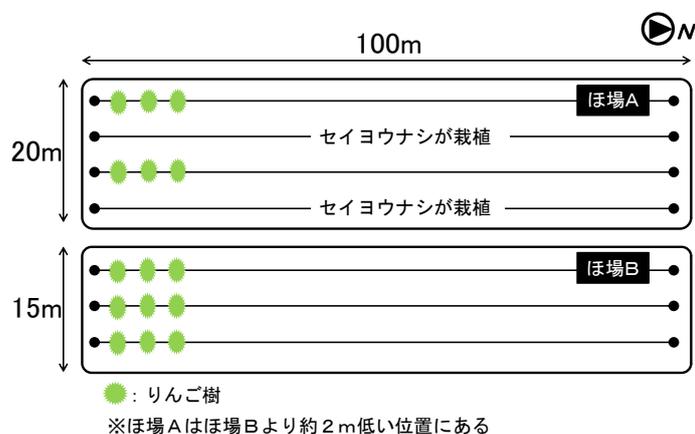


図 試験ほ場の概要

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 [®] イセン W ×500	6/8 アントコ [®] ル顆粒 W ×500 6/21 ジマンタ [®] イセン W ×500 7/16 パースポ [®] ート顆粒 W ×1,000 8/5 ベア [®] 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	
	降水量 16.7					1.0	0.5								1.5			20.5	2.0					24.2	24.5	23.4	23.9	21.3	21.4	21.2	
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	
	降水量 20.9										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F	トキソF	トキソF	トキソF	オキシドールW	—
落花14日後 防除開始区	—	トキソF	トキソF	トキソF	オキシドールW	
無防除	—	—	—	—	—	

注) トキソF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。

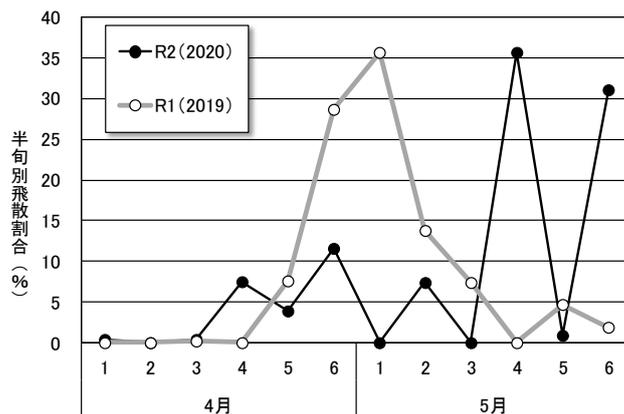


図1 リンゴ褐斑病菌子のう胞子の飛散推移 (半月別)

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、試験圃場周囲でのピ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 = $\sum(\text{発病指数別葉数} \times \text{発病指数}) / (\text{調査葉数} \times 3) \times 100$

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												
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QoI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、それぞれ発病果率を算出した。防除価は発病果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果率は、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 (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) カバーグラス 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孢子飛散量 (褐斑病)

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	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 子のう孢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孢子数は、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 18 mm×18 mmの範囲に捕捉された子のう胞子数

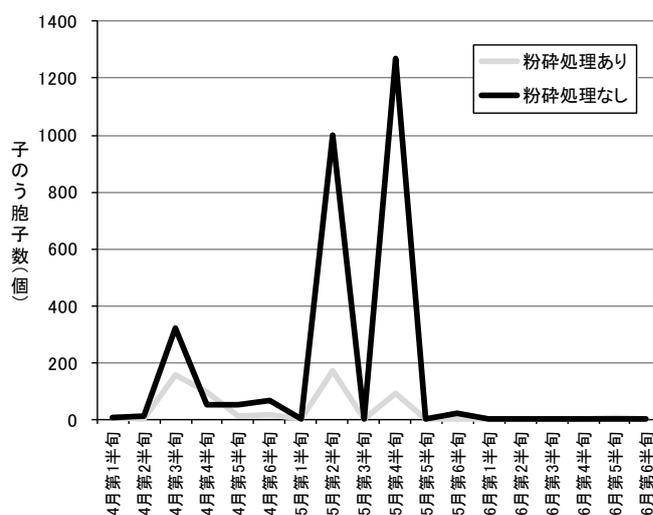


図 3 被害落葉からのリンゴ黒星病菌子のう胞子の飛散消長 (半旬別、被害落葉 500 g あたり)

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が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°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°C、Cytb では 62°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. アニール温度は
変性	98°C	10sec		CYP51A1 の場合 : 58°C
アニール	※°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)

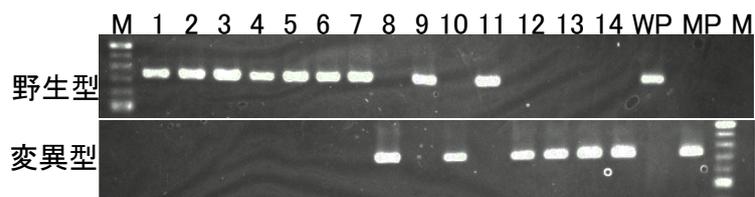


図1.DMI 剤耐性遺伝子の検出例

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。

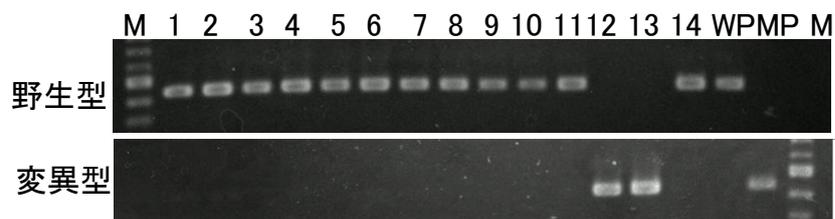


図2.QoI 剤耐性遺伝子の検出例

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。

(様式 1)

病害虫の効率的防除体制の再編委託事業

減農薬栽培に対応した水稻の種子伝染性病害に対する防除体系の確立 (1) ばか苗病の人工培土による防除技術の実証

太田光祐・芦澤武人

農研機構中央農業研究センター

[〒305-8666 茨城県つくば市観音台2-1-18]

1. 調査背景と目的

水稻の種子伝染性病害の防除技術を確立するには、種子での病原菌の汚染実態や発病リスクを予め把握することが重要であるため、病原菌を簡易、かつ高感度に検出できる技術の整備が必要となる。近年、温湯処理などを用いた減農薬栽培の普及に伴い、ばか苗病、もみ枯細菌病、いもち病などの種子伝染性病害の被害が全国的に問題になっている。そこで、これらの病害を対象として、既往の研究報告を参考にPCR法や選択培地を用いた原因菌の検出・診断技術の実用性を調査する。実用性が確認できた手法については、本田での病害診断や種子での検出に利用する際の作業手順を取りまとめる。また、検出法の調査を効率的に進めるため、参画機関より提供された試験材料を用いて試験を実施する。本事業で防除試験の有効性を評価する際にも活用する。

2. 調査方法

1) ばか苗病の発病に及ぼす資材の影響

コシヒカリの自然感染籾(2018年産、2019年産、長野農試より分譲)を催芽させ、鳩胸状態の種子を選び、資材Aを塗抹した。これを直径10cmのポリポットの下層にボンソル2号、上層に無肥料焼土を容積1:2の比で詰めて播種した。これを無肥料焼土で覆土し、25°Cの温室で管理した。播種日より2日後に生育調節剤のウニコナゾールPの500倍希釈液を灌注し、2週間後にばか苗病の発病の有無を調査した(3反復)。なお、2018年産種子については、分譲時期の違いにより2018_1、2018_2の2つに試験区を分けた。

2) 簡易選択培地を用いたばか苗病菌の検出

上記の試験で発病の有無を調査した後、資材A処理区から無病徴株を、無処理区から発病株を1反復につき30株ずつ選んだ。籾から葉鞘基部までを切り取り、70%エタノールで10秒間浸漬して表面殺菌し、滅菌蒸留水で3回洗浄した後、フザリウム簡易選択培地に置床した。これを室温で4日間培養後、顕鏡によりばか苗病菌コロニーの有無を確認した。

3. 調査結果

- 1) 資材Aの塗抹処理により、幼苗期のばか苗病の発病株数が減少した(図1、表1)。
- 2) 資材A処理区の無病徴株、無処理区の発病株ともにばか苗病菌が検出された(図2、表2)。

(様式 1)

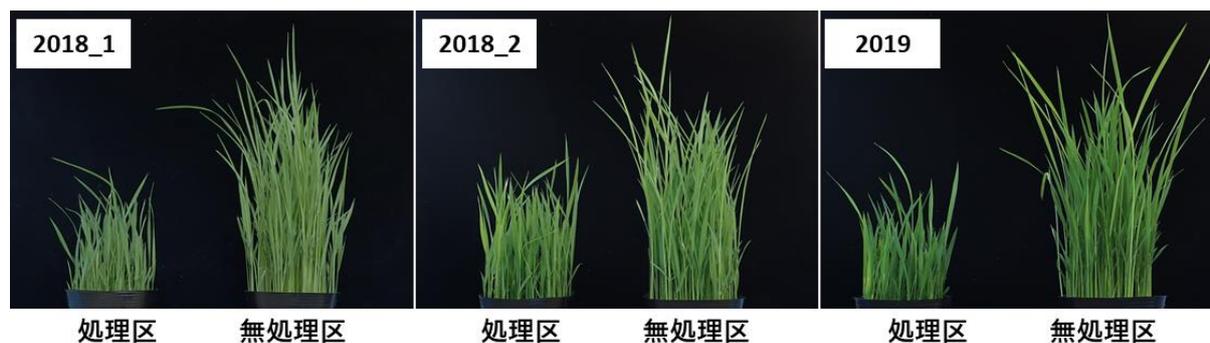


図 1 資材 A の種子塗抹処理による草丈への影響

表 1 資材 A の種子塗抹処理によるばか苗病の発病への影響

種子ロット	処理区			無処理区		
	発病株数	無病徴株数	全株数	発病株数	無病徴株数	全株数
2018_1	13.7±2.1	122.3±7.0	136.0±7.9	143.7±23.6	21.3±12.3	165.0±11.5
2018_2	26.3±3.2	94.7±5.1	121.0±2.6	144.3±7.2	21.7±6.4	166.0±1.0
2019	15.3±8.3	96.3±3.8	111.7±6.8	146.0±8.9	7.7±3.5	153.7±8.5

各数値は3反復の平均値±標準偏差



図 2 フザリウム簡易選抜培地上のばか苗病菌コロニーとガラス棒で掻き取り顕鏡した小型分生子

表 2 資材 A 処理区と無処理区のばか苗病菌検出数

種子ロット	処理区		無処理区	
	検出株数 ¹⁾	調査株数	検出株数 ¹⁾	調査株数
2018_1	29.7±0.6	30	30±0	30
2018_2	30±0	30	30±0	30
2019	30±0	30	30±0	30

1) 各数値は3反復の平均値±標準偏差

4. 考察

資材 A の種子塗抹処理により発病が抑制されていると考えられるが、選抜培地でのばか苗病菌の検出数に大きな差は無く、詳細な作用機作を明らかにする必要があると考えられる。また、資材 A の発病抑制効果を高めつつ、発芽率に影響しない最適な処理量・処理方法を検討する必要があるこ

(様式 1)

とが示唆された。

5. 今後の課題

資材 A の最適処理量や処理方法を検討する必要がある。資材 A の菌体とイネ体双方に対する影響を評価する必要がある。

6. 要約

資材 A は、ばか苗病の発病を抑制することが育苗の模擬試験で明らかになった。また、資材 A により発病が抑制されている株からもばか苗病菌は検出された。

7. 成果の公表及び特許

日本植物病理学会で発表予定。

(様式1)

病害虫の効率的防除体制の再編委託事業

減農薬栽培に対応した水稻の種子伝染性病害に対する防除体系の確立(2) ～飼料用水稻における温湯種子消毒技術の実証～

島田峻・西宮智美

茨城県農業総合センター農業研究所

[〒311-4203 茨城県水戸市上国井町 3402]

1. 調査背景と目的

近年、水稻栽培においては、温湯処理による種子消毒の普及に伴い、ばか苗病をはじめとした種子伝染性病害の被害が各地で問題となっている。温湯処理は、化学合成剤に比べて種子伝染性病害に対する防除効果がやや劣るが、減農薬栽培を推進する上では不可欠な技術に位置づけられる。そこで、温湯処理を含む既存の種子消毒技術を組み合わせた体系防除技術の有効性を実証するとともに、新たに効果の高い防除資材を活用し、減農薬栽培に対応した種子伝染性病害の防除技術を開発する。実証試験で効果が確認できた防除技術については、当該地域(県)が制作する防除指針へ掲載する。

2. 調査方法

1) 県内の主要な飼料用イネ品種等における温湯処理条件の解明

(1) 試験場所：農業研究所内(水戸市)およびガラスハウス

(2) 供試品種：「月の光(R1年産)」、「夢あおぼ(R1年産)」、「あさひの夢(R1年産)」、
「コシヒカリ(R1年産、参考品種)」

(3) 試験区： $\left(\begin{array}{c} \text{事前乾燥} \\ \text{あり、なし} \end{array} \right) \times \left(\begin{array}{c} \text{温湯処理条件} \\ 60^{\circ}\text{C}10\text{分、}60^{\circ}\text{C}15\text{分、}65^{\circ}\text{C}10\text{分、無処理} \end{array} \right)$

(4) 試験方法：事前乾燥は、温湯処理前の種子を恒温器の中に静置して40℃で乾燥させ、種子水分を10%未満に調製した。温湯処理は、浴比を1:4とし、ウォーターバスを用いて上記試験区のとおり処理後、ただちに流水で急冷し、風乾させた。

(5) 調査方法：素寒天(0.6%)を流し込んだシャーレに種子を置床して(100粒×3連制/区)30℃で静置し、7日後に芽と根が1cm以上正常に伸長した種子の割合(発芽率)を調査した。また、上記処理済みの種子を15℃で8日間浸種、30℃で24時間催芽後、育苗箱に1処理区あたり500粒播種し(2連制)、30℃で約3日間出芽させた。その後、ガラスハウス内で24日間(4月21日～5月13日)育苗して出芽数を調査した。

(様式1)

2) イネばか苗病に対する温湯処理およびMO-1液剤による防除効果の検討

- (1) 試験場所：農業研究所内（水戸市）およびガラスハウス
- (2) 供試品種：「月の光（R1年産）」、「夢あおば（R1年産）」、「あさひの夢（R1年産）」
- (3) 区制・面積：1区あたり育苗箱の1/12大のプラスチックパック 3連制
- (4) 試験区：温湯処理区 60°C10分、60°C15分、65°C10分
薬剤処理区 MO-1液剤 300倍希釈液 催芽時24時間浸漬
体系防除区 温湯処理 60°C10分 + MO-1液剤 300倍 催芽時24時間種子浸漬
温湯処理 60°C15分 + MO-1液剤 300倍 催芽時24時間種子浸漬
温湯処理 65°C10分 + MO-1液剤 300倍 催芽時24時間種子浸漬
対照区 銅・フルジオキシニル・ペフラゾエート水和剤
200倍希釈液 浸種前24時間種子浸漬
無処理区
- (5) 試験方法：イネばか苗病菌保菌種子（保菌種子率20%）を15°Cで6～7日間浸種し、30°Cで24時間催芽後、1パックあたり乾籾重量で約12g播種し、30°Cで3日間出芽させた。ウニコナゾールP液剤20倍希釈液を40ml/パック処理後、ガラスハウス内で約30日間育苗（試験①9月28日～10月29日、試験②11月16日～12月15日）し、出芽および発病調査を行った。なお、試験①は開花期接種種子、試験②は減圧接種種子を供試した。
- (6) 調査項目：出芽率、徒長苗率

3) 育苗箱に付着した残土からのイネばか苗病菌の検出

- (1) 試験場所：農業研究所（水戸市）病虫研究室内およびガラスハウス
- (2) 供試品種：「コシヒカリ」
- (3) 試験方法：イネばか苗病菌保菌種子（保菌種子率10%）を育苗箱に播種して育苗後、苗を取り除き、育苗箱に付着した残土を回収した。細根などの植物残渣を取り除き、DNA抽出キット（NucleoSpin Soil）を用いて抽出した鋳型DNAを、イネばか苗病菌同定プライマー（BknF3/BknR4 および Ff-S/Ff-R）を用いてPCRを行い、増幅の有無により判定した。

4) 発病苗（徒長苗または枯死苗）の根からのイネばか苗病菌の検出

- (1) 試験場所：農業研究所（水戸市）病虫研究室内およびガラスハウス、中央農研実験室
- (2) 供試品種：「コシヒカリ」、「夢あおば」
- (3) 試験区：健全苗（健全種子のみを播種）、発病苗（保菌種子率20%の種子を播種）
- (4) 試験方法：育苗した苗の根を水道水で洗浄後、10%KOHで10分間処理し、PBS(-)で2回洗浄した。次に、蛍光標識レクチン（フルオレセイン標識コムギ胚芽凝集素）で10分間染色し、PBS(-)で2回洗浄した。そして、TOMEI（東京化成工業株式会社）を

(様式1)

用いて濃度10%10分→30%10分→50%10分→70%10分→100%1時間処理し、オールインワン蛍光顕微鏡(キーエンス社、BZ-X700)で観察した。

また、発病苗を室温で保管し、駒田培地に根のみを置床し、菌糸伸長の有無を経時的に調査するとともに、イネばか苗病菌識別プライマー(BknF3/BknR4 および Ff-S/Ff-R)を用いてダイレクトPCRによる簡易同定を行った。

3. 調査結果

1) 県内の主要な飼料用イネ品種等における温湯処理条件の解明(表1、2)

種子水分は各品種ともに事前乾燥前は12~14%程度、事前乾燥後は9%程度であった(データ省略)。

【事前乾燥なしの場合】

- (1) 「月の光」の発芽率は、60°C10分および15分で90%以上(事前乾燥なしの無処理対比97以上)と高かったが、65°C10分では78%(#81)と低かった(表1)。
- (2) 「夢あおば」の発芽率は、60°C10分で90%以上(#100)と高かったが、60°C15分では86.0%(#90)とやや低下し、65°C10分では75.3%(#79)と低かった(表1)。
- (3) 「あさひの夢」の発芽率は、いずれの処理区でも90%以上(#95以上)と高かった(表1)。
- (4) いずれの品種においても、出芽率も同様の傾向が認められた(表2)

【事前乾燥ありの場合】

いずれの品種も事前乾燥により、温湯処理後の発芽率と出芽率が向上する傾向が認められた。

- (1) 「月の光」の発芽率は、60°C10分および15分で90%以上(#99以上)と高かったが、65°C10分では85.3%(#89)とやや低下した(表1)。
- (2) 「夢あおば」の発芽率は、60°C10分で90%以上(#98)と高かったが、60°C15分および65°C10分では85.7~88.3%(#90~92)とやや低下した(表1)。
- (3) 「あさひの夢」の発芽率は、いずれの処理区でも90%以上(#98以上)と高かった(表1)。
- (4) いずれの品種においても、出芽率も同様の傾向が認められた(表2)

(様式1)

表1 各品種に対する事前乾燥が温湯処理後の発芽率(%)に及ぼす影響

供試品種	事前乾燥 の有無 ¹⁾	無処理	温湯処理		
			60℃		65℃
			10分	15分	10分
月の光	無	96.3 (100) ²⁾	95.7 (99)	93.3 (97)	78.0 (81)
	有	94.7 (98)	98.0 (102)	95.3 (99)	85.3 (89)
夢あおば	無	95.7 (100)	95.3 (100)	86.0 (90)	75.3 (79)
	有	96.0 (100)	93.7 (98)	88.3 (92)	85.7 (90)
あさひの夢	無	99.7 (100)	98.7 (99)	99.0 (99)	94.7 (95)
	有	98.3 (99)	99.7 (100)	97.7 (98)	99.0 (99)
コシヒカリ (参考)	無	99.7 (100)	99.0 (99)	95.0 (95)	93.0 (93)
	有	99.3 (100)	100 (100)	93.0 (93)	93.0 (93)

1) 事前乾燥は温湯処理前の種子を40℃の恒温器内に静置して乾燥させ、種子水分を約9%に調製した。

2) ()内は無処理(事前乾燥なし)との対比である

表2 各品種に対する事前乾燥が温湯処理後の出芽率(%)に及ぼす影響

供試品種	事前乾燥 の有無 ¹⁾	無処理	温湯処理		
			60℃		65℃
			10分	15分	10分
月の光	無	83.5 (100) ²⁾	91.1 (109)	85.2 (102)	71.5 (86)
	有	84.1 (101)	82.8 (99)	89.5 (107)	78.0 (93)
夢あおば	無	90.2 (100)	87.1 (97)	68.6 (76)	65.4 (73)
	有	85.9 (95)	87.3 (97)	77.9 (86)	72.1 (80)
あさひの夢	無	92.4 (100)	94.6 (102)	96.4 (104)	92.2 (100)
	有	91.2 (99)	95.8 (104)	97.6 (106)	93.9 (102)
コシヒカリ (参考)	無	96.3 (100)	96.8 (101)	93.4 (97)	91.5 (95)
	有	96.1 (100)	98.2 (102)	93.7 (97)	86.2 (90)

1~2)表1と同様

(様式1)

2) イネばか苗病に対する温湯処理およびMO-1液剤による防除効果(表3、4)

- (1) 試験①において、無処理区の徒長苗率は「月の光」および「あさひの夢」は10.9~12.8%と少発生、「夢あおば」は53.7%と甚発生条件下のなか、対照薬剤の銅・フルジオキシニル・ペフラゾエート水和剤区は、「月の光」および「あさひの夢」では高い防除効果が認められたが、「夢あおば」では防除効果はやや低かった(表3)。
- (2) 試験②において、無処理区の徒長苗率は50.4~69.6%であり、いずれの品種においても甚発生条件下のなか、対照薬剤の銅・フルジオキシニル・ペフラゾエート水和剤区は高い防除効果が認められた(表4)
- (3) 温湯処理区は、いずれの処理区でも防除効果が認められた(防除価93.8~100)。特に、65℃10分では防除効果が高かつ安定していたが、著しい出芽率の低下が認められた(表3、4)。
- (4) MO-1液剤区は、試験①の「あさひの夢」において防除効果は認められたが、その程度は低かった(防除価80.5)。また、他の試験区においては防除効果が認められなかった(防除価21.3~61.5)。なお、葉害は認められなかった(表3、4)。
- (5) 温湯処理とMO-1液剤との体系防除区は、いずれも高い防除効果が認められた(防除価94.0~100)。また、温湯処理区のみと比較し、出芽率が向上する傾向が認められた(表3、4)。

表3 イネばか苗病に対する種子消毒による防除効果(試験①:開花期接種種子)

試験区		「月の光」			「夢あおば」			「あさひの夢」		
温湯処理	MO-1液剤	対無処理比 の出芽率 (%)	徒長苗率 (%)	防除価	対無処理比 の出芽率 (%)	徒長苗率 (%)	防除価	対無処理比 の出芽率 (%)	徒長苗率 (%)	防除価
60℃10分	—	90	0	100	108	1.6	97.0	102	0.8	93.8
	有	105	0	100	122	2.8	94.8	101	0.4	96.9
60℃15分	—	88	0	100	103	1.8	96.6	97	0	100
	有	95	0	100	107	3.2	94.0	98	0.1	99.2
65℃10分	—	56	0	100	73	0	100	70	0	100
	有	49	0	100	75	0	100	78	0	100
—	有	93	4.2	61.5	101	27.7	48.4	101	2.5	80.5
銅・フルジオキシニル ・ペフラゾエート水和剤		111	0	100	143	6.3	88.3	108	0	100
無処理		100	10.9	—	100	53.7	—	100	12.8	—

注1) 健全種子:開花期接種種子=4:1で実施した。

注2) 試験期間は9月17日(温湯処理後、浸種開始)~10月29日(発病調査)である。

注3) 防除価=(無処理区の徒長苗率-処理区の徒長苗率)/無処理区の徒長苗率×100

(様式1)

表4 イネばか苗病に対する種子消毒による防除効果 (試験②: 減圧接種種子)

試験区		「月の光」			「あさひの夢」			「夢あおば」		
温湯処理	M0-1液剤	対無処理比 の出芽率 (%)	徒長苗率 (%)	防除価	対無処理比 の出芽率 (%)	徒長苗率 (%)	防除価	対無処理比 の出芽率 (%)	徒長苗率 (%)	防除価
60℃10分	—	130	0.1	99.9	126	0.2	99.6	129	0.7	99.0
	有	135	0	100	124	0.2	99.6	139	2.0	97.1
60℃15分	—	108	0	100	120	0	100	120	0.2	99.7
	有	124	0	100	124	0	100	111	0.3	99.6
65℃10分	—	/			110	0	100	105	0	100
	有				117	0	100	108	0.2	99.7
—	有	108	28.7	58.8	98	30.2	40.1	88	53.7	21.3
銅・フルジオキソニル ・ペフラゾエート水和剤		138	0.5	99.3	128	0	100	146	0.2	99.7
無処理		100	69.6	—	100	50.4	—	100	68.2	—

注1) 健全種子: 減圧接種種子=4:1で実施した。

注2) 試験期間は11月5日(温湯処理後、浸種開始)~12月15日(発病調査)である。

注3) 防除価=(無処理区の徒長苗率-処理区の徒長苗率)/無処理区の徒長苗率×100

3) 育苗箱に付着した残土からのイネばか苗病菌の検出

(1) 使用したDNA抽出キットではDNAが抽出されず、残土中の病原菌の有無を明らかにできなかった(データ省略)。

4) 発病苗(徒長苗または枯死苗)の根からのイネばか苗病菌の検出

- (1) 健全苗の根には、菌糸がほとんど認められなかった(図1)。
- (2) 徒長苗の根には細い菌糸が認められ、特に枯死苗の根には多くの菌糸が認められた(図1、2)。
- (3) 菌糸は根表面のみでなく、表皮から外皮の細胞間隙にも認められた(図3)。
- (4) 駒田培地上に生育してきた菌糸を簡易同定した結果、根表面上に付着している菌糸はイネばか苗病菌の可能性が高い(図4)。

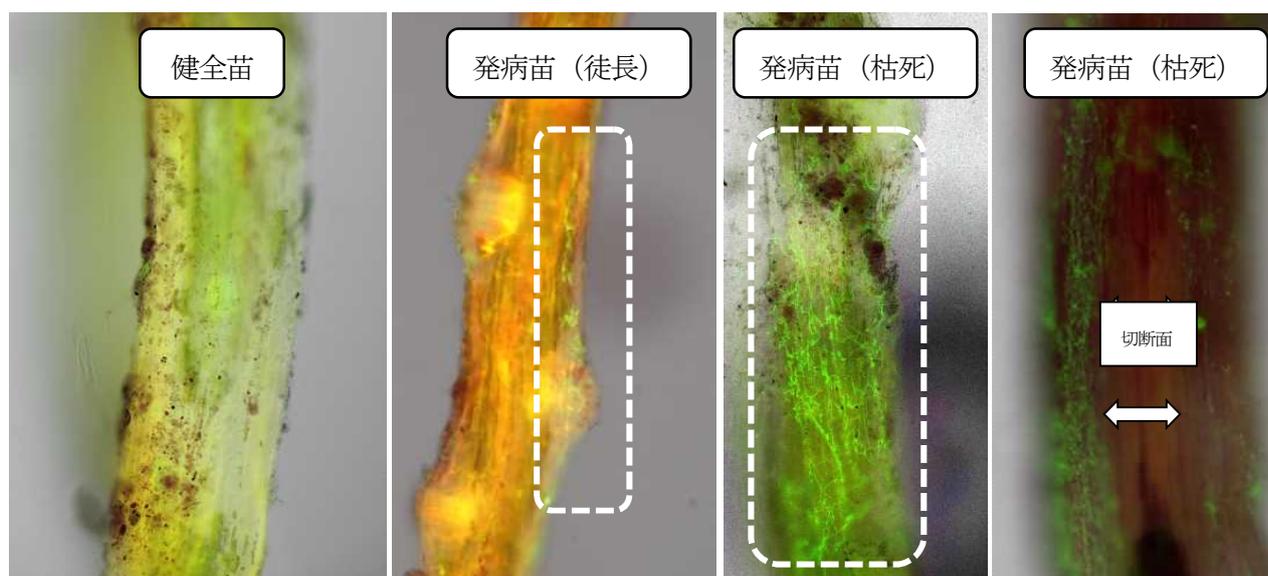


図1 根表面上における菌糸の蛍光観察(コシヒカリ)

(様式1)

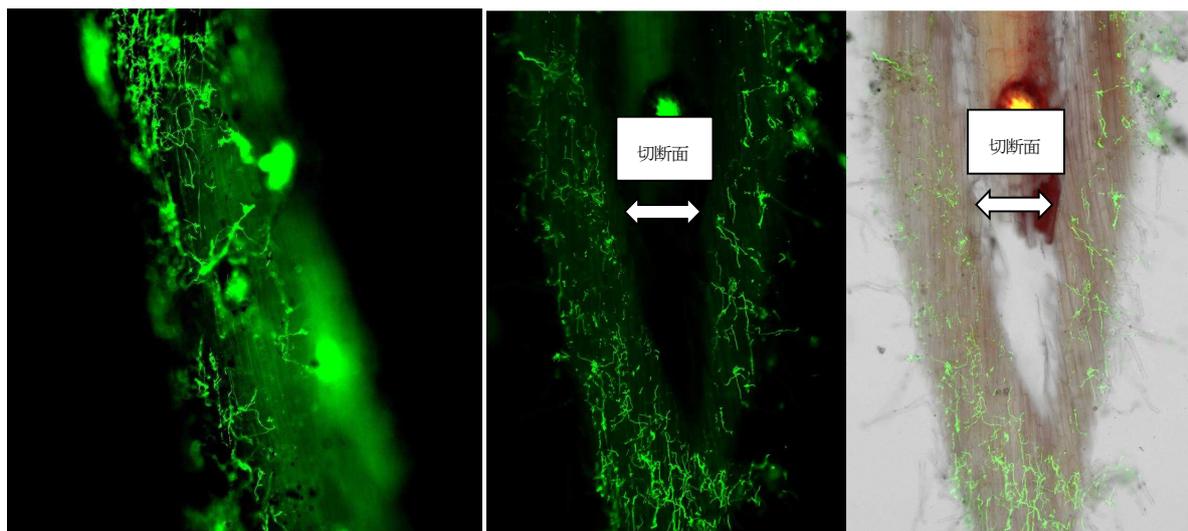


図2 根表面上における菌糸の蛍光観察 (夢あおば)

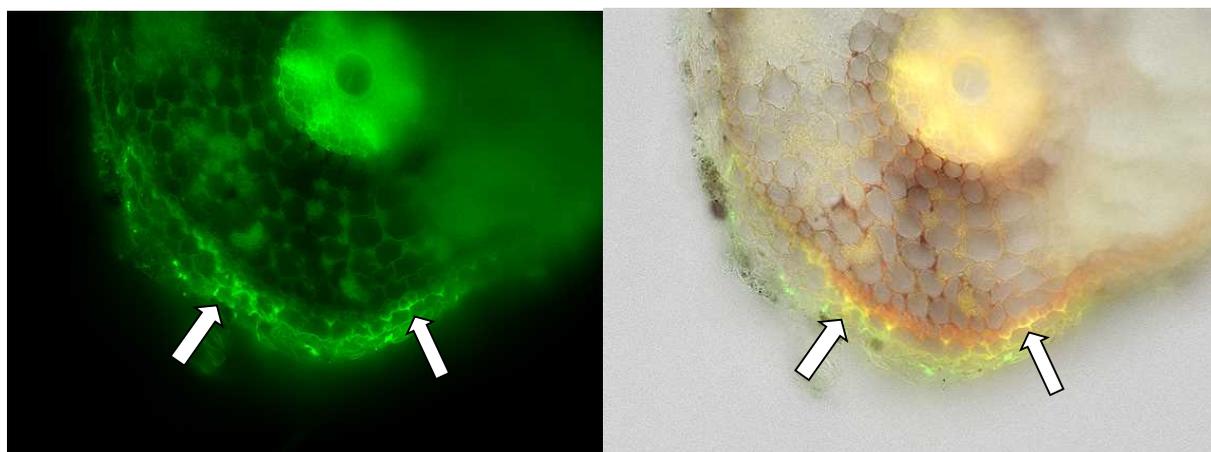


図3 枯死苗の根切片における菌糸の蛍光観察 (コシヒカリ)

注) 白矢印は菌糸が表皮から外皮の細胞間隙に認められている部分を示す



図4 発病苗の根から生育した糸状菌の簡易同定

(左: 駒田培地による菌の分離、右: 識別プライマー (Ff-S/Ff-R) による簡易同定)

(様式1)

4. 考察

1) 茨城県内の主要な飼料用イネ等3品種において、温湯処理条件が60°C10分>60°C15分>65°C10分の順に発芽率等が低下する傾向が認められた。また、事前乾燥により種子水分を10%未満にすることで、いずれの品種においても温湯処理後の発芽率と出芽率が向上する傾向が認められたことから、事前乾燥処理は供試した3品種においても有効であることが明らかとなった。

「月の光」において、本年の結果では60°C15分までなら発芽率90%以上を確保できたが、過去の試験成績をふまえると、60°C10分が適正な温湯処理条件であると考えられた。

「夢あおば」において、本年の結果では60°C10分で発芽率90%以上を確保できたが、60°C15分では86%と低くなった。この要因として、割れ粳が散見されたことから、温湯処理による影響が大きかったためと考えられた。H30年試験では、65°C10分でも発芽率90%以上確保できたが、過去の試験成績をふまえると、60°C10分が適正な温湯処理条件であると考えられた。

「あさひの夢」において、60°C10分および15分、65°C10分処理でも発芽率90%以上を確保でき、過去の試験をふまえても同様の結果であることから、60°C10分および15分、65°C10分が適正な温湯処理条件であると考えられた。

採種年度により温湯処理による発芽率等への影響が異なる可能性があるため、事前に発芽率を確認する必要がある。特に割れ粳が多い場合には、発芽率が低下する恐れがあるので注意する必要がある。

2) イネばか苗病に対する防除効果試験では、前述の適正処理条件での温湯処理は、高い防除効果が認められた。また、出芽率への影響を除いた場合、60°C10分<60°C15分<65°C10分の順に防除効果が安定した。よって、防除効果を安定させるために、より厳しい条件で実施する場合には、事前乾燥処理が有効であると考えられた。

M0-1液剤の防除効果は一部で認められたが、その程度は低く、イネばか苗病に対しては防除効果が不安定であると考えられた。しかし、温湯処理との併用により出芽率の向上が認められ、発病抑制のみでなく副次的な効果もあると考えられた。

3) 発病苗の根には、高率でイネばか苗病菌が確認されたため、育苗箱に残根がある場合は伝染源となる可能性があると考えられた。

5. 今後の課題

1) 育苗箱に付着していた残土からDNA抽出ができなかったため、スキムミルクなどの添加物を併用して再試験する必要がある。

2) 発病苗の残根上でのイネばか苗病菌の生存期間は明らかとなっていないため、今後調査する必要がある。

(様式1)

6. 要約

- 1) 各品種の適正な温湯処理条件は、「月の光」および「夢あおば」は60℃10分、「あさひの夢」は60℃10～15分および65℃10分であり、本処理条件におけるイネばか苗病に対する防除効果は高い。
- 2) イネばか苗病発病苗の根には病原菌が寄生し、表皮から外皮の細胞間隙にも認められることから、育苗箱に発病苗の残根がある場合は伝染源となる可能性がある。

7. 成果の公表及び特許

- ・茨城県の主要成果（技術情報）「飼料用イネ品種等の適正な温湯処理条件」として公表
- ・茨城県の主要成果（研究）「イネばか苗病発病苗の根には病原菌が寄生している」として公表
- ・当該試験で得られた成果をR4年度病害虫防除指針に記載予定

(様式1)

減農薬栽培に対応した水稻の種子伝染性病害に対する防除体系の確立(3)

(1) 事前乾燥と熱処理強度を高めた温湯処理を組み合わせた防除効果の検証

氏名：酒井和彦・小巻康平・宮田穂波・植竹恒夫

所属：埼玉県農業技術研究センター

[〒360-0102 埼玉県熊谷市須賀広 784]

1. 調査背景と目的

本事業において、関東・東山ブロックでは減農薬栽培に対応した水稻種子伝染性病害に対する防除技術確立のための調査研究を実施する。埼玉県では「もみ枯細菌病」に対する、減農薬栽培技術に対応した防除体系の確立のための調査研究を行う。

ここでは、採種年次が異なる自然感染種子籾に対する事前乾燥処理と温湯浸漬を組み合わせた防除効果および発芽への影響を明らかにする。事前乾燥処理は、種子籾の水分を10%未満に低下させることで耐熱性が向上するとの既往の知見に基づく。

2. 調査方法

(1) 前年の自然感染籾に対する事前乾燥と温湯浸漬を組み合わせた防除効果の検証

1) 供試材料

「彩のかがやき」の2018年産および2019年産を供試した。両試料とも、埼玉県農業技術研究センター玉井試験場内水田で、もみ枯細菌病発生ほ場より採種したものである。

2) 方法

種子の事前乾燥処理は、ガラス製デシケータを用いて実施した。野菜用網袋(250g用)に供試種子を入れて粒状シリカゲル(青色)と共にデシケータへ入れ、常温で約1か月保った。シリカゲルが吸湿して青色の標識が薄れた際は新たなシリカゲルと交換し種子籾の乾燥を行った。試験区の構成は以下のとおりとした。

事前乾燥有]	×	[65°C・10分間温湯浸漬
事前乾燥無				60°C・15分間温湯浸漬
				60°C・10分間温湯浸漬
				温湯浸漬無

温湯浸漬処理は、ウォーターバス用恒温器をセットしたポリエチレン製22.1L容の水槽を用いて行い、所定時間処理後はただちに流水(水道水)で十分に冷却した。温湯処理後ただちに水温15~20°Cで数日間浸種し、播種前日に26°Cで1日間の催芽処理を行った。

ポリプロピレン製280g型イチゴ用パックに粒状培土(ホーネンス培土3号)を充てんし、1パックあたり200粒を播種、覆土した。播種後は鉄骨造ガラス温室内の育苗ベンチ上で管理、

(様式1)

3葉期まで育苗した。試験は3連制で実施した。試験を実施した時期が12月で低温期のため、育苗ベンチ上には断熱材と電熱マット（農電園芸マット：N社製）を敷き、地温は、出芽までは25℃、出芽・緑化後は20℃となるようにサーモスタットを設定した。水管理は、ステンレス製バット（長さ40cm×幅29cm×深さ6cm）を置いて1～2cmの深さに水を張り、そこにイチゴ用パックを置いて底面給水とした。なお、試験温室は温湯管暖房が設置されているが、夜間～早朝は室温が15℃を下回る場合があるため、電熱式オイルヒータ（D社製）を3台設置し、室温15℃以上を保てるようにした。日中の換気温度は32℃設定とした。

播種後21および22日に、全個体を対象として発病調査と苗立率の調査を行い、防除効果を評価した。

(2) 採種年次の異なる種子における事前乾燥と温湯浸漬の発芽に対する影響

1) 供試材料

「彩のきずな」（2018年産、2019年産）および「彩のかがやき」（2018年産、2019年産）の2品種・計4ロットを対象とした。これら種子は、試験開始前まで9℃の冷蔵庫で保管しておいたものである。

2) 方法

種子の乾燥方法と温湯浸漬処理方法は前述の(1)と同一である。浸漬処理後の供試籾は野菜用網袋（250g用）に入れて実験室内で風乾した。

発芽検査は定法（100粒×4反復、25℃）に準じて行った。径90mmガラスシャーレに径85mm濾紙（規格No.2）を敷き、供試種子籾を入れ、蒸留水で濾紙を湿らせて検定した。ガラスシャーレは32枚ずつポリエチレン製13L容の蓋付きコンテナに入れ、当センター実験棟に設置の昆虫飼育室（25℃、L16hr-D8hr）で管理した。

播種後は経時的に発芽調査を行い、完全に幼芽・幼根が伸長した籾を発芽籾として拾い出して計数し、発芽率を求めた。

3. 調査結果

(1) 前年の自然感染籾に対する事前乾燥と温湯浸漬を組み合わせた防除効果の検証

2018年産「彩のかがやき」の結果は表1のとおりである。

苗立率は97～98%で試験区間に有意差は認められなかったが、65℃・10分間浸漬では事前乾燥の有無にかかわらず他の試験区に比較しわずかに低下する傾向が認められた。

苗腐敗症の発生はごく少なく、期間中に枯死した苗は各区とも皆無であった。事前乾燥および温湯浸漬消毒による防除効果は判然としなかったが、事前乾燥と65℃10分間浸漬、および、事前乾燥と60℃15分浸漬の組み合わせでは発病が全く認められなかった。

(様式1)

表1 2018年産「彩のかがやき」の育苗試験における苗立率および防除効果

事前乾燥	温湯浸漬	苗立率 (%)	発病苗率 (%)	枯死苗率 (%)	発病度	防除価 (発病苗率で算出)
有	65°C・10分間	97.3 n.s.	0 a	0	0	100
有	60°C・15分間	98.3	0 a	0	0	100
有	60°C・10分間	98.2	0.68 ab	0	0.28	63.9
有	無	98.2	1.35 ab	0	0.79	28
無	65°C・10分間	97.3	1.89 b	0	1.20	0
無	60°C・15分間	98.5	1.69 b	0	1.13	9.7
無	60°C・10分間	98.3	0.85 ab	0	0.45	54.7
無	無	98.2	1.87 b	0	1.19	-

注1) 異なる英小文字間に有意差あり(arcsin変換後の値を用いて検定: Tukey-Kramer, $p < 0.05$.)

注2) 供試籾の水分は, 事前乾燥有が6.0%, 無が10.5%.

防除価: 苗腐敗症の調査基準を, 0=健全, 1=苗の奇形または白化, 2=葉鞘・葉身に褐変, 3=全体腐敗または枯死 とし、 $\{ \sum \text{階級値} \times \text{個体数} \} \div \{ \text{調査個体数} \times 3 \} \times 100$ で算出 表2も同じ。

2019年産「彩のかがやき」の結果は表2のとおりである。

苗立率は95~99%で、65°C・10分間浸漬では事前乾燥有の場合に他区より低下したが、その度合いは小さかった。

発病苗率は2.5%、枯死株率は0.2%で少発生での検討となった。事前乾燥無・65°C10分間の温湯浸漬処理区でのみ低いが防除効果を認めたが、それ以外の処理では防除効果を認めなかった。発病苗率には有意差は無く全体に少発生であるため、本処理による防除効果の評価は困難と考えられた。

表2 2019年産「彩のかがやき」の育苗試験における苗立率および防除効果

事前乾燥	温湯浸漬	苗立率 (%)	発病苗率 (%)	枯死苗率 (%)	発病度	防除価 (発病苗率で算出)
有	65°C・10分間	95.5 a	2.79 n.s.	0.17 n.s.	1.86	0
有	60°C・15分間	98.3 ab	4.73	0	2.76	0
有	60°C・10分間	98.5 ab	2.70	0	1.46	0
有	無	98.8 ab	3.20	0	2.08	0
無	65°C・10分間	98.0 ab	1.53	0	0.85	39.1
無	60°C・15分間	97.7 ab	5.81	0	4.10	0
無	60°C・10分間	97.5 ab	5.13	0.17	3.76	0
無	無	99.2 b	2.52	0.17	1.56	-

注1) 異なる英小文字間に有意差あり(arcsin変換後の値を用いて検定: Tukey-Kramer, $p < 0.05$.)

注2) 供試籾の水分は, 事前乾燥有が6.5%, 無が11.0%.

防除価: 苗腐敗症の調査基準を, 0=健全, 1=苗の奇形または白化, 2=葉鞘・葉身に褐変, 3=全体腐敗または枯死 とし、 $\{ \sum \text{階級値} \times \text{個体数} \} \div \{ \text{調査個体数} \times 3 \} \times 100$ で算出

(様式1)

(2) 採種年次の異なる種子における事前乾燥と温湯浸漬の発芽に対する影響

1) 「彩のきずな」における結果

表3および表4のとおりである。2018年産種子では、事前乾燥有無によらず65°C10分間浸漬では調査の期間を通じて他の処理に比較し発芽率が低く推移した。とくに、5日後（発芽勢評価時）では明らかに低く、事前乾燥無の場合は、より低下した。2019年産でも同様の傾向が認められ、65°C10分間浸漬では他の処理に比較し調査期間を通じて発芽率は低く推移した。但し、発芽率の低下は2018年産に比較し軽度であった。また、60°Cの処理でも、事前乾燥の有無によらず15分間浸漬では10分間浸漬に比較し発芽率は低下する傾向が認められた。

「彩のきずな」での温湯浸漬処理は60°C・10分間を基本とし、処理を強める場合でも60°C・15分間にとどめることが望ましいと考えられる。事前乾燥を行った場合でも65°C・10分間の温湯浸漬は適用困難と判断した。

表3 2018年産種子における発芽率

事前乾燥	温湯浸漬	発芽率(%)		
		5日後	7日後	14日後
有	65°C10分間	40.5 a	80.5 a	88.3 a
有	60°C15分間	76.0 b	91.0 bc	94.8 abc
有	60°C10分間	85.3 bc	93.3 bc	96.0 bc
有	無	88.0 bc	96.0 b	97.5 b
無	65°C10分間	36.3 a	86.3 a c	89.0 a c
無	60°C15分間	84.0 bc	91.8 bc	96.5 b
無	60°C10分間	89.5 bc	96.0 b	97.3 b
無	無	94.3 c	98.3 b	98.3 b

注) 種子粗の水分は、事前乾燥有は6.0%。事前乾燥無は10.0%、異なる英小文字間に有意差あり(Tukey-Kramer, $p < 0.05$)。

表4 2019年産種子における発芽率

事前乾燥	温湯浸漬	発芽率(%)		
		5日後	7日後	14日後
有	65°C10分間	59.0 ab	87.8 a	91.5 a
有	60°C15分間	71.3 bc	93.5 bcd	94.5 ab
有	60°C10分間	84.0 c	95.8 bc	97.5 b
有	無	66.8 ab d	95.5 bc	98.3 b
無	65°C10分間	55.5 a	87.5 de	92.3 a
無	60°C15分間	70.3 abc	92.3 bc e	94.5 ab
無	60°C10分間	81.5 cd	96.5 c	98.0 b
無	無	81.3 cd	97.0 c	98.3 b

注) 種子粗の水分は、事前乾燥有は6.0%。事前乾燥無は10.0%、異なる英小文字間に有意差あり(Tukey-Kramer, $p < 0.05$)。

(様式1)

2) 「彩のかがやき」における結果

表5および6のとおりである。5日後では、65°C・10分間の温湯浸漬は事前乾燥の有無によらず他の処理より低下したが、その度合いは「彩のきずな」に比較し小さかった。ただし、2018年産では2019年産より低下の度合いが大きく、採種後の期間が長期化することによる種子の活力低下が示唆された。60°C・15分間浸漬処理では、事前乾燥無でも発芽率の大幅な低下は認められなかったが、2018年産すなわち採種2年経過後では発芽勢が低下する可能性が考えられた。

「彩のかがやき」では「彩のきずな」に比較し温湯浸漬処理に対する耐性が高いと考えられるが、発芽勢を考慮すると、65°C・10分間浸漬処理は事前乾燥と組み合わせることが必要と考えられる。ただし、採種後2年を経過した種子では発芽勢と発芽率の低下が見られるため、採種後1年の種子に限るほうが良いと考えられる。

表5 2018年産における発芽率

事前乾燥	温湯浸漬	発芽率(%)		
		5日後	7日後	14日後
有	65°C10分間	70.3 b	90.3 a	93.5 ab
有	60°C15分間	84.3 c	91.5 a c	93.8 a
有	60°C10分間	91.8 c	96.5 b	97.5 a c
有	無	85.8 c	96.3 b	98.5 c
無	65°C10分間	59.8 a	91.8 a	93.5 ab
無	60°C15分間	88.8 c	96.3 b	98.0 abc
無	60°C10分間	91.3 c	97.0 b	98.5 c
無	無	84.5 c	95.5 bc	98.5 c

注) 種子粗の水分は、事前乾燥有は6.0%、事前乾燥無は10.5%、異なる英小文字間に有意差あり(Tukey-Kramer, $p < 0.05$)。

表6 2019年産における発芽率

事前乾燥	温湯浸漬	発芽率(%)		
		5日後	7日後	14日後
有	65°C10分間	90.8 ab	96.8 a	98.5 n.s.
有	60°C15分間	94.8 b d	99.0 ab	99.5
有	60°C10分間	97.3 bc	99.5 ab	99.5
有	無	96.3 bc	99.8 bc	100.0
無	65°C10分間	86.3 a	98.5 a c	99.0
無	60°C15分間	95.0 bc	98.8 a c	99.0
無	60°C10分間	99.3 cd	99.8 bc	99.8
無	無	95.5 bc	99.0 abc	99.5

注) 種子粗の水分は、事前乾燥有は6.5%、事前乾燥無は11.0%、異なる英小文字間に有意差あり(Tukey-Kramer, $p < 0.05$)。

(様式1)

4. 考察

自然感染種子を用いた育苗検定では、事前乾燥と65℃・10分間温湯浸漬、または、事前乾燥と60℃・15分間の温湯浸漬で防除効果が認められた場合もあったが、無処理区を含めて全般に発病が少なかったため、事前乾燥と温湯浸漬との組み合わせによる苗腐敗症（もみ枯細菌病）の低減効果は明らかとはならなかった。

65℃・10分間の温湯浸漬処理が発芽に及ぼす影響は品種間差が認められ、事前乾燥と組み合わせても「彩のきずな」は「彩のかがやき」に比較して種子粒の高温耐性が低いことが示唆され、「彩のきずな」での適用は困難と判断された。「彩のかがやき」に比較し「彩のきずな」での種子粒の高温耐性が低い結果は昨年と同様であり、これは品種特性と考えられる。

一方、「彩のかがやき」では「彩のきずな」に比較し強度の熱処理に耐え、発芽勢（5日後）および7日後の発芽率から考えて、前年産種子であれば65℃・10分間の温湯浸漬処理も適用可能と考えられた。しかし、採種後2年経過した種子では60℃・15分間処理にとどめることが望ましいと考えられる。

5. 今後の課題

自然感染種子を用いた検定では、複数ロットの種子を供する必要があると考えられる。

6. 要約

「彩のかがやき」を対象に、種子粒水分10%未満に低下させる事前乾燥と熱処理強度を高めた65℃・10分間または60℃・15分間の温湯浸漬処理による、自然感染種子における育苗中の苗腐敗症を抑制する効果と苗立率に及ぼす影響を調査した。また、採種年を異にする「彩のきずな」「彩のかがやき」両品種の種子における発芽勢・発芽率に及ぼす影響について検討した。

育苗試験の結果より、防除効果は判然としなかったものの、事前乾燥と65℃・10分間または60℃・15分間の温湯浸漬で防除効果が認められる場合があることを明らかにした。

発芽試験の結果から、「彩のきずな」では「彩のかがやき」より種子の高温耐性が低い傾向があることが明らかとなった。また、「彩のきずな」では、採種後2年以上経過した種子では事前乾燥を行っても65℃・10分間の温湯浸漬は適用困難であることを明らかにした。

7. 成果の公表及び特許

品種や採種年次など、温湯浸漬処理に際し発芽率に大きく影響することが判明した知見は、現地指導の際に活用。

(様式1)

病害虫の効率的防除体制の再編委託事業

減農薬栽培に対応した水稻の種子伝染性病害に対する防除体系の確立(3)

(2) 効率的な防除体系の確立

氏名：酒井和彦・小巻康平・宮田穂波・植竹恒夫

所属：埼玉県農業技術研究センター

[〒360-0102 埼玉県熊谷市須賀広 784]

1. 調査背景と目的

本事業において、関東・東山ブロックでは減農薬栽培に対応した水稻種子伝染性病害に対する防除技術確立のための調査研究を実施する。埼玉県では「もみ枯細菌病」に対する、減農薬栽培技術に対応した防除体系の確立のための調査研究を行う。本県における水稻（早植栽培、普通植栽培）の減農薬栽培の基準は「6成分以内」である。この基準内におさまるよう、効率的に「もみ枯細菌病」を防除できる体系を構築し、生産現場に適用する。

ここでは、薬剤の育苗箱施用と本田生育期処理の体系防除による効果を検証する。

2. 調査方法

(1) 本田における効率的な防除

1) 供試品種・場所・耕種概要

「彩のきずな」「彩のかがやき」の2品種で検討した。これら品種は縞葉枯病、穂いもち、ツマグロヨコバイに抵抗性を持つ。前者は2020年5月18日移植、後者は6月12日移植で、埼玉県農業技術研究センター 玉井試験場 水田ほ場（灰色低地土：宝田統）で検討した。

施肥は基肥＋穂肥の分施とし、基肥は10a当たりNPK各5kg、穂肥は「彩のきずな」でNK各3kg、「彩のかがやき」でNK各2kgを幼穂形成初期に施用した。水管理は慣行により行った。

2) 処理区の構成・方法

試験区の構成は表1のとおりである。両品種とも試験区3を除き種子消毒は60℃・15分間の温湯浸漬処理とした。試験区3は化学合成農薬による24時間乾粒浸漬により消毒を行った。各区、消毒処理後は直ちに4日間浸種（水温15～20℃）し、播種前日に25℃に加温して催芽を行った。育苗は慣行の育苗箱（60cm×30cm）、培土はホーネンス培土3号を用いた。

なお、箱処理剤（ジノテフラン・トルプロカルブ粒剤）の選定は、過去の試験事例から本病にトルプロカルブが有効との知見に基づいた。移植は歩行型田植機（I社製2条型）で行い、株間20cm×条間30cmとした。水田面積の関係上反復を設けられないため、試験規模は1区1.3a（彩のかがやき）または1.4a（彩のきずな）とし、発病調査および収量調査時に疑似反復3地点を対角線上（左手前・中央・右奥）に設けた。

本田での液剤散布は、エンジン式動力噴霧器または背負い型手動式散布機を用いて10a当た

(様式1)

り110～140Lとした。薬液には展着剤としてグラミンSを3,330倍で加用した。なお、「彩のきずな」「彩のかがやき」とも同一の防除体系では場試験を開始したが、オキシリニック酸水和剤については令和2年9月9日付での農薬登録変更(使用制限)通知(令和2年8月7日付文書、農林水産省消費・安全局)を受けたことから、「彩のかがやき」では本田での散布を取りやめた。したがって、「彩のかがやき」での試験区1と試験区2は同一内容となるため試験区2での発病・収量調査は行わず、試験区1、3および4の3水準で検討した。

表1 試験区の構成および防除体系

供試品種	試験区番	種子消毒		箱粒剤*2		本田防除				化学合成農薬の成分数計	備考
		温湯	薬剤*1	移植時50g/箱	除草剤*3 初中期一発剤	プロベナゾール 粒剤 4kg/10a	銅水和剤*4 ×2,000	オキシリニック酸 水和剤 ×1,000			
彩のきずな	1	4/22	-	5/18	5/28	-	7/10,20	-	4		
	2	4/22	-	5/18	5/28	-	7/10,20	8/4	5		
	3	-	4/21	5/18	5/28	7/6	7/10,20	8/4	7		
	4	4/22	-	-	5/28	-	-	-	2		
彩のかがやき	1	5/17	-	6/12	6/18	-	7/30,8/11	-	4		
	2	5/17	-	6/12	6/18	-	7/30,8/11	- *5	4	オキシリニック酸散布中止	
	3	-	5/16	6/12	6/18	7/27	7/30,8/11	- *5	6	オキシリニック酸散布中止	
	4	5/17	-	-	6/18	-	-	-	2		

*1 彩のきずな:オキシリニック酸・プロクロラズ水和剤(スボルタックスターナSE), 彩のかがやき:イブコナゾール・銅水和剤(テクリードCフロアブル).

*2 箱粒剤:ジノテフラン・トルプロカルブ粒剤(ゴウケツバスター箱粒剤).

*3 ピリミスルファン・フェントラザミド剤(ヤイバジャンボ).

*4 有効成分は塩基性塩化銅(84.1%) (ドイツボルドーA).

*5 2020年9月9日付での本剤の農薬登録内容変更(種子消毒時のみ1回以内の使用)に対応し, 本田散布を取りやめた.

3) 発病調査

「彩のきずな」では出穂期(8月3日)の24日後(8月27日)、「彩のかがやき」では出穂期(8月20日)の20日後(9月9日)に、疑似反復の各地点につき50株(連続25株×2条)を対象に、各株任意の10穂について発病調査を行った。調査基準は新農薬実用化試験(日本植物防疫協会)に基づき、発病穂率および発病度を算出し、発病度から防除価を求めた。

$$\text{発病度} = \{ \sum (\text{階級値} \times \text{穂数}) \div (\text{調査穂数} \times 4) \} \times 100$$

階級値(調査基準) 0:健全 1:1穂内の発病穂数が10%以下 2:11%以上30%以下
3:31%以上60%以下 4:61%以上

4) 収量調査

成熟期に刈刈を行った。刈取面積は各反復地点につき3㎡(2.5m×4条)とした。

鉄骨造アクリルハウス内で風乾後、脱穀して脱芒機を用いて芒と枝梗を除去、電動唐箕を用いて風選して夾雑物を除き籾の重量測定を行った。その後、電動式穀粒選別機を用い縦目篩(2.2mm)で選別を行い、篩上に残った籾の重量を測定して種子収量とした。

(2) 採種種子を用いた苗腐敗症の育苗検定調査

表1に掲げる試験区の栽培で得られた種子(前項(1)の4)で得た種子)を用いて育苗試験を行い、本田での体系防除による効果を検証するため苗腐敗症の発生を調査した。育苗試験は2回実施し、1回目は2020年12月9日播種、2回目は2021年1月8日播種で実施した。

(様式1)

供試種子は水温 15~20℃で数日間浸漬し、播種前日に 26℃で1日間の催芽処理を行った。280g 型ポリプロピレン製イチゴ用パックに粒状培土（ホーネンス培土3号）を充てんし、1パックあたり 200 粒を播種、覆土した。その後、所内鉄骨造ガラス温室内の育苗ベンチ上で管理、3葉期まで育苗した。試験は3連制で実施した。

採種種子の休眠性を考慮して育苗試験実施時期を 12~1 月に遅らせたことに伴い、低温対策として育苗ベンチ上には断熱材（エアパッキン）と電熱マット（農電園芸マット：N社製）を敷き、地温は、出芽までは 25℃、出芽・緑化後は 20℃となるようにサーモスタットを設定した。水管理は、ステンレス製バット（長さ 40cm×幅 29cm×深さ 6cm）を置いて 1~2 cm の深さに水を張り、そこにイチゴ用パックを置いて底面給水とした。なお、試験温室は温湯管暖房が設置されているが、夜間~早朝は室温が 15℃を下回る場合があるため、電熱式オイルヒータ（D社製）を 3 台設置し、室温 15℃以上を保てるようにした。日中の換気温度は 32℃設定とした。

3. 調査結果

(1) 本田における効率的な防除

防除効果は図1のとおりである。

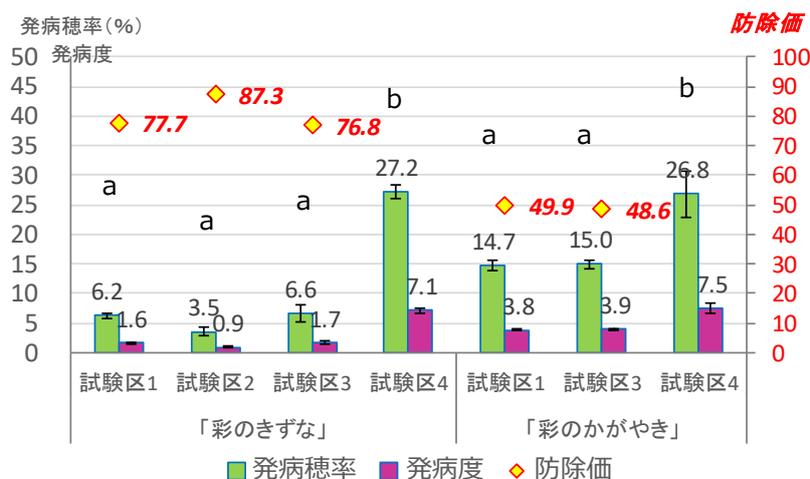


図1 各防除体系における防除効果

エラーバーは標準誤差 (n=3). 各品種の異なる英小文字間に有意差あり (arcsin 変換後に検定, $p < 0.05$, Tukey-Kramer).

試験区の構成は表1を参照

「彩のきずな」では試験区4（本田の病害虫防除無し）における発病率は 27.2%、発病度は 7.1 であったのに対し、試験区1~3のすべてで高い防除効果が認められた。オキシリニック酸水和剤散布があった試験区2で最も効果が高かったが、試験区1および3との間に有意な差は認められなかった。「彩のかがやき」では試験区4（本田の病害虫防除無し）における発病率は 26.8%、発病度は 7.5 であったのに対し、試験区1および試験区3での防除効果は認められたが、その程度はやや低かった。

(様式 1)

両品種とも試験区 3 では幼穂形成初期にプロベナゾール粒剤処理を実施しているが、「彩のきずな」では試験区 2 との比較、「彩のかがやき」では試験区 1 との比較において、同剤処理による防除効果の上乗せは認められなかった。

(2) 籾の収量と苗腐敗症の発生程度

1) 籾の収量

図 2 のとおりである。「彩のきずな」は全般に多収、「彩のかがやき」は全般に低収であった。各試験区における 2.2mm 上の収量比は、両品種とも試験区 4 (本田の病害虫防除無し) を 100 とした場合、試験区 1～3 のいずれも 82～90 に減少した。試験区 1～3 では銅水和剤散布による薬害が葉身に普遍的に生じており、籾の充実が悪化した可能性が考えられる。

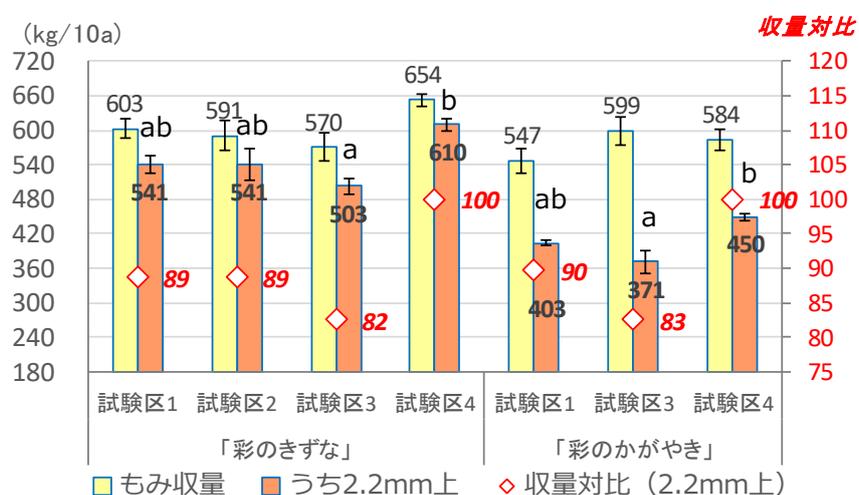


図2 各防除体系における種子籾の収量

エラーバーは標準誤差(n=3), 各品種の 2.2mm 上収量に付した異なる英小文字間に有意差あり($p < 0.05$, Tukey-Kramer).

試験区の構成は表 1 を参照

一方、生育差による影響の可能性について考察するため、イネ株の全長、稈長、穂長および 1 株穂数を表 2 に示す。

表 2 各品種の全長、稈長、穂長および 1 株穂数

品種	試験区	全長(cm)	稈長(cm)	穂長(cm)	1株穂数(本)
彩のきずな	1	104.5 n.s.	75.0 n.s.	22.5 b	22.5 n.s.
	2	104.5	73.9	21.7 ab	23.7
	3	103.5	75.8	20.9 a	23.1
	4	105.0	73.3	22.7 b	23.4
彩のかがやき	1	101.5 a	75.6 a	19.7 n.s.	17.9 n.s.
	3	104.8 ab	77.3 ab	20.2	19.2
	4	107.7 b	80.3 b	20.3	17.7

注 1) 各試験区につき調査地点の連続 10 株をサンプリング, 10 株 \times 3 = 30 株の平均.

注 2) 各品種の調査項目間に付した英小文字に有意差あり(Tukey-Kramer, $p < 0.05$).

(様式1)

「彩のきずな」では試験区3で穂長が明らかに短く、これが減収の一因と考えられるが、試験区3ではプロベナゾール粒剤が幼穂形成初期に本田施用されており、本剤の影響が示唆される。

「彩のかがやき」では穂長および1株穂数には明瞭な差が無いが、全長および稈長で区間差が生じた。試験区1と3での銅水和剤散布の影響も考えられるが「彩のきずな」では全長と稈長に差が見られないため、原因は明らかでない。なお、「彩のかがやき」での粗粒収量は試験区ごとの差が小さく、2.2mm 篩上の歩合が試験区3で大きく低下したことが精粒の減収に影響しており、「彩のきずな」同様にプロベナゾール粒剤の本田処理が粒の充実に影響した可能性は考えられる。

2) 採種種子の苗腐敗症発生程度

「彩のきずな」は表3、「彩のかがやき」は表4のとおりである。両品種とも、苗立率は96%以上で高かった。

表3 「彩のきずな」採種種子の苗立率および苗腐敗症の発生程度

試験回次 (播種・調査月日)	本田での 試験区番	苗立率 (%)	発病苗率 (%)	枯死苗率 (%)	発病度	防除価 (発病苗率で算出)
1回目 (12/9播種) (1/5調査)	1	97.0 n.s.	21.5 b	1.4 a	15.22	0
	2	96.0	44.3 c	29.9 b	42.70	0
	3	97.5	2.7 a	1.2 a	2.62	59.8
	4	98.2	6.8 a	0.2 a	4.54	-
2回目 (1/8播種) (1/30調査)	1	97.7 n.s.	22.8 b	0.3 n.s.	16.31	0
	2	97.8	4.8 a	1.2	3.52	78.5
	3	98.2	6.6 a	0.2	4.58	70.1
	4	97.8	22.2 b	0.9	17.40	-

注) 異なる英小文字間に有意差あり

(arcsin変換後の値を用いて検定: Tukey-Kramer, $p < 0.05$.)

防除価: 苗腐敗症の調査基準を、0=健全、1=苗の奇形または白化、2=葉鞘・葉身に褐変、3=全体腐敗または枯死 とし、 $\{ \Sigma \text{階級値} \times \text{個体数} \} \div \{ \text{調査個体数} \times 3 \} \times 100$ で算出

「彩のきずな」「彩のかがやき」とも、本田での試験区4由来種子における発病程度は、1回目試験に比較し2回目試験で大きかった。試験時期が約1か月違うため、2回目試験のほうが日中の施設内の温度が上昇しやすかったことが影響したと考えられる。

「彩のきずな」では、本田での試験区2由来種子において、1回目試験と2回目試験とで結果が大きく異なった。1回目は、本田での試験区4に比較し発病苗率、枯死株率ともに大きく上回って苗腐敗症の発生抑制効果が認められなかったのに対し、2回目試験では苗腐敗症の発生は大きく減少した。本田での試験区1由来種子での苗腐敗症の発生抑制効果は、2回とも認められなかった。本田での試験区3由来種子では、2回とも苗腐敗症の発生抑制効果が認められた。

本田試験区2における結果が1回目試験と2回目試験とで大きく異なった原因は明らかでないが、保菌程度の大きい種子が偶発的に混入し、浸種・催芽の過程で病原細菌が急増した可能性は考えられる。

「彩のかがやき」では、1回目試験と2回目試験とで苗腐敗症発生における各試験区の傾向は

(様式1)

同様であった。「彩のきずな」と異なり、本田での試験区1由来種子における苗腐敗症の発生抑制効果が認められた。一方、本田での試験区3由来種子における苗腐敗症の発生抑制効果は低かった。

このように、本田での防除体系が同じ(試験区番1)であっても、苗腐敗症の発生程度に大きな品種間差が生じる場合があること、また、同一品種・同一防除体系で本田での防除効果が高くても、採種種子での苗腐敗症発生抑制効果が必ずしも高くない場合があることが示された。

表4 「彩のかがやき」採種種子の苗立率および苗腐敗症の発生程度

試験回次 (播種・調査月日)	本田での 試験区番	苗立率 (%)	発病苗率 (%)	枯死苗率 (%)	発病度	防除価 (発病苗率で算出)
1回目 (12/9播種) (1/5調査)	1	98.5 n.s.	1.5 n.s.	0.5 n.s.	1.01	65.4
	3	98.3	3.9	0.2	2.65	11.7
	4	98.3	4.4	0.7	2.71	-
2回目 (1/8播種) (1/30調査)	1	98.8 n.s.	5.1 a	0.0 a	3.43	56.3
	3	97.8	7.8 ab	1.0 b	5.85	32.3
	4	99.3	11.6 b	0.3 ab	7.89	-

注) 異なる英小文字間に有意差あり
(arcsin変換後の値を用いて検定: Tukey-Kramer, $p < 0.05$.)

4. 考察

水稻種子伝染性病害のうちイネもみ枯細菌病を対象とし、減農薬栽培のための効率的な防除体系として、種子粒の温湯浸漬、移植時の箱粒剤および本田散布で対応する場合、60°C15分間の温湯浸漬、ジノテフラン・トルプロカルブ粒剤の50g/箱処理、出穂の20日前と10日前の2回、銅(塩基性塩化銅)水和剤2,000倍液の散布で防除効果は得られるが、「彩のきずな」に比較し「彩のかがやき」では十分ではないと考えられた。「彩のかがやき」では、オキシリニック酸水和剤登録内容変更に対応した本田散布中止により、種子消毒剤をイプコナゾール・銅水和剤とした場合(試験区3)でも結果的に6成分以内に抑制できたが、幼穂形成初期のプロベナゾール剤処理が追加されても試験区1に対する防除効果の上乗せにはつながらなかった。出穂期は「彩のきずな」は8月上旬、「彩のかがやき」は8月下旬であり、2020年は8月上中旬が顕著な高温少雨、8月下旬以降は9月上旬にかけて強い雷雨や大雨が複数回あったことから、品種間差ではなく、出穂期から出穂2週間後の気象条件の差が強く関与して防除効果が上がらなかった可能性も考えられる。

本病が種子伝染性であることから採種生産を想定して本田での防除体系ごとの種子収量および品質を検討した。この結果、銅水和剤の2回散布は葉での薬害により減収となる可能性があることが示された。採種種子の苗立率については、検討した防除体系では差がほとんどなく実用上の問題とはならないと考えられる。採種種子における育苗期間中の苗腐敗症に対しては本田での防除体系ごとの差は明確ではない。出穂前20日および10日の銅水和剤2回散布は、品種によっては苗腐敗症の発生を軽減できる可能性があることが示された。

(様式1)

5. 今後の課題

本病に対し適用のある地上部散布剤が皆無となったため、種子消毒剤、箱施用薬剤、プロベナゾール剤等本田処理粒剤と、銅水和剤を組み合わせた体系的な防除方法について、防除効果だけでなく収量性も含めて検討する余地が大きい。

6. 要約

「彩のきずな」「彩のかがやき」を対象に、化学合成農薬の使用成分数を埼玉県基準の6成分以内とした減農薬栽培による防除体系の効果を検討した。もみ枯細菌病に対し、種子を60°C15分間の温湯浸漬で消毒し、移植当日にジノテフラン・トルプロカルブ粒剤50g/箱を処理し、本田防除は出穂期の20日前と10日前の2回、銅(塩基性塩化銅)水和剤2,000倍を散布することで防除効果が得られることが明らかとなった。ただし、減収する可能性があることが示された。本防除体系による苗立率は実用的であったが、苗腐敗症の発生抑制効果は明確ではなかった。

7. 成果の公表及び特許

2020年度は無し。

減農薬栽培に対応した水稻の種子伝染性病害に対する防除体系の確立（４）

～イネばか苗病等に対する温湯処理と食酢、生物農薬等を組み合わせた効果の高い体系処理の検証～

氏名 中島 宏和、内田 英史

所属 長野県農業試験場

[〒382-0072 住所 長野県須坂市小河原 492]

1. 調査背景と目的

水稻栽培においては、減農薬栽培に対応した防除方法として温湯処理や生物農薬が普及しているが、単用では効果が不安定な場合があり、ばか苗病をはじめとした種子伝染性病害が各地で問題となっている。そこで、既存の種子消毒技術および新規の資材や防除法を組み合わせた体系防除技術の有効性を検証する。また、これらの防除方法は化学合成農薬と作用機作が異なるため、耐性菌発達リスクの低減につながる。種子生産圃場またはその周辺圃場での使用を想定して、育苗期のみならず本田期における防除効果を併せて評価する。実証試験で効果が確認できた防除技術については、当該地域（県）が制作する防除指針へ掲載する。

2. 調査方法

（１）イネばか苗病

1) 試験内容

浸種前処理	催芽時処理（播種時処理）	略称
温湯処理 60°C10分	—	60°C10m
事前乾燥+温湯処理 65°C10分	—	65°C10m
—	MO-1 液剤 300 倍 24 時間浸漬	MO
—	タラロマイセスフラバス水和剤 200 倍 24 時間浸漬	タラロ
—	トリコデルマアトロビリデ水和剤 (DJ) 200 倍 24 時間浸漬	DJ
—	(タラロマイセスフラバス水和剤 播種時 1,000 倍 1L/箱灌注)	タラロ灌注
温湯処理 60°C10分	醸造酢液剤 100 倍 24 時間浸漬	湯+酢
または	MO-1 液剤 300 倍 24 時間浸漬	湯+MO
事前乾燥+温湯処理 65°C10分	タラロマイセスフラバス水和剤 200 倍 24 時間浸漬	湯+タラロ
	トリコデルマアトロビリデ水和剤 (DJ) 200 倍 24 時間浸漬	湯+DJ
	(タラロマイセスフラバス水和剤 播種時 1,000 倍 1L/箱灌注)	湯+タラロ灌注
イブコナゾール銅水和剤 200 倍 24 時間浸漬	—	イブ Cu

2) 試験条件

試験場所：長野県農業試験場内ガラス室

供試籾：コシヒカリ（平成30年産の自然感染籾または開花期接種籾を一定割合で健全籾に混和）

管理工程：浸種前処理後 15°Cで5日間程度浸種。催芽・播種後、恒温器内に入れ 28°Cで2~3日間出芽させ、その後はガラスハウスで管理した。なお、籾の事前乾燥処理は籾水分が9%程度になるように通風乾燥機で 50°C5時間程度処理した。温湯処理はウォーターバスを用いて所定の処理を実施した後、浸種を開始した。

浴比：浸種前処理は1:1（籾：液）、催芽時処理は1:2（籾：液）

供試培土：しなの培養土1号（粒状培土）または ISEKI 軽量培土（軽量培土）

区制・面積：1区育苗箱の1/25大プラスチックカップ 3反復 播種量 8g/区

育苗環境：ガラスハウス内に設置された水槽内に各育苗箱を静置し、1日2回底面灌水した。

温度設定は 30°Cで天窓開、15°Cで加温とした。

調査方法：播種3~4週間後に各区全苗について枯死苗数、徒長苗数、健全苗数を調査し、枯死苗数、徒長苗数の合計を発病苗率とした。発病苗率から防除価を算出した。

薬害は随時肉眼で観察した。

なお、試験年月日等の詳細な試験条件は各図の脚注に記載した。

3) 本田における発病調査

各処理の本田における効果の持続程度を検討するため、処理苗を移植後、定期的に本田での徒長株および枯死株を調査した。

試験場所：長野県農業試験場内圃場

供試籾：コシヒカリ（令和元年産開花期接種籾と令和元年産自然感染籾を2:1で混和）

処理内容

浸種前処理	催芽時処理（播種時処理）	略称
温湯処理 60°C10分	—	60°C10m
事前乾燥+温湯処理 65°C10分	—	65°C10m
	トリコデルマアトロビリデ水和剤 (DJ) 200倍 24時間浸漬	DJ
温湯処理 60°C10分	トリコデルマアトロビリデ水和剤 (DJ) 200倍 24時間浸漬	湯 60°C+DJ
事前乾燥+温湯処理 65°C10分	トリコデルマアトロビリデ水和剤 (DJ) 200倍 24時間浸漬	湯 65°C+DJ
イブコナゾール銅水和剤 200倍 24時間浸漬	—	イブ Cu
金属銀水和剤 400倍 24時間浸漬	—	銀
上記2薬剤の混用	—	イブ Cu&銀

温湯処理はタイガーカワシマ社製温湯処理機（YS-200HS）を使用

育苗条件：播種量は 150g/箱で1処理5箱、移植直前に各処理2箱について箱当たり徒長苗数を調査した。徒長苗は除去せずに圃場に移植した。

区制・面積：1区 45 m² (3m×15m) 2反復 栽植密度：22.2 株/m²

本田調査：1 処理 45 m²区内の全株（約 990 株）について、移植後（DAT）3 週間から約 2 週間毎に穂ばらみ期まで徒長株数および枯死株数を継続調査した。

4) 200 穴セルトレイでのばか苗病発病株の評価

本田のばか苗病調査は多大な労力がかかるため、200 穴セルトレイによる本田のばか苗病発病株の簡易調査法を検討した。

試験場所：長野県農業試験場内ガラス室 供試籾：3）と同様（処理時期は別）

試験条件：各処理の種籾を 200 穴セルトレイ（1 穴：2.5 cm×2.5 cm×4.5 cm）に 1 粒ずつ、処理毎に 200 粒を播種し、30℃で 3 日間出芽した。出芽後、ビビフルフロアブル（矮化剤）20 倍液を箱当たり 250ml 散布した。以降はガラスハウスに静置して 1 日 2 回底面灌水した。天窗、側窓は常時全開にした。

調査方法：播種 3 週間後から 2～3 週間毎に穂揃期頃まで徒長苗数および枯死苗数を調査した。

なお、不出芽苗や出芽直後の立枯苗は除外して調査した。

(2) もみ枯細菌病（苗腐敗症）；記載箇所以外の条件はばか苗病と同様

供試籾：コシヒカリ（令和元年産の開花期接種籾を一定割合で健全籾に混和）

管理工程：催芽、出芽温度 32℃

調査方法：各区全苗について、下記の基準に従い発病程度別に発病の有無を調査し、発病苗率および次式により発病度を算出した。

発病程度指数 枯死苗・萎凋苗；3、重症苗（罹病苗のうち草丈が健全苗の 1/3 未満）；

2、軽症苗（罹病苗のうち草丈が健全苗の 1/3 以上）；1、健全；0

発病度 = { Σ (発病程度別苗数×指数) ÷ (調査苗数×3)} × 100

防除価は発病度から算出した。

3. 調査結果

(1) 各処理の単用および体系処理のばか苗病（育苗期）に対する効果

今回の試験では体系防除の効果向上の程度を明らかにするために、自然感染籾 100%、開花期接種籾 50%混和籾と強汚染籾を供試したため、全ての試験で無処理の発病は多発生となった。

温湯単用処理のばか苗病に対する効果は、事前乾燥 65℃10 分処理は 60℃10 分処理と比較して粒状培土の 2 事例では効果が高まる傾向であったが、軽量培土では 1 事例は効果が低下し、1 事例は温湯単用処理で効果が高く比較ができなかった。

単用処理のばか苗病に対する効果は、タラロマイセスフラバス水和剤（以下、タラロマイセス、催芽時および播種時）およびトリコデルマトロビリデ水和剤（以下、DJ）ではほぼ同等、MO-1 液剤（以下、MO）では劣る効果であった。

いずれの試験においても、温湯処理と催芽時処理（醸造酢液剤、MO、タラロマイセス、DJ）の体系防除では明らかな相乗効果があり、化学農薬であるイプコナゾール銅水和剤と比較するとほぼ同等～やや劣るが、高い効果が認められた（図 1, 2）。また、事前乾燥 65℃10 分処理による

体系処理と 60°C10 分処理による体系処理では、いずれの体系処理でもほぼ同等の高い効果が認められた。

培土の比較では生物農薬以外では 65°C10 分の 1 事例を除き、軽量培土の方が粒状培土より発病が少なくなる傾向であった。生物農薬ではいずれの処理でも軽量培土の方が粒状培土より発病が多くなった。全ての試験を通じて実用上問題となるような薬害はなかった。

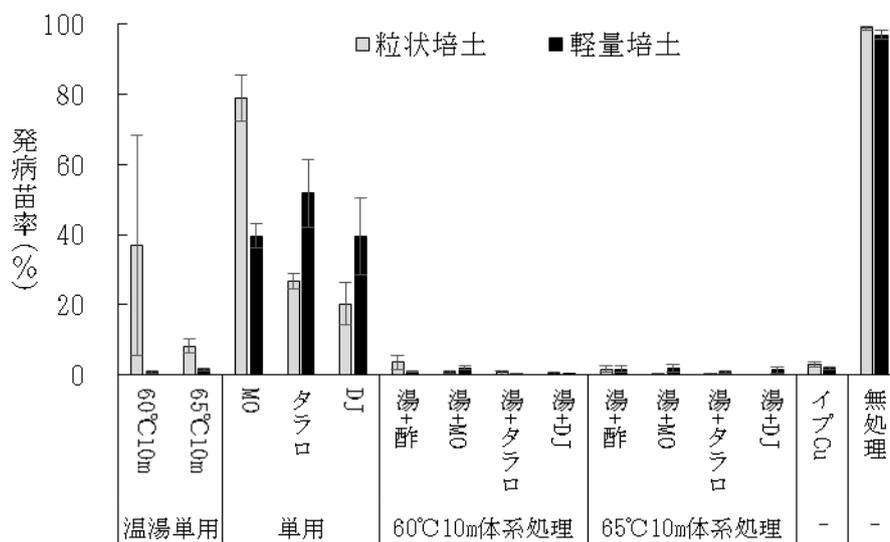


図1 各処理の自然感染籾のばか苗病に対する効果

供試籾：コシヒカリ（平成30年産の自然感染籾） 対象病害の発生状況：多 温湯処理および浸種前処理：10月2日15°C24時間、浸種：10月2日～7日15°C、催芽：10月7～8日28°C24時間、播種：10月8日、出芽：10月8～11日28°C、緑化：10月11～12日25°C、以降はガラスハウスで通常管理、調査：11月2日（播種25日後）
緑化時にビビフルフロアブル（矮化剤）の20倍希釈液をカップ当たり20ml 灌注した。

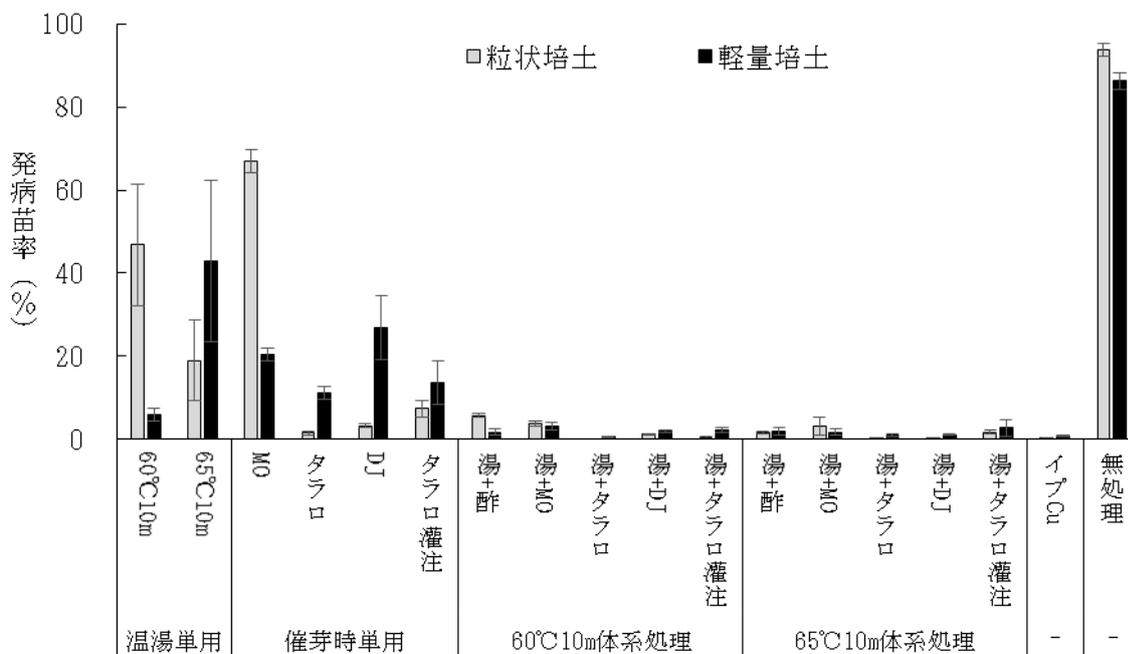


図2 各処理の開花期接種籾のばか苗病に対する効果

供試籾：コシヒカリ（令和元年産の開花期接種籾を健全籾に50%混和） 対象病害の発生状況：多 温湯処理および浸種前処理：2020年11月6日15°C24時間、浸種：11月7日～11日15°C、催芽：11月11～12日28°C24時間、播種：11月12日、出芽：11月12～15日28°C、緑化：11月15～16日25°C、以降はガラスハウスで通常管理、調査：12月1日（播種19日後） 緑化時にビビフルフロアブル（矮化剤）の20倍希釈液をカップ当たり20ml 灌注した。

(2) 各処理の本田におけるばか苗病に対する効果および簡易調査法の検討

各処理の本田でのばか苗病の発病に対する効果を評価した。徒長株は DAT21～35 に最も多くなったが、徐々に枯死株に移行した。今回は感染源として重要な枯死株によって効果を評価した。温湯処理または DJ の単用では効果は低かったが、いずれの温湯処理条件でも DJ と体系処理することでイプコナゾール銅水和剤と同等の効果が得られた。銀水和剤は効果がなく、イプコナゾール銅水和剤と銀水和剤の混用はイプコナゾール銅水和剤単用より効果がわずかに低下した(図3)。なお、全ての処理で薬害は見られなかった。

育苗期の徒長苗数と本田の枯死株率での各処理の防除価を比較すると、全ての処理で徒長苗数より枯死株率で低下した。温湯処理、DJ の単用および銀水和剤では顕著な低下であったが、体系処理ではイプコナゾール銅水和剤と同等の効果が維持されていた(表1)。

本田におけるばか苗病の発病の簡易調査法として同一種子を用いて圃場とセルトレイ栽培を比較した。出穂期前後の調査において圃場調査と比較してセルトレイでは枯死株率はほぼ同等からやや少なく、徒長株は多かった。圃場とセルトレイの枯死株率には相関関係が見られたが、湯65+DJ および無処理ではセルトレイで枯死株が少なく、銀水和剤の発病はセルトレイで明らかに少なかった(表2)。

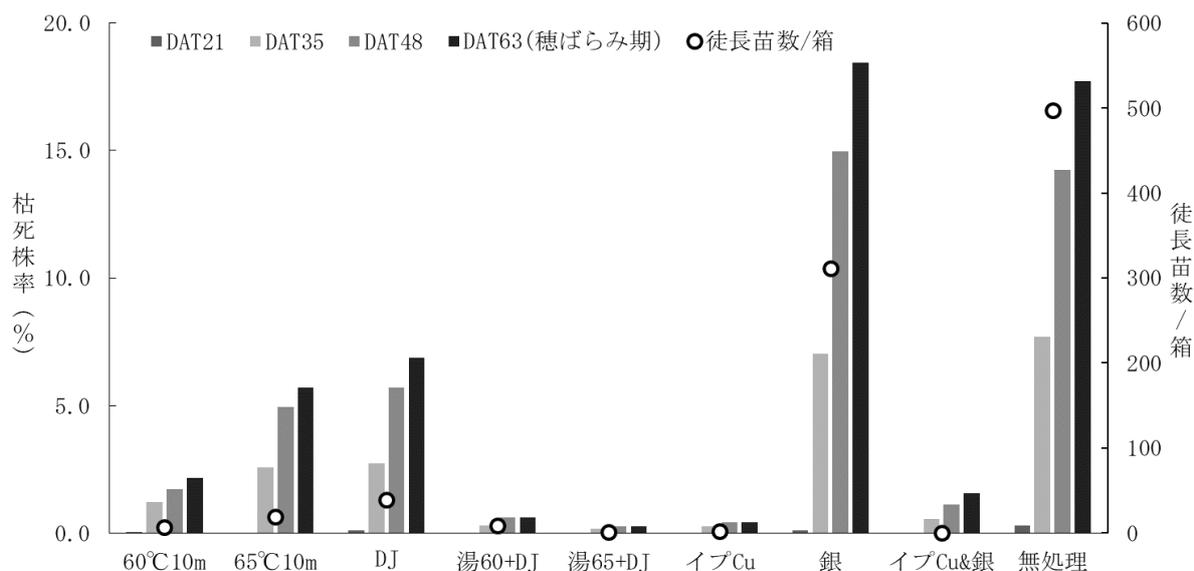


図3 各処理の本田及び育苗期のばか苗病に対する効果の関係

供試籾：コシヒカリ（令和元年産の自然感染籾に開花期接種籾を1：2で混和）温湯処理および浸種前処理：5月6日
 浸種：5月6日～12日15℃ 催芽：5月12～13日28℃24時間 播種：5月13日 播種量：150g/箱 出芽：5月13～15日28℃ 以降はビニールハウスで通常管理 移植：6月3日 出穂期8月16日

表1 調査時期別の各処理の防除価

調査時期	60°C10m	65°C10m	DJ	湯60+DJ	湯65+DJ	イプCu	銀	イプCu&銀
徒長苗数	98.6	96.1	92.2	98.3	99.7	99.6	37.4	99.9
枯死株率 (穂ばらみ期)	88.1	68.0	59.5	96.6	98.4	97.1	0.0	91.0

防除価=100-(処理の徒長苗数又は枯死株率/無処理の徒長苗数又は枯死株率)×100

表2 各処理の出穂期頃のばか苗病発病株に対する調査法の比較

処理	圃場調査 (穂ばらみ期)		セルトレイ (穂揃期頃)	
	枯死株率	徒長株率	枯死株率	徒長株率
60°C10m	2.2	0.1	2.3	1.7
DJ	6.9	0.9	7.0	6.3
65°C10m	5.7	0.4	1.2	7.4
湯60+DJ	0.6	0.1	0.0	1.2
湯65+DJ	0.3	0.1	0.0	0.0
イブCu	0.4	0.2	0.0	2.2
銀	18.4	1.3	2.9	1.2
イブCu&銀	1.6	0.2	1.1	0.5
無処理	17.7	1.4	12.0	39.8

(3) 各処理の単用および体系処理のみみ枯細菌病（苗腐敗症）に対する効果

粒状培土では中～多発生となったが、軽量培土では少発生となった。粒状培土では処理によって発病度が異なったが、軽量培土では多くの処理で発病が著しく抑制されたため処理の効果の比較はできなかった（図4，5）。なお、調査時の培土のpHは処理によらず4.4～4.9であった。

粒状培土の温湯処理単用では60°C10分処理に比較して事前乾燥65°C10分処理で効果が高かった。単用処理ではDJの効果が高く、次いでMO、タラロマイセスの順となった。事前乾燥65°C10分処理による体系処理と60°C10分処理による体系処理では、いずれの体系処理でもほぼ同等の高い効果が認められた。一方で、事前乾燥65°C10分処理、DJ、MOは単用でも効果が高かったため、体系処理による相乗効果は判然としなかった。イブコナゾール銅水和剤はやや効果が低かった（図4，5）。

一昨年産の種子を用いた図4の試験では全体的に出芽数が少なく、温湯処理の強度が高いほど出芽数が減少した（図6）。前年産の種子を用いた図5の試験では全ての処理で出芽数は多く処理による影響はほぼ認められなかった。生育不良苗率は多くの処理で1～2%であったが、温湯+MO処理ではやや多かった（図7）。

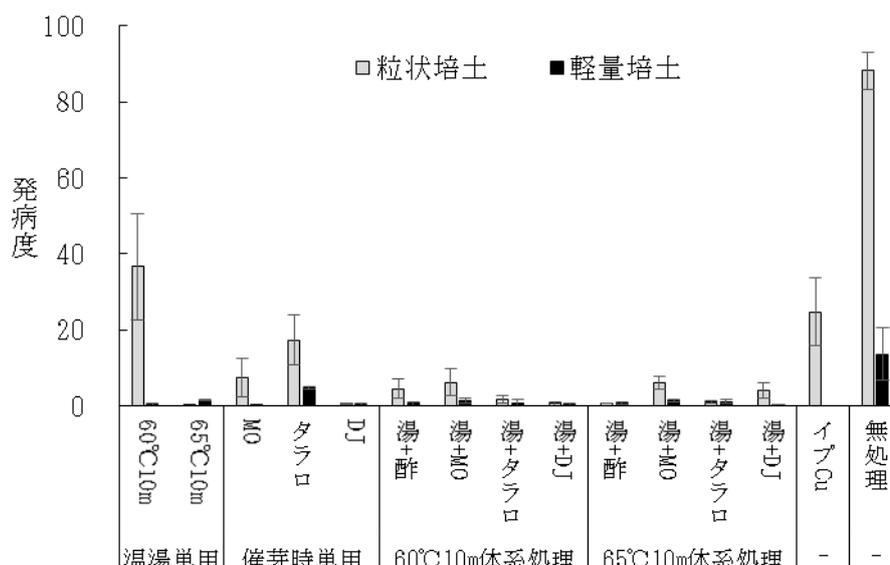


図4 各処理のもみ枯細菌病（苗腐敗症）に対する効果1

対象病害の発生状況：少～多 供試籾：令和元年産開花期接種籾3%を平成30年産健全籾に混和
 温湯処理および浸種前処理：10月7日 浸種：10月8日～13日15°C 催芽：10月13～14日32°C24時間
 播種：10月14日 出芽：10月14～16日32°C 以降はガラスハウスで通常管理 調査：11月5日（播種22日後）

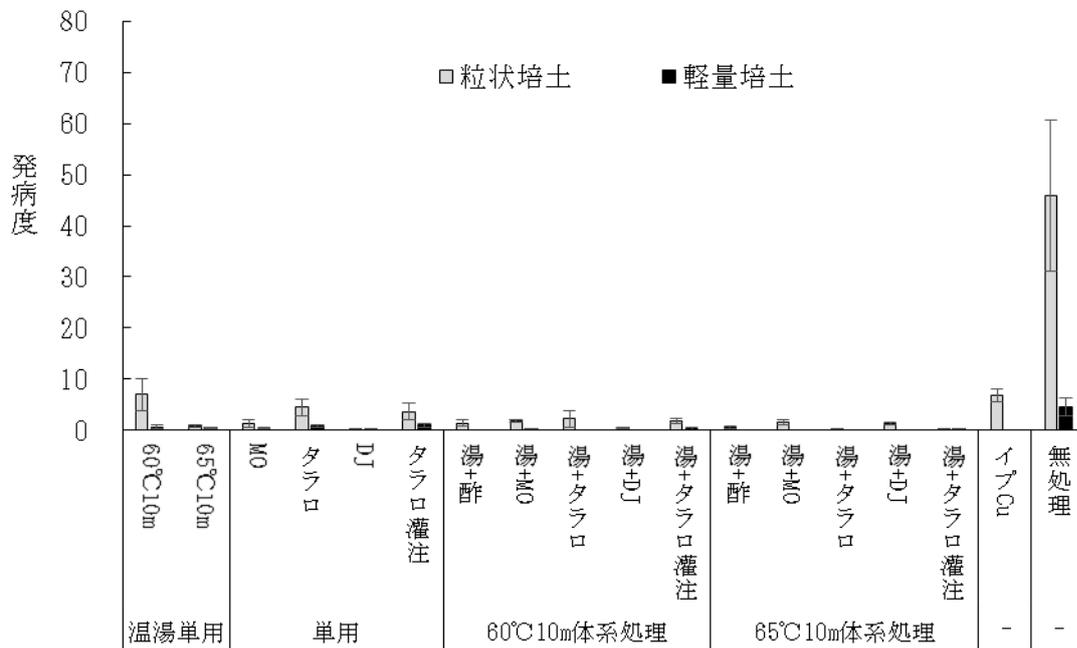


図5 各処理のもみ枯細菌病（苗腐敗症）に対する効果2

対象病害の発生状況：少～中 供試籾：令和元年産開花期接種籾 3%を令和元年産健全籾に混和
 温湯処理および浸種前処理：11月17日 浸種：11月18日～24日 15°C 催芽：11月24～25日 32°C 24時間
 播種：11月25日 出芽：11月25～27日 32°C 緑化：11月27～30日 25°C
 以降はガラスハウスで通常管理 調査：12月14日（播種日19後）

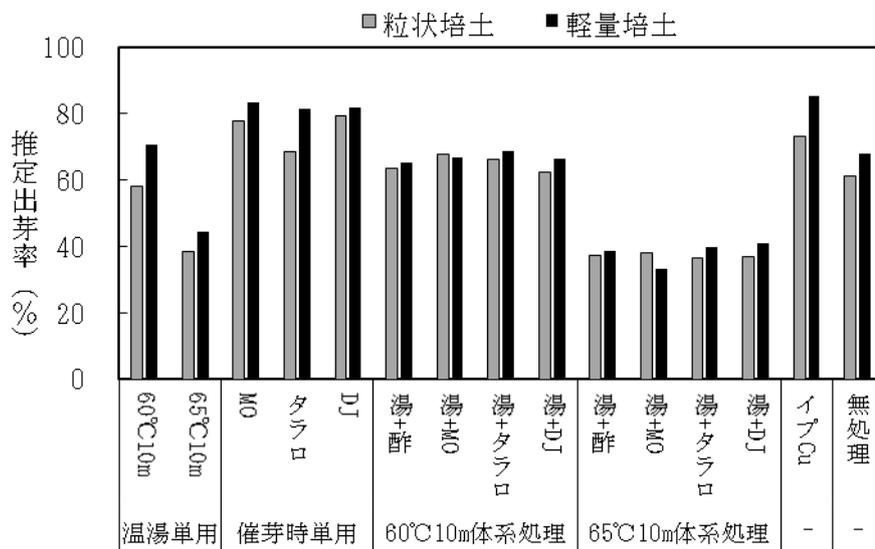


図6 各処理の苗の生育に与える影響1（図4の苗を調査）

カップ毎に出芽数を測定した。推定出芽率＝出芽数/310×100

- (3) ばか苗病に対しては、温湯処理と催芽時処理（醸造酢液剤、M0、タラロマイセス、DJ）の体系防除では明らかな相乗効果があり、イプコナゾール銅水和剤と比較するとやや劣る～ほぼ同等の高い効果が認められた。また、事前乾燥 65°C10 分処理による体系処理と 60°C10 分処理による体系処理の比較では、いずれの体系処理でもほぼ同等の高い効果が認められた。以上のことから、体系処理をする場合は 60°C10 分処理で十分高い効果が得られると考えられた。一方、苗腐敗症に対しては、いずれの体系処理においても高い効果は認められたものの、各単用処理においても効果が高く、体系処理による防除効果の向上については判然としなかった。
- (4) 軽量培土は粒状培土と比較してばか苗病、苗腐敗症の発病に対して抑制的に作用し、特に苗腐敗症に対しては発病抑制効果が高かった。一方で、生物農薬の場合は軽量培土の方が粒状培土よりばか苗病の発病が多くなった。また、苗腐敗症においてはタラロマイセス処理で比較すると粒状培土より軽量培土で発病は少なくなっているが、各培土ごとの防除価は軽量培土で低下する傾向であった。軽量培土は培土に含まれる微生物相が多様性に富むため、病原菌の増殖に抑制的に作用することが報告されている。このため、同様に生物農薬の有効成分の増殖に対しても抑制的に作用して防除効果を低下させている可能性がある。
- (5) 本田でのばか苗病の枯死株率は、温湯処理または DJ の単用では効果が低かったが、いずれの温湯処理条件でも DJ と体系処理することでイプコナゾール銅水和剤と同等の効果が得られた。育苗期の徒長苗数と本田の枯死株率での各処理の防除価を比較すると、全ての処理で育苗期より本田で防除価が低下した。温湯処理、DJ の単用および銀水和剤では顕著な低下であったが、体系処理ではイプコナゾール銅水和剤と同等の効果が維持されていた。このことから、体系処理により防除効果が長期にわたって維持されていると考えられた。
- (6) ばか苗病の本田の発病に対するセルトレイによる簡易調査法では、出穂期前後の調査において圃場調査と比較してセルトレイでは枯死株率はほぼ同等からやや少なく、徒長株は多かった。セルトレイ栽培はガラスハウスで底面かけ流し栽培をしたため、圃場の湛水栽培と比較して種子由来の菌が死滅しづらく徒長株数が増加したと考えられた。
- セルトレイでは圃場と比較して、湯 65+DJ および無処理では枯死株率が少なかった。ただし、徒長株数は多かったことから、観察期間をさらに延長することにより枯死株率を増加させることが可能であると考えられた。一方、銀水和剤はセルトレイで枯死株率および徒長株数が明らかに少なかった。セルトレイ栽培では出穂期の草丈は健全株で 40 cm 未満であり、圃場と比較すると極めて小さい。また根域も制限されるため、種子消毒剤の残効が助長される可能性がある。圃場とセルトレイの枯死株率には相関関係が見られたことから、簡易調査法として利用できる可能性はあるが、実用性を高めるためには調査時期、栽培方法等を改善する必要があると考えられた。

5. 今後の課題

苗いもち、苗立枯細菌病、褐条病等の種子伝染性病害への体系処理の効果は未確認であり、生産現場における普及性を高めるためには、今後これらの病害に対する防除効果について検討する必要がある。

6. 要約

温湯処理と催芽時処理（醸造酢液剤、MO、タラロマイセス、DJ）の体系防除は、ばか苗病に対して明らかな相乗効果があり、イプコナゾール銅水和剤と比較するとほぼ同等～やや劣る程度の高い効果が認められた。また、事前乾燥 65°C10 分処理または 60°C10 分処理による体系処理の比較では、いずれの体系処理でもほぼ同等の高い効果が認められた。前年産の種子を用いて処理する場合は問題ないが、2 年以上前の種子を使用する場合は事前に発芽率の調査等が必要と思われた。軽量培土は粒状培土と比較してばか苗病、苗腐敗症の発病に対して抑制的に作用し、特に苗腐敗症に対しては発病抑制効果が高かったが、生物農薬の場合は軽量培土の方が粒状培土よりばか苗病の発病が多くなった。本田でのばか苗病に対して温湯処理または DJ の単用では効果は低かったが、いずれの温湯処理条件でも DJ と体系処理することでイプコナゾール銅水和剤と同等の効果が得られた。本田のばか苗病のセルトレイによる簡易調査法の有効性は認められたが、調査時期や栽培方法等の改善が必要と考えられた。

7. 成果の公表及び特許

- ・「温湯処理と生物農薬の体系処理による水稻種子伝染性病害への効果」長野県の普及技術として公表予定
- ・上記の成果を令和 4 年度長野県農作物病害虫・雑草防除基準に記載予定
- ・関東東山病害虫研究会報（第 68 集）へ投稿予定

(様式1)

病害虫の効率的防除体制の再編委託事業

減農薬栽培に対応した水稻の種子伝染性病害に対する防除体系の確立(4)

～ばか苗病菌保菌籾の高感度・効率的な検出法の確立～

内田 英史、中島 宏和

長野県農業試験場

[〒382-0072 長野県須坂市小河原 492]

1. 調査背景と目的

近年、水稻の温湯消毒処理などの減農薬栽培の普及に伴い、ばか苗病、もみ枯細菌病、いもち病などの種子伝染性病害の被害が全国的に問題になっている。これらの種子伝染性病害の防除技術を確立するには、種子や本田での病原菌の汚染実態や発病リスクを把握することが重要となる。そこで、文献等を参考にPCR法や選択培地を用いた原因菌の検出・診断技術の実用性を調査し、本田での病害診断や種子での検出を行う際の作業手順を取りまとめる。なお、参画機関間では情報の共有や試験材料を融通するなどの連携体制をとり潤滑な試験の実施をおこなっていく。

2. 調査方法

(1) 混合籾からのばか苗病菌の検出

1) 検討に用いた籾：①減圧接種籾(2018年産コシヒカリ、接種濃度 4×10^6 spore/ml)

②自然感染籾(2018年産 コシヒカリ 長野県農業試験場内で採種
感染籾率90%以上)

汚染籾混和率1%での検出を目標として健全籾(温湯消毒籾)40g(約1500粒)に上記の籾を混和率0.7%、0.07%となるよう混和し以下の方法でばか苗病菌をPCRで検出できるか検討した。

2) 磨砕による検討：小型超高速粉砕機：wonder blender WB-1(大阪ケミカル株式会社)を用いて籾を20秒間粉砕後、粉砕した籾0.1gをキアゲン社のDNeasy Plant Mini Kitを用いてDNAを抽出しPCRに供した。

3) 液体培地を用いた検討：50mlの液体駒田培地で振とう培養器を用いて25°C、100rpmで数日間培養(1, 2, 3, 5, 7日間)した。1mlの培養液を遠心後上清を除去し残ったペレットからキアゲン社のDNeasy Plant Mini Kitを用いてDNAを抽出しPCRに供した。

PCR試薬は、KOD One (TOYOBO)を使用し、PCR条件は98°C/10秒→60°C/10秒→68°C/10秒(35サイクル)で行った。プライマーについては海外で報告されているTranslation Elongation Factor 1 α (TEF-1 α)遺伝子を標的に設計されたBknF2/BknR4を用いて評価した。

Internal controlとしては、糸状菌共通プライマー(NS1/NS2 primers; White et al. 1990 : 一昨年度評価済み)を用いた。

(様式 1)

(2) ばか苗病菌の生菌のみを検出できるような方法の検討

- 1) タカラ社の EMA(ethidium monoazide) を用いて染色体にインターカレートする化合物の利用と PCR を組み合わせた検出方法 (ターゲットの遺伝子としては P450-3 や従来ばか苗病菌の検出に用いた TEF1 を検出する Bkn プライマーを候補とする)

※EMA は死菌では細胞壁が破壊されているので EMA が細胞壁を透過し DNA にインターカレートするため EMA 処理後に抽出した DNA は PCR がかからない。一方、生菌では EMA が細胞壁を透過できないため EMA 処理後に抽出した DNA は PCR がかかる。この EMA 処理と PCR を組み合わせて死菌、生菌の判別を行う。

- 2) ばか苗病菌から RNA を抽出しリアルタイム PCR により検出する方法

(死菌では RNA が分解あるいは転写が起きないため生菌由来の RNA との検出量の差がでることを想定)

以上の二つの方法で検討した。

上記の検出方法を検討する際に用いたサンプルは生菌についてはばか苗病菌を液体駒田培地で 25°C 2 週間培養したものを、死菌については同様にばか苗病菌を液体駒田培地で培養した後 65°C 15 分で加熱することで死滅させたものを用意しそれぞれから DNA もしくは RNA を抽出し上記の各種の方法の検討用のサンプルとした。加熱処理したサンプル (死菌サンプル) については、一部を駒田培地のプレート上で増殖しないことを確認し、未加熱サンプル (生菌サンプル) については同様に駒田培地上で増殖してくることを確認した。

リアルタイム PCR でデータを収集した際に用いたプライマーとしては先に述べた NS、Bkn に加えジベレリン合成遺伝子クラスターの一部である P450-3 のプライマー、FUB (ユビキチン合成関連遺伝子(FUB1) : *S. Janyvdka et al.* 2018) のプライマーを用いてリアルタイム PCR で Ct 値を得た。得られた Ct 値は細胞内で安定的に発現している FUB を内在性コントロールとして (サンプル間でのアプライした RNA 量のばらつきを補正するため) $\Delta \Delta Ct$ 法により相対定量値を算出した。

$\Delta Ct = \text{ターゲット遺伝子 Ct 値 (NS or Bkn or P450-3)} - \text{内在性コントロール Ct 値 (FUB)}$

$\Delta \Delta Ct = \Delta Ct (\text{死菌}) - \Delta Ct (\text{生菌})$ または $\Delta \Delta Ct = \Delta Ct (\text{生菌}) - \Delta Ct (\text{生菌})$

得られた $\Delta \Delta Ct$ を $2^{(-\Delta \Delta Ct)}$ にあてはめてコピー数 (発現量) の比較を行う

3. 調査結果

(1) ばか苗病菌感染混合粳からのばか苗病菌の検出

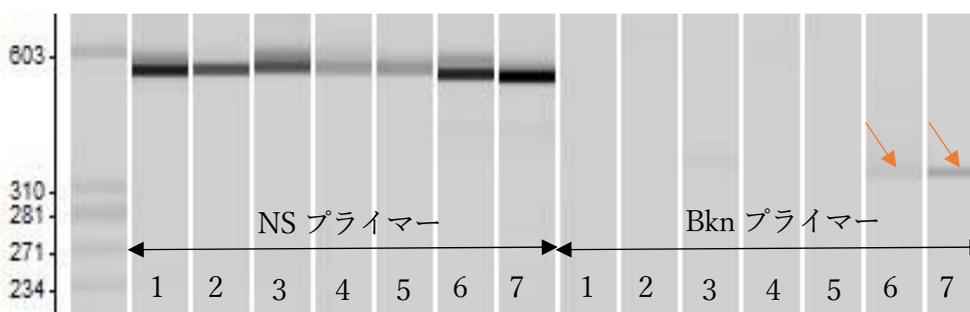
- 1) 健全粳 40g (約 1500 粒) に減圧接種粳 10 粒を混和して感染粳混和率 0.7% とした混合粳を小型超高速粉碎で粳を粉碎後、粉碎した粳 0.1 g をキアゲン社の DNeasy Plant Mini Kit を用いて DNA を抽出し PCR に供した。プライマーは糸状菌検出を検出する NS、ばか苗病菌を検出する Bkn プライマーを用いた。NS のバンドは確認できたもののばか苗病菌を検出する Bkn のバンドは確認す

(様式 1)

ることができなかった。

2) 健全籾 40g (約 1500 粒) に減圧接種籾 10 粒を混和し感染籾混和率 0.7%とした混合籾を 50ml の液体駒田培地で数日間培養 (1, 2, 3, 5, 7 日間) し 1ml の培養液からキアゲン社の DNeasy Plant Mini Kit を用いて DNA を抽出し PCR に供した。プライマーは糸状菌検出を検出する NS, ばか苗病菌を検出する Bkn プライマーを用いた。

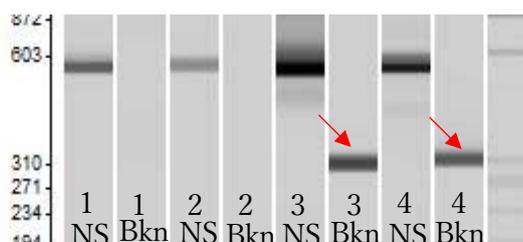
No	サンプル名	プライマー	
		NS	Bkn
1	健全籾のみ 3日間培養	+	-
2	健全籾のみ 7日間培養	+	-
3	減圧接種籾 混合率0.7% 1日間培養	+	-
4	減圧接種籾 混合率0.7% 2日間培養	+	-
5	減圧接種籾 混合率0.7% 3日間培養	+	-
6	減圧接種籾 混合率0.7% 5日間培養	+	+
7	減圧接種籾 混合率0.7% 7日間培養	+	+



NS プライマーではいずれのサンプルにおいてもバンドが確認された。Bkn プライマーにおいては培養 5 日間以上のサンプルにおいてばか苗病菌を検出することができた。

3) 感染籾混和率 0.7%では液体駒田培地で 5 日間以上培養することによりばか苗病菌を検出することが可能であることが判明したのでより低い混和率 (0.07%) でも検出できるか検討した。

No	サンプル名	プライマー	
		NS	Bkn
1	健全籾のみ 3日間培養	+	-
2	健全籾のみ 7日間培養	+	-
3	減圧接種籾 混合率0.07% 5日間培養	+	+
4	減圧接種籾 混合率0.07% 7日間培養	+	+



その結果、NS プライマーではいずれのサンプルにおいてもバンドが確認され、Bkn プライマーにおいては培養 5 日間、7 日間いずれの培養日数のサンプルにおいてもばか苗病菌を検出することがで

(様式1)

きた。

4) 感染糞として自然感染糞を用いて健全糞との混和率 0.7%、0.07%として液体駒田培地で5日間、7日間培養で同様に検討をおこなった。しかし、DNA抽出後のPCRではNSプライマーではバンドが確認されたものの Bkn を用いたプライマーでは増幅バンドは確認できなかった(データ省略)。

(2) ばか苗病菌の検出に際し生菌のみを検出できるような方法を以下の2通りの方法で検討した。

1) 熱処理を施した死菌、未処理の生菌それぞれの培養液にEMA処理をした。生菌、死菌いずれのサンプルにおいてもPCRがかかってしまいEMA処理がうまくいっていないことが分かった。

2) ばか苗病菌からRNAを抽出しリアルタイムPCRにより検出する方法

調査方法の項で述べた方法により各サンプルのCt値及び相対定量値($\Delta\Delta Ct$ 値)が算出された(表1、表2)。

NSについては死菌では生菌に比べて相対定量値が下がっていたものの、Bkn、P450-3については生菌より死菌の方が相対定量値大きい結果になった。

表1：リアルタイムPCRにより得られた各ターゲットのCt値

加熱後直ちに抽出した場合

使用プライマー	FUB	NS	Bkn	P450-3
生菌(未処理)	23.64	22.60	27.86	26.45
死菌(加熱処理)	26.08	28.72	26.39	26.68

加熱後24時間後に抽出した場合

使用プライマー	FUB	NS	Bkn	P450-3
生菌(未処理)	21.42	13.63	24.30	24.20
死菌(加熱処理)	26.20	22.52	25.44	27.16

表2： $\Delta\Delta Ct$ 法により求められた発現量

加熱後直ちに抽出した場合

使用プライマー	NS	Bkn	P450-3
生菌(未処理)	1.00	1.00	1.00
死菌(加熱処理)	0.08	14.98	4.62

加熱後24時間後に抽出した場合

使用プライマー	NS	Bkn	P450-3
生菌(未処理)	1.00	1.00	1.00
死菌(加熱処理)	0.06	12.47	3.53

(様式 1)

4. 考察

減圧接種糞を用いた検討では混合率 0.1%以下でも液体駒田培地で 5 日以上培養することにより PCR でばか苗病菌を検出可能であることが分かった。しかし、自然感染糞を用いた試験ではばか苗病菌を検出することはできなかつた。これは自然感染糞に付着しているばか苗病菌が減圧接種糞に比べて少ないことが推測される。よって、自然感染糞での検出を可能とするためには糞に付着したばか苗病菌の培養条件（培地の種類、培養期間、温度、振とう速度等）、PCR の条件（サイクル数を増やす、PCR 試薬の変更等）の 2 つの要素を検討していく必要があると思われた。

死菌・生菌判別は EMA と PCR を組み合わせた方法では不可能であることが分かった。

また、リアルタイム PCR を用いた方法では、生菌より死菌の相対定量値が低い（＝RNA 量が少ない）ことを想定していたが、Bkn と P450-3 では想定に反して生菌より大きい結果となった。NS では生菌より死菌の相対定量値が低い結果となった。これは NS プライマーの template となる ribosomal RNA は加熱による劣化や分解が起きやすいが、Bkn の template となる TEF1a や P450-3 の RNA は加熱後も死菌内で安定的に残存する可能性があるためと考えられる。

5. 今後の課題

今後の検討課題としては、自然感染糞からの検出である。

①培養条件の検討

②PCR の条件検討

以上の 2 つの要素について更なる検討が必要である。そして、PCR での検出限界についても詳細に調査を行う必要があると思われた。

6. 要約

感染糞として減圧接種糞を用いた健全糞との混合糞では、混合糞を最低 5 日間液体駒田培地で培養し培養液から抽出した DNA を template し PCR を行うことで感染糞の混和率 0.1%以下まで検出することが可能であることが分かった。しかし、自然感染糞を用いた培養液から抽出した DNA からはばか苗病菌を検出することはできなかつた。また、ばか苗病菌の生菌のみを検出する方法の確立にはより多くのデータを取得し検証する必要があると思われた。

7. 成果の公表及び特許

予定はない。

(様式 1)

病害虫の効率的防除体制の再編委託事業

ダイズ害虫のウコンノメイガに対する フェロモンを用いた発生予察技術の確立 (1)

氏 名：渋谷和樹、遠藤信幸、竹内博昭

所 属：農研機構中央農業研究センター北陸研究拠点

[〒943-0193 新潟県上越市稲田1-2-1]

1. 調査背景と目的

多くの害虫種において、合成フェロモンを用いた発生予察が行われている。ウコンノメイガのフェロモン成分はすでに解明され、合成物による試験が行われてきたが、従来のSEトラップでは捕獲効率が悪いことから、発生予察には利用されていない。これまでの試験でトラップの形状をSE型から透明コーン型にすることで、合成フェロモントラップへの捕獲効率が改善することが明らかとなった(渋谷ら, 2019)。本年度は発生予察技術の確立を目的とし、透明コーン型のトラップによる成虫捕獲数と葉巻数の関係を解析した。加えて、ダイズの生育程度が成虫発生数に与える影響を調査するため、ダイズ草冠高およびダイズ圃場のNDVI値とトラップ捕獲数の関係を解析した。

2. 調査方法

1) トラップ捕獲数と葉巻数の調査・解析

ダイズ圃場内部にフェロモンルアーを取り付けた透明コーントラップを設置し、6月下旬から8月下旬までの捕獲数を1週間間隔で調査した。トラップの設置高は畝上30cmとした。加えて圃場に発生した葉巻数を7月中旬から8月下旬まで1週間間隔で調査した。葉巻数調査は畝2m×4区画/1圃場で行った。各県の3年分のデータをまとめ、トラップ捕獲数と葉巻数の関係を解析した。

2) ダイズ草冠高・NDVI値とトラップ捕獲数の関係

透明コーントラップを設置した圃場でダイズの草冠高とNDVI値を7月上旬から7月下旬まで1週間間隔で調査した。草冠高は各葉巻調査区画で平均的な生育をしているダイズ1本を測定し、各圃場についてダイズ4本の平均値を算出した。NDVI値の調査にはGreenSeeker Handheld crop sensor(株式会社ニコン・トリンプル、以下GHCS)を用い、長南ら(2019)を参考にして畝上測定、畝間測定、ワイプ法の3通りの測定を行った。畝上、畝間測定は歩きながらダイズ畝上、畝間を直線的に測定する方法であり、ワイプ法は歩きながら測定者の肩を中心としてGHCSを半円状に動かして測定する方法である。いずれの方法もGHCSを地上1mの高さに保持して10秒間測定を3回行い、平均値を算出した。草冠高とトラップ捕獲数の関係は各県の2年間のデータをまとめて、NDVI値とトラップ捕獲数の関係は北陸拠点の2年間のデータをまとめて解析した。

(様式1)

3. 調査結果

1) トラップ捕獲数と葉巻数の調査・解析

トラップ設置から7月第3, 4, 5, 6半旬までのトラップ捕獲数と調査年度を説明変数、畝2 m 当たりの最多葉巻数を応答変数とし、確率分布を擬似ポアソン分布とした一般化線形モデル (GLM) で解析を行った。その結果、いずれの半旬についても捕獲数が多くなると葉巻数が多くなる関係が認められた ($p < 0.01$, Wald test)。また、最多葉巻数には年次間差があり、2018年、2019年、2020年の順に多かった (図1)。

2) ダイズ草冠高・NDVI 値とトラップ捕獲数の関係

7月第1, 2, 3, 4, 5週の草冠高と調査年度を説明変数、7月中のトラップ総捕獲数を応答変数とし、確率分布を負の二項分布としたGLMで解析を行った。その結果、いずれの週についても草冠高が高いほど捕獲数が多くなる関係が認められた ($p < 0.01$, Wald test)。総捕獲数には年次間差が認められ、2019年より2020年のほうが多かった (図2)。

NDVI 値をワイプ法、畝上測定、畝間測定の各方法で測定した結果、ワイプ法、畝上測定では7月第3~4週、畝間測定では7月第5週に数値が飽和し、測定不可となった。測定可能だった週のNDVI 値と調査年度を説明変数、7月中のトラップ総捕獲数を応答変数とし、確率分布を擬似ポアソン分布としたGLMで解析を行った。その結果、ワイプ法と畝上測定では7月第2週、畝間測定では7月第3, 4週のNDVI 値が大きいほど捕獲数が多くなる関係が認められた ($p < 0.05$, Wald test)。また、年次間差も認められ、2019年より2020年の総捕獲数が多かった (図3, 4, 5)。

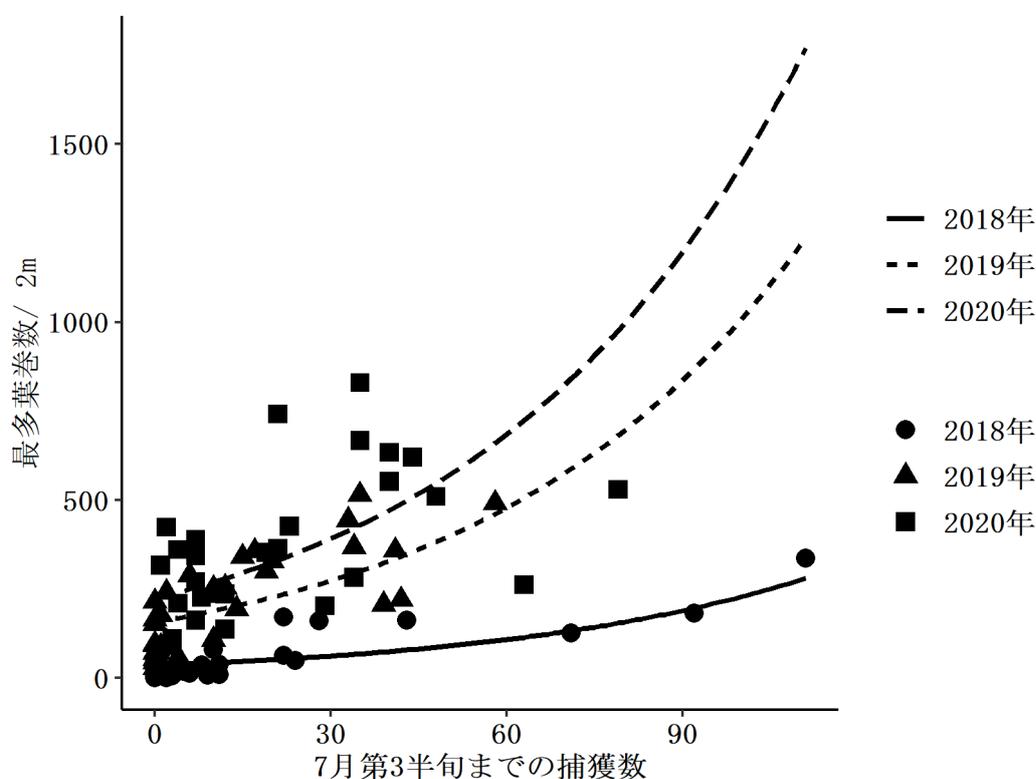


図1 7月第3半旬までの捕獲数と最多葉巻数の関係

(様式1)

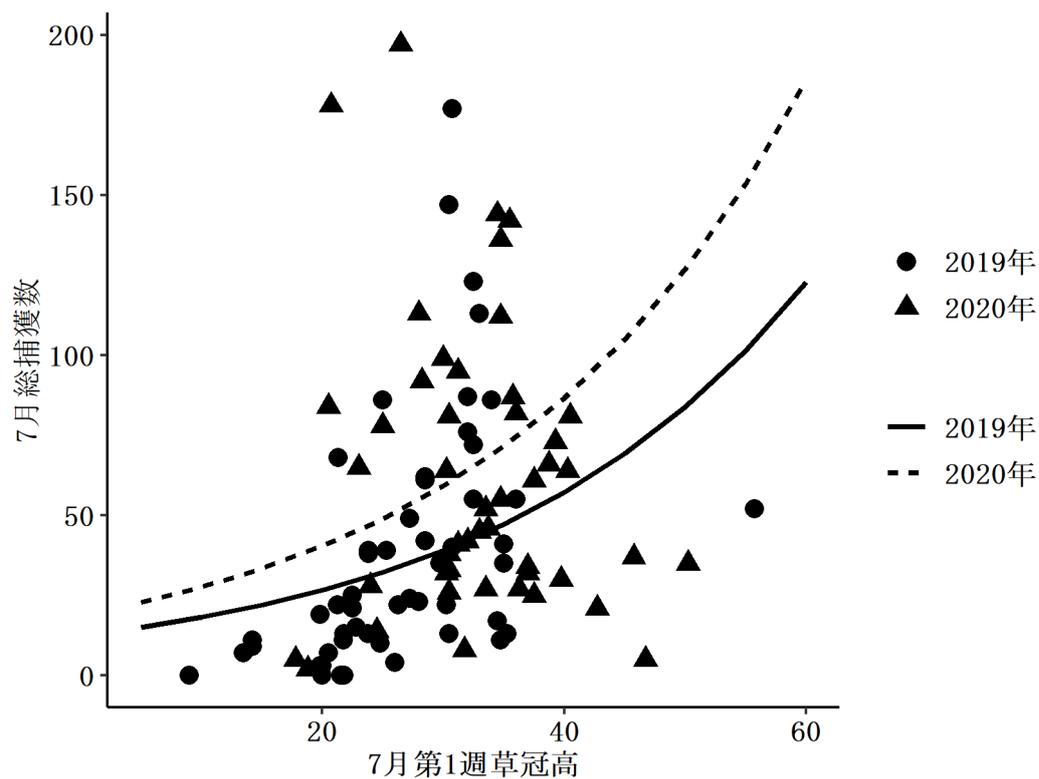


図2 7月第1週の草冠高と7月総捕獲数の関係

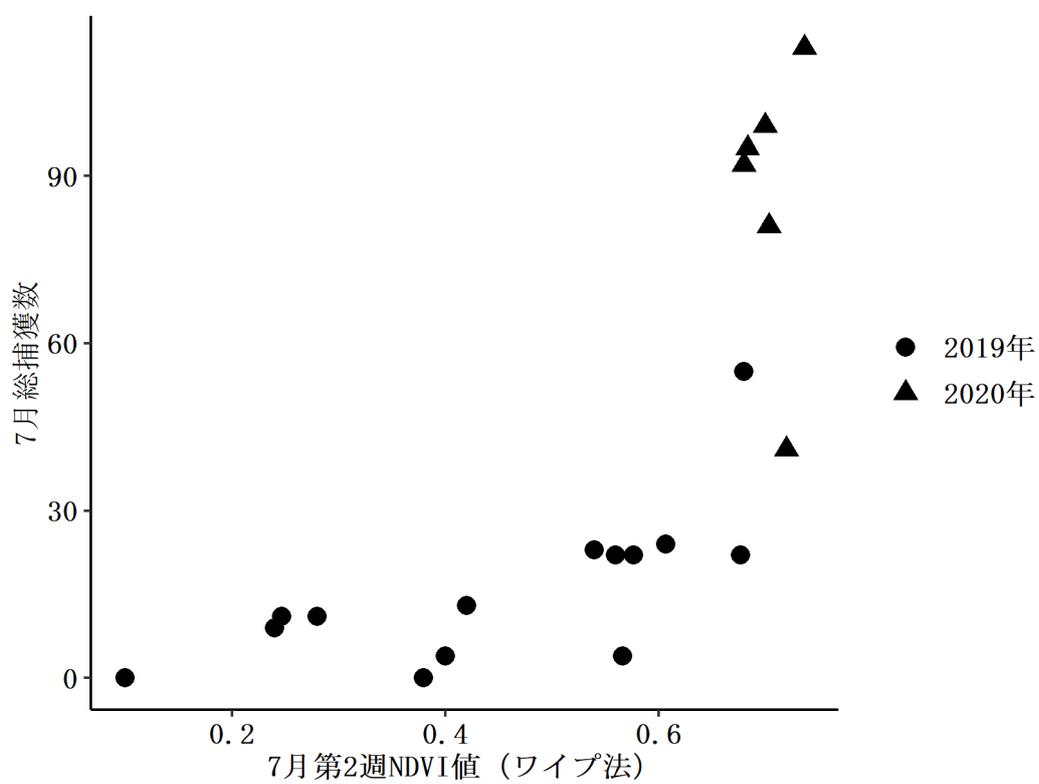


図3 7月第2週のNDVI値 (ワイプ法) と7月総捕獲数の関係

(様式1)

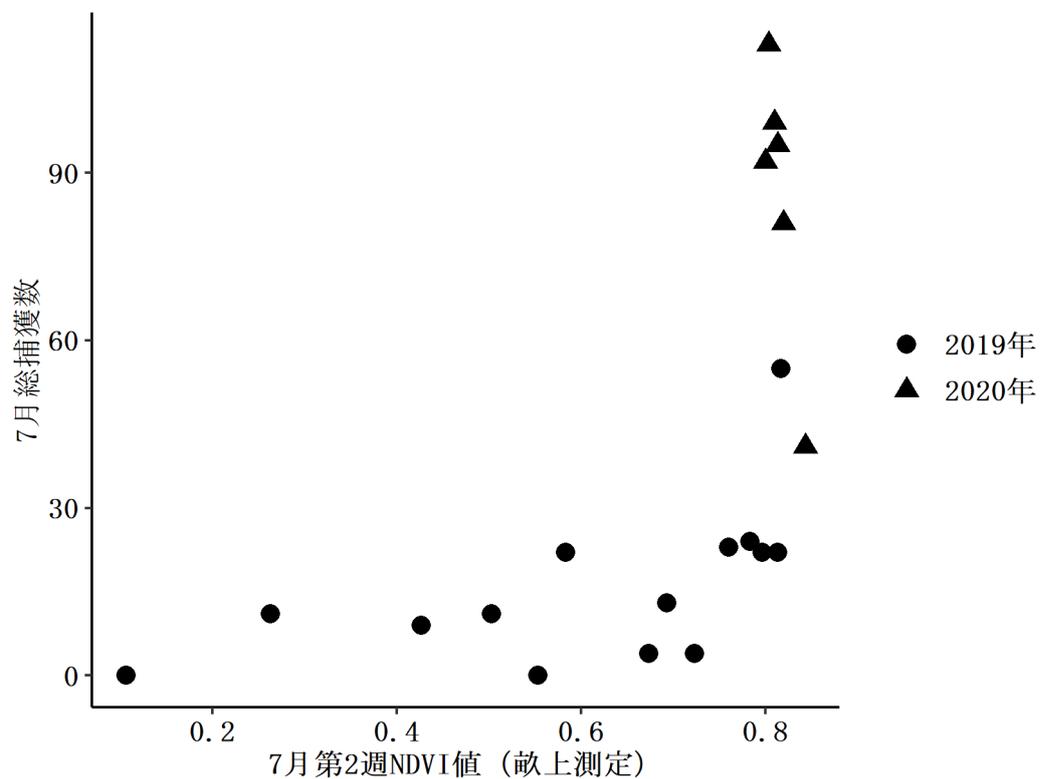


図4 7月第2週のNDVI値(畝上測定)と7月総捕獲数の関係

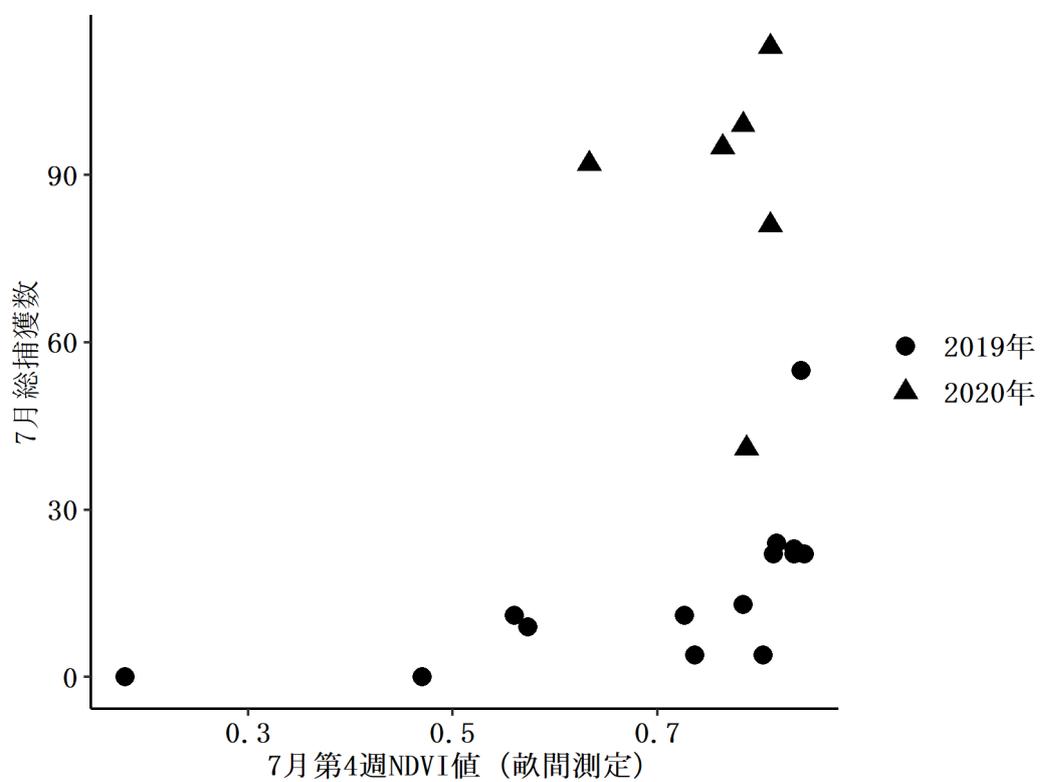


図5 7月第4週のNDVI値(畝間測定)と7月総捕獲数の関係

(様式1)

4. 考察

1) トラップ捕獲数と葉巻数の調査・解析

トラップ捕獲数と最多葉巻数の関係が示されたことから、透明コーントラップ捕獲数からその後の葉巻数を予測できると考えられた。しかし年次間差が大きいため、捕獲数の多少からその年における相対的な被害の大きさを予測することはできるが、防除要否の判断は難しい。

年次間差が生じる要因としては降水量が考えられる。幼虫が成育する時期である7月第4半旬～8月第1半旬の降水量が多いほど本種の発生面積が多くなると指摘されているため(石本・岩田、2017)、今回のデータについても降水量と葉巻数の関係を調査した。その結果、7月第3、4、5、6半旬降水量と最多葉巻数の間に高い正の相関関係が認められた($\rho=0.59\sim0.65$ 、 $p<0.01$ 、Spearmanの順位相関係数、図6)。この期間の降水量は2018年が平年比0.78%、2019年は57%、2020年は148%であった。相関が高いことから、7月3～6半旬降水量を被害予測の指標にできる可能性がある。因果関係についてはより詳細な調査が必要だが、少雨による低湿度は幼虫の生存に適さないと推測される。

2) ダイズ草冠高・NDVI値とトラップ捕獲数の関係

草冠高やNDVI値が高いほどトラップ捕獲数が多くなった。この結果は生育旺盛なダイズ圃場に本種の発生が多いという知見(田村・山内、1958)と一致する。このことから、ダイズ圃場の草冠高やNDVI値を調査することで本種の侵入リスクの高い圃場を判断できると考えられた。また、測定法によってNDVI値と捕獲数の関係が示される時期が異なり、ワイブ法と畝上測定は畝間測定よりも早く関係が示された。このことから、NDVI値による侵入リスク判断にはワイブ法と畝上測定が適していると考えられた。

捕獲数には年次間差があり、同程度の草冠高・NDVI値の圃場であっても2019年より2020年の捕獲数のほうが多かった。過去の報告では消雪日が遅いと本種の発生量が減少すると指摘されていることから(石本・岩田、2017)、降雪量や積雪日数が年次間差の要因と予想し、2018～2020年の3年間について1～3月の降雪量および積雪日数(最深積雪が1cm以上の日数)と捕獲数の相関関係を調査した。その結果、1、2月の降雪量と捕獲数の間には弱い負の相関関係が認められた($\rho=-0.31\sim-0.36$ 、 $p<0.01$ 、Spearmanの順位相関係数、図7)。この期間の降雪量は2018年が平年比139%、2019年が37%、2020年が12%だった。また、積雪日数と捕獲数の間にも弱い負の相関が認められた($\rho=-0.26$ 、 $p<0.01$ 、Spearmanの順位相関係数)。相関が弱いと被害予測の指標には適さないが、長期または多量の積雪が休眠幼虫の生存率を低下させ、成虫発生量を減少させると推測される。

(様式1)

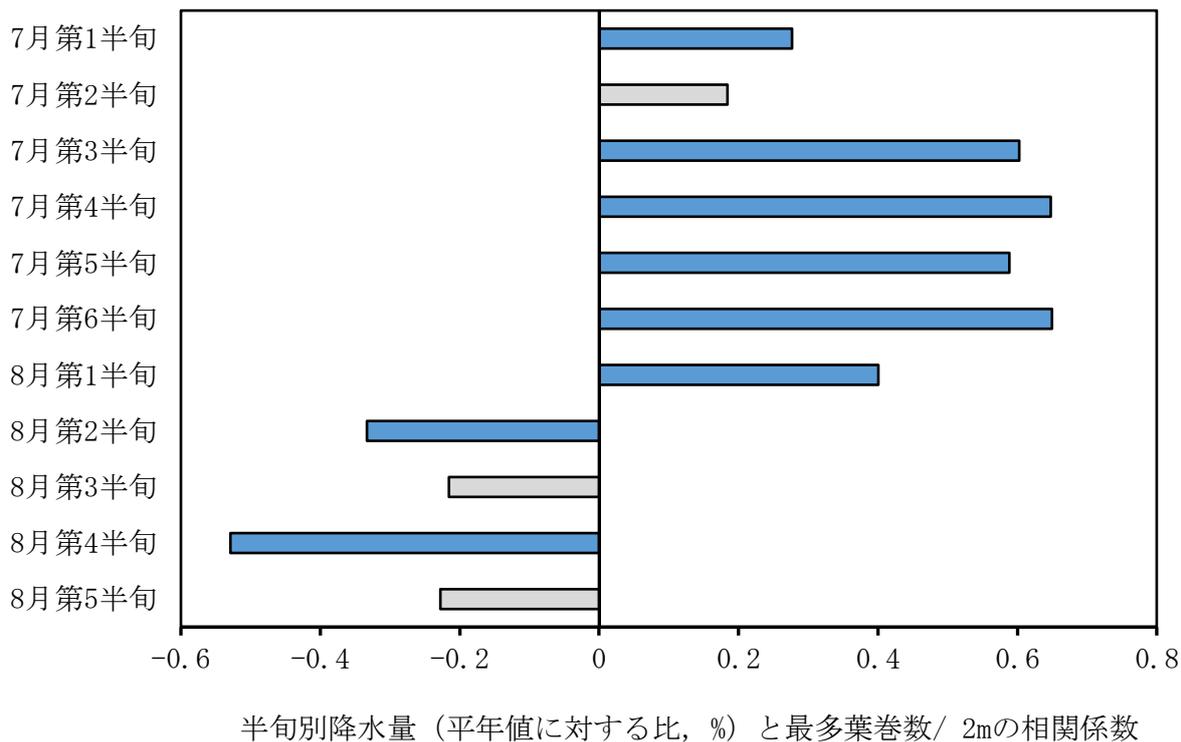


図6 降水量と最多葉巻数の相関関係 (青いバーは相関係数が有意であることを示す)

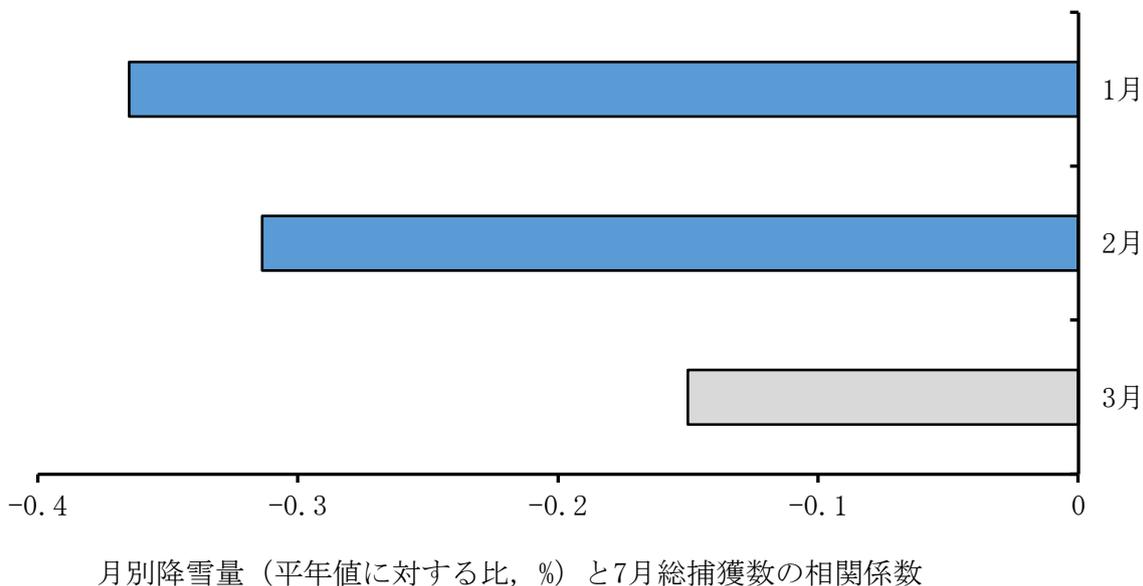


図7 降雪量と捕獲数の相関関係 (青いバーは相関係数が有意であることを示す)

(様式1)

5. 今後の課題

湿度条件が幼虫の成育に与える影響の調査

降雪量や積雪日数が休眠幼虫の生存率に与える影響の調査

発生量に地域間差が生じる要因の調査

品種による発生量の違いがあるのか否か

6. 要約

透明コーントラップの捕獲数と最多葉巻数の関係を調査した結果、捕獲数が多くなるほど葉巻数が増える関係が示された。また、ダイズ圃場の草冠高・NDVI 値が高くなるほどトラップ捕獲数が増える関係も示された。これらの結果から、透明コーントラップ捕獲数、草冠高、NDVI 値をウコンノメイガ発生リスクの高い圃場の判断に使えると考えられた。

本種の発生量には顕著な年次間差が認められた。これには降水量、降雪量、積雪日数といった気象条件が影響していると考えられ、7月3～6半旬降水量を本種の被害予測に使える可能性がある。

7. 成果の公表及び特許

第65回日本応用動物昆虫学会大会にて発表予定。

(様式1)

病害虫の効率的防除体制の再編委託事業

ダイズ害虫のウコンノメイガに対する フェロモンを用いた発生予察技術の確立(2)

氏名 岩田 大介、高橋 和大

所属 新潟県農業総合研究所作物研究センター

[〒948-0826 住所 新潟県長岡市長倉町 587]

1. 調査背景と目的

ウコンノメイガは、フェロモン成分が解明されている(望月ら, 2009)。しかしフェロモントラップは、従来のSEトラップでは誘殺効率が低く、本種の発生予察に利用されていない。フェロモントラップの誘殺効率は、トラップの形状をSE型から透明コーン型にすることで改善することが近年明らかになった(渋谷ら, 2018)。そこで本課題は、透明コーントラップを用いたウコンノメイガの発生予察技術の開発を目的とする。

2. 調査方法

1) フェロモントラップ調査

新潟県内のダイズ圃場にフェロモンルアーを取り付けた透明コーントラップ(以下PT)を圃場中央部に設置し、6月下旬から8月下旬まで1週間間隔で誘殺数を調査した。設置高(畝上面からトラップ底面までの距離)は30cmで固定した。

調査地区および調査圃場は、2018年は2地区・12圃場、2019年は3地区・18圃場、2020年は2地区・12圃場とし、延べ4地区・42圃場を調査した。

2) 叩き出し調査

PT調査圃場で6月下旬から8月下旬まで1週間間隔で、歩く距離が100mになるまで畝間を歩きながら両脇の畝のダイズ草冠を叩き、飛び出した成虫を計数した。

3) 葉巻(被害葉)調査

PT調査圃場で、7月上旬から8月下旬まで1週間間隔で、1圃場4か所について畝2mの範囲にあるダイズの葉巻数を計数した。

4) 幼虫、卵、蛹調査

A地区のPT調査圃場の中から、2~3圃場を抽出し、7月上旬から8月下旬まで1週間間隔で、1圃場当たりダイズ10個体を抜き取って卵、幼虫、蛹数を調査した。

5) 草冠高調査

2018年、2019年に葉巻調査をする畝2m間で、6月下旬から8月下旬まで1週間間隔で、中庸と思われるダイズ個体の草冠高を測定した。

(様式1)

表 調査したダイズ圃場の耕種概要(2018年～2020年)

年次	調査地区	略称	調査圃場数		圃場面積	播種日	開花期	ウコン ノメイガ 防除
			里の ほほえみ	エンレイ				
2018年	長岡市越路地区中沢	A地区	1	5	25～40a, 140a	5/27～6/2	7/20～25	なし
	西蒲区岩室高畑	B地区	4	2	30～140a	5/22～6/5	7/18～31	なし
2019年	長岡市越路地区中沢	A地区	0	6	20～55a	5/30～6/4	7/19～26	なし
	柏崎市藤井	C地区	6	0	20～40a	6/5, 6	7/26	なし
	長岡市中之島地区興野	D地区	6	0	60～110a	6/5, 6	7/28	なし
2020年	長岡市越路地区中沢	A地区	0	6	25～35a	5/28～6/3	7/17～20	なし
	柏崎市藤井	C地区	6	0	20～40a	6/4, 5	7/25, 26	2筆あり

3. 調査結果

1) 成虫のモニタリングにおけるフェロモントラップの有効性

- ・ウコンノメイガは、極少発生圃場でも、透明コーントラップにより複数頭誘殺された(図1左上)。PT誘殺数の推移は、8月上旬までは、叩き出し成虫の推移と概ね一致した(図1)。
- ・A地区のPT誘殺数のピークは、2018年では7月中旬、2019年では7月下旬から8月上旬、2020年では7月下旬であり、越冬世代の発生消長は年次によって異なった(図2)。

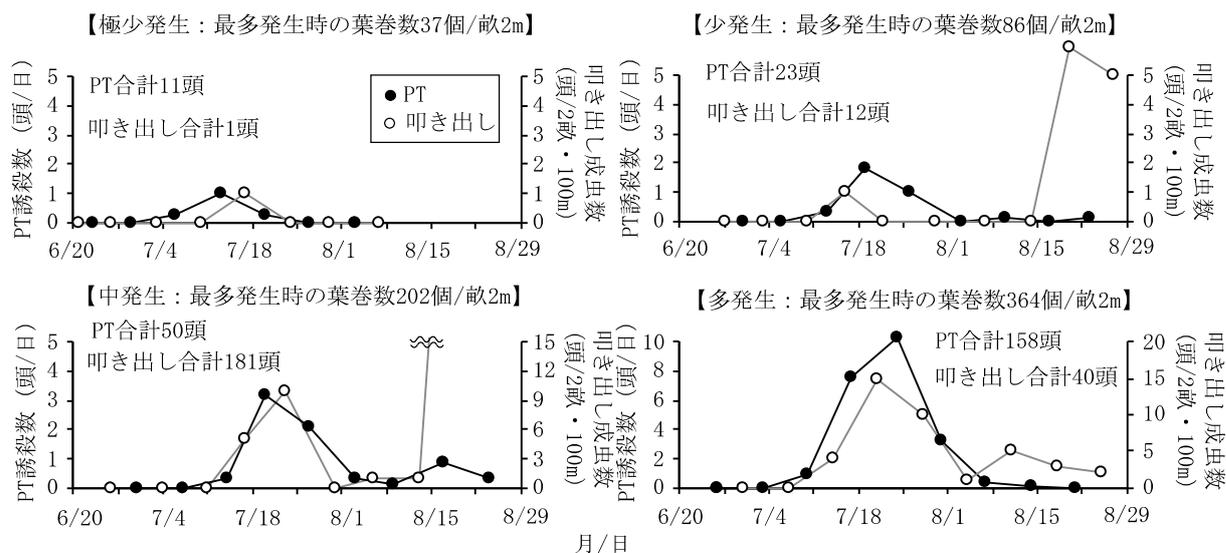


図1 フェロモントラップ誘殺数および叩き出し成虫数の推移

注) 誘殺日は誘殺期間の中間日。極少発生圃場：2018年B地区(里のほほえみ)、少発生圃場：2019年D地区(里のほほえみ)中発生圃場：2019年C地区(里のほほえみ)、多発生圃場：2019年A地区(エンレイ)

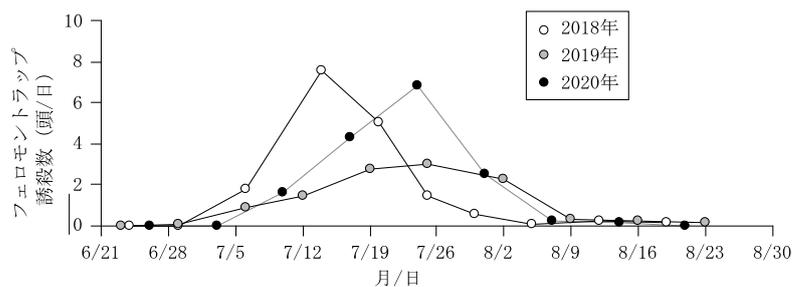


図2 年次によるフェロモントラップ誘殺数の推移

注) A地区。誘殺数は平均値 (n = 6)。誘殺日は誘殺期間の中間日。

(様式1)

2) フェロモントラップ誘殺数と葉巻(被害)数の関係

- PT 総誘殺数と最多発生時の葉巻数(個/2m)の間に、2018、2019 年は正の関係が認められ($p < 0.001$)、2020 年は相関関係が認められなかった(図3)。PT 誘殺数と葉巻(被害葉)数の関係は、年次により変動した。
- 2018 年と 2019 年について、7 月第 4 半旬までの PT 誘殺数と最多発生時の葉巻数の関係を単回帰分析したところ、決定係数は 2018 年が 0.83、2019 年が 0.65 であった(図4)。

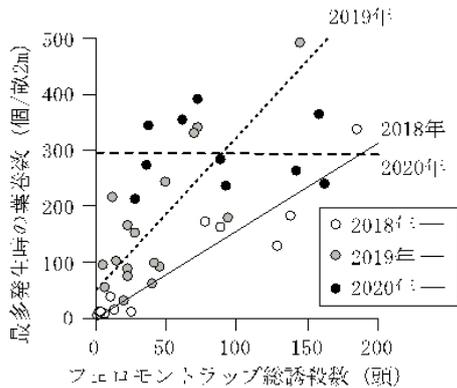


図3 フェロモントラップ総誘殺数と最多発生時の葉巻数の関係

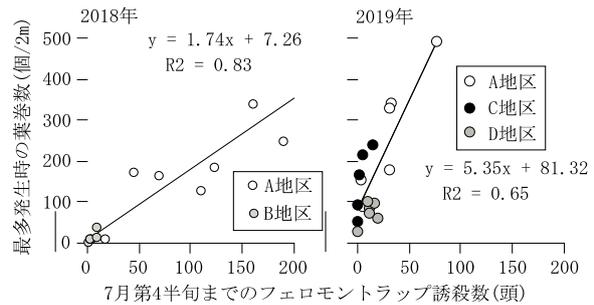


図4 7月第4半旬までのフェロモントラップ誘殺数と最多発生時の葉巻数の関係

3) ウコンノメイガの発生に影響を与える要因の解析

- ダイズ草冠高とフェロモントラップ誘殺数の間に、7 月中旬から下旬では、正の相関関係が認められた(図5)。7 月上旬や8 月上旬では、有意な関係は認められなかった。
- ウコンノメイガの密度は、2018 年では生育ステージが進むにしたがって減少し、2019 年、2020 年では、卵から老齢幼虫まで概ね横ばいであった(図6)。
- 2018 年は7 月の降雨が極めて少なかった(データ略)。また、ウコンノメイガの多〜甚発生面積は、幼虫発生期の降雨日数(図7)や北陸地方の梅雨明け日 ($\rho = 0.55$ 、 $p < 0.05$) との間に正の相関関係が認められた。

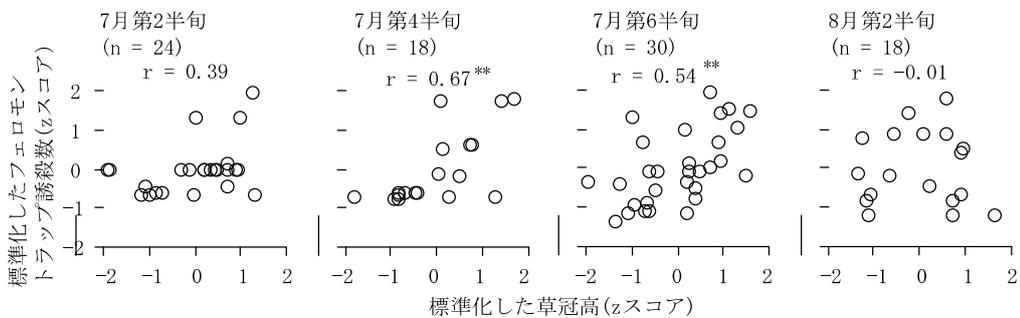


図5 ダイズ草冠高とフェロモントラップ誘殺数の関係

注) 2019 年 A 地区、C 地区、D 地区、2020 年 A 地区、C 地区のダイズ草冠高(cm)とフェロモントラップ誘殺数(頭/日)を、データセットごとに標準化した。
フェロモントラップ誘殺数の半旬は、誘殺期間の中間日の半旬。**は1%水準で有意。

(様式1)

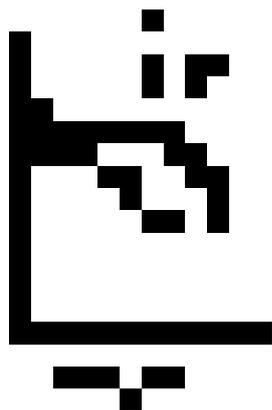


図6 卵から蛹までの密度の推移

注)A地区。値は平均値。2018、2020年： $n = 2$ 、2019年： $n = 3$
密度は、理論上前の発育段階を上回ることはないが、そのままプロットした。

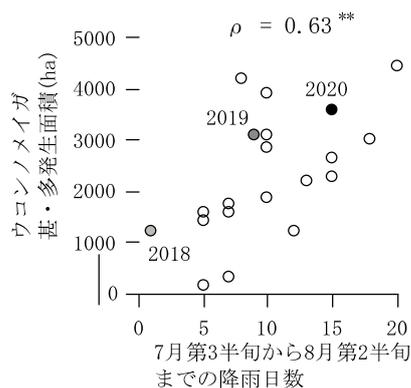


図7 幼虫発生期の降雨日数とウコンノメイガ発生面積の関係

注)2001年～2020年。甚・多発生面積は、新潟県病害虫防除所年報から引用。2020年は暫定値。
降雨日数は、アメダス地点長岡のデータ。**は1%水準で有意

4. 考察

- ・透明コントラップは、越冬世代成虫の密度が低い場合でもモニタリング可能であり、叩き出し調査よりも簡便であることから、その有効性は高いと考えられた。
- ・2018年、2019年では、7月第4半旬までのPT誘殺数と最多発生時の葉巻数との間に、正の相関関係が認められ、透明コントラップを用いることで既存の薬剤防除要否の判断時期(7月第5半旬)より早期に防除要否を判断できる可能性が示唆された。
- ・ダイズ圃場におけるウコンノメイガの発生動態には、ダイズ生育量や降雨が影響し、ウコンノメイガは、ダイズ生育量の多い圃場や、降雨の多い年に多発生しやすいと考えられた。

5. 今後の課題

- ・PT誘殺数と被害葉(葉巻)数の関係について、年次間の変動要因を解明する。
- ・越冬地における発生動態と気象(消雪日、気温、降雨など)の関係を明らかにする。

6. 要約

2018年から2020年に新潟県内の現地ダイズ圃場(延べ4地区合計42圃場)で透明コントラップによるフェロモントラップ調査と各種調査を行った。透明コントラップは、成虫の密度が低い場合でもモニタリング可能であり、叩き出し調査よりも簡便であることから、その有効性は高い。透明コントラップを用いることで防除要否を早期(7月第4半旬)に判断できる可能性が示唆された。ダイズ圃場におけるウコンノメイガの発生動態には、ダイズ生育量や降雨が影響し、ウコンノメイガは、ダイズ生育量の多い圃場や、降雨の多い年に多発生しやすい。

7. 成果の公表及び特許

成果の一部を令和3年度研究成果情報として公表することを検討中。

第65回応用動物昆虫学会大会で口頭発表する予定。

(様式1)

病害虫の効率的防除体制の再編委託事業

ダイズ害虫のウコンノメイガに対する フェロモンを用いた発生予察技術の確立 (3)

向井 環、黒田貴仁、青木由美

富山県農林水産総合技術センター農業研究所

[〒939-8153 富山県富山市吉岡 1124-1]

1. 調査背景と目的

多くの害虫種において、合成フェロモンを用いた発生予察が行われている。ウコンノメイガのフェロモン成分はすでに解明され、富山県では合成物と SE トラップを用いた試験に基づき要防除水準を設定しているが、トラップへの捕獲効率が低いことなどから発生予察には利用されていない。これまでの試験でトラップの形状を SE 型から透明コーン型にすることで、合成フェロモントラップへの捕獲効率が高まることが明らかとなった(渋谷ら, 2019)。そこで本課題では、透明コーン型のフェロモントラップを用いたウコンノメイガに対する発生予察技術の開発に向けて、その有効性を評価するとともに、トラップの種類や品種の変更に伴う要防除水準の改定に向けた検討を行う。

2. 調査方法

(1) 透明コーン型のフェロモントラップによる調査および有効性の評価

1) 調査圃場

富山県内の5地区14圃場において、品種は全て「えんれいのそら」で行った(表1)。調査圃場は、条間が75~80cm、栽植本数は9.4~16.6本/m²であった。

表1 試験圃場の設置状況

地区	圃場数	(圃場No.)	播種日	開花期
R2 - A 富山市月岡町1・上千俵	3	(No.1-3)	5月25~27日	7月15~18日
R2 - B 富山市宮保・悪王子	2	(No.4,5)	6月3~4日	7月22日
R2 - C 富山市東大久保・下大久保	4	(No.6-9)	6月6~9日	7月25日
R2 - D 富山市婦中町浜子	3	(No.10-12)	5月25~31日	7月10~18日
R2 - E 富山市吉岡	2	(No.13,14)	5月25~29日	7月10~12日

注1)各地区の調査圃場は単一経営体

2) 調査方法

(ア) 透明コーントラップ調査

畦畔から10m以上離れたダイズ圃場内の畝上に、ウコンノメイガのフェロモン剤を取り付けた透明コーン型のトラップ(以下、コーントラップ)を設置した。設置高は、畝上からコーントラップ底面までの距離が30cmとなるようにし、中耕後は高くなった畝に合わせて設置し直した。フェロモン剤はトラップ円錐内部の針金に取り付け、7月22日に交換した。また、トラップ上部(捕獲部分)には殺虫プレートを1枚入れ、捕獲虫を殺虫した。コーントラップへの誘殺数は、6月

(様式1)

25日から8月26日まで6～7日間隔で調査した。

(イ) たたき出し調査

圃場内で両側の畝のダイズ草冠を直径5mm、長さ1.5mの棒でたたきながら畝間を100m歩き、出てきた成虫数を数えた。調査は、コーントラップ誘殺数の調査日にトラップから離れた畝を任意に選んで行った。

(ウ) 葉巻数の調査

圃場内の平均的な生育をしている4か所において、各2mを葉巻調査地点として固定し、6月25日から8月26日まで6～7日間隔で葉巻数を数えた。

(2) 透明コーン型とSE型のフェロモントラップにおける誘殺数の比較

コーントラップを設置した同一圃場内に、ウコンノメイガのフェロモン剤を取り付けた白色SEトラップを草冠高(以下、SE草冠高)および畝上10cm(以下、SE10cm)の高さに設置した。それぞれのトラップは10m以上離れた。SEトラップへの誘殺数は、6月25日から8月26日まで6～7日間隔で調査し、粘着板は調査日ごとに交換した。フェロモン剤は粘着板の中央に取り付け、7月22日に交換した。また、3か年の調査結果を用い、既存の要防除水準の改定に向けた検討を行った。

(3) 透明コーントラップの成虫誘殺数に影響を及ぼす要因についての検討

1) 草冠高との関係

コーントラップを設置した圃場内の葉巻調査地点1か所につき、ダイズ1本について地際から最上位葉までの高さを測定した。

2) 透明コーントラップの設置高と草冠高との関係

E地区のNo.13、14とは異なる連続したダイズ2圃場(68×90m)を4ブロックに分け、フェロモンルアーを取り付けたコーントラップを4段階の高さ(畝からトラップ底面まで15、30、45cmおよび草冠高マイナス10cm)に設置した。トラップは7月1日～25日まで設置し、トラップ間の距離は10m以上離れた。3日ごとに草冠高(各トラップ設置付近)およびトラップ誘殺数を調査し、トラップの位置をランダムに入れ替えるとともに、高さを調整した。7月16～25日までには、ブロック毎にたたき出しによる成虫数調査(畝間100m)を実施した。

3. 調査結果

(1) 透明コーン型のフェロモントラップによる調査および有効性の評価

1) コーントラップ誘殺数、たたき出し成虫数および葉巻数の推移

- ・7月中のコーントラップ誘殺数とたたき出し成虫数の推移はほぼ同調していた(図1)。この時期のコーントラップ誘殺数のピークは、7月15～29日(回収日)であり、たたき出し成虫数のピークは7月8日～22日で、14圃場中12圃場が7月22日であった。
- ・葉巻数は7月下旬から8月上旬にかけて急激に増加し、ほとんどの圃場で8月中下旬に最多となった(図1)。

(様式1)

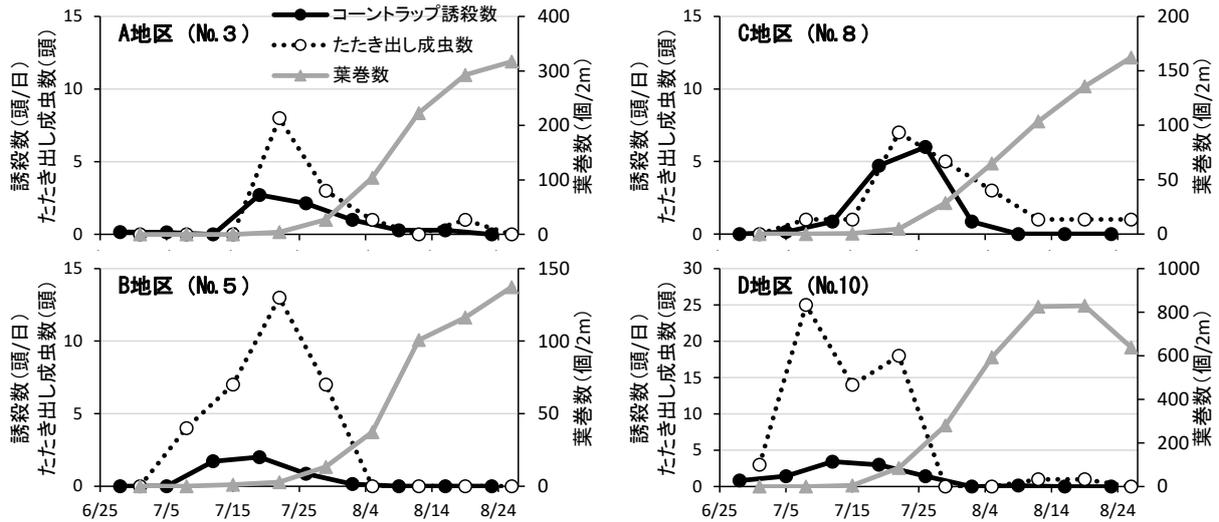


図1 各地区の主な圃場におけるコントラップ誘殺数、たたき出し成虫数および葉巻数の推移

2) たたき出し総成虫数、コントラップ総誘殺数および最多葉巻数の関係

- ・ 6月25日から7月29日までの越冬世代成虫の飛来時期におけるたたき出し総成虫数とコントラップ総誘殺数との相関は判然としなかったが、3か年(2018~2020年)の調査結果では有意な正の相関が認められた(図2)。
- ・ 6月25日から7月29日までのコントラップ総誘殺数と8月の最多葉巻数との間には関係が認められなかった。3か年では、有意な正の直線関係があったが決定係数は低かった。(図3)。

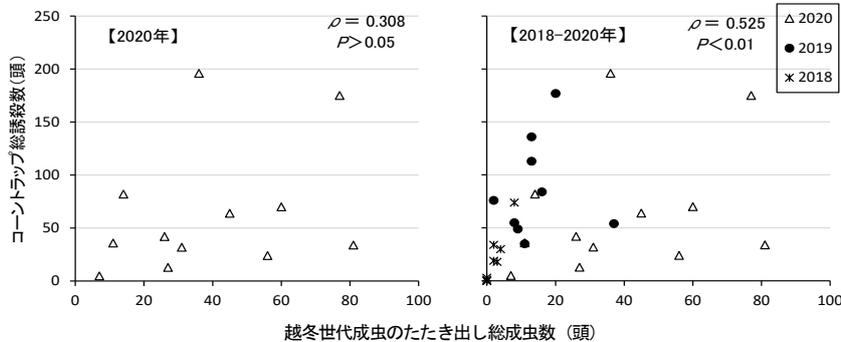


図2 越冬世代成虫のたたき出し総成虫数とコントラップ総誘殺数の関係

注)2018年:6月25日~8月1日、2019年:6月26~7月31日、2020年:6月25日~7月29日 ρ :Spearmanの順位相関係数
2018年、2019年はエンレイ圃場も含む

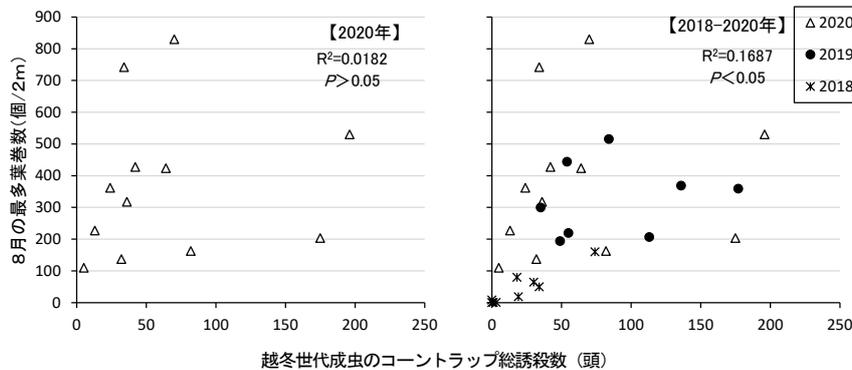


図3 越冬世代成虫のコントラップ総誘殺数と8月の最多葉巻数の関係

注)2018年:6月25日~8月1日、2019年:6月26~7月31日、2020年:6月25日~7月29日 2018、2019年はエンレイ圃場も含む

(様式1)

- ・コーントラップ総誘殺数に対する最多葉巻数は、2018年の調査圃場で少なく、2020年の圃場で多い傾向が認められた(図3右)。各年の7月の気象条件は、2018年が乾燥年、2020年は調査期間を通して降雨があり、最小湿度も高い状況であり、年次間差があった(表2)。

表2 3か年の調査圃場の成虫発生状況と8月の最多葉巻数および気象概況

項目	2018年	2019年	2020年
期間	6/25-8/1	6/26-7/31	6/25-7/29
圃場数(筆)	9	8	12
コーントラップ誘殺数(頭)	19.9 (0 - 74)※	87.9 (35 - 177)	64.4 (5 - 196)
たたき出し成虫数(頭/100m)	2.1 (0 - 8)	15.9 (8 - 37)	39.3 (7 - 81)
8月の最多葉巻数(個/2m)	42.4 (0 - 160)	325.8 (194 - 515)	372.5 (110 - 830)
平均降水量			
(mm/日)			
7月上旬	25.2	4.8	24.8
7月中旬	1.8	5.0	11.9
7月下旬	0.0	7.3	5.2
平均最小湿度			
(%)			
7月上旬	65.8	69.1	80.2
7月中旬	52.9	71.6	72.3
7月下旬	53.3	53.9	68.0

注)対象とした圃場はコーンの落下や蓋開き、農薬散布等のあった圃場を除く

気象データ観測地点:富山

※数字は平均値(最小値-最大値)

(2) 透明コーン型とSE型のフェロモントラップにおける誘殺数の比較

- ・6月25日から7月29日までの越冬世代成虫において、3種類のトラップの中で最も誘殺数が多かったのはコーントラップであり、次いでSE10cmであった(図4)。
- ・この期間における各種トラップ誘殺数と8月中の最多葉巻数との間には、いずれのトラップも有意な関係は認められなかったが(図5)、3か年の調査時期別総誘殺数と最多葉巻数との間で回帰分析を行ったところ、7月1-4、1-5半旬において有意な正の直線関係が認められ、特に、コーントラップは7月1-2半旬から有意な正の関係が認められた。ただしいずれの決定係数も低かった(表3)。
- ・3か年の各種トラップの7月1-4半旬の総誘殺数を用い、SE草冠高とその他のトラップとの関係から、既存の要防除水準である「草冠高に設置したSEトラップを用いた7月1-4半旬の誘殺数15頭」(H22富山県成果情報)を換算したところ、コーントラップでは79.8頭、SE10cmは55.7頭となった(データ略)。

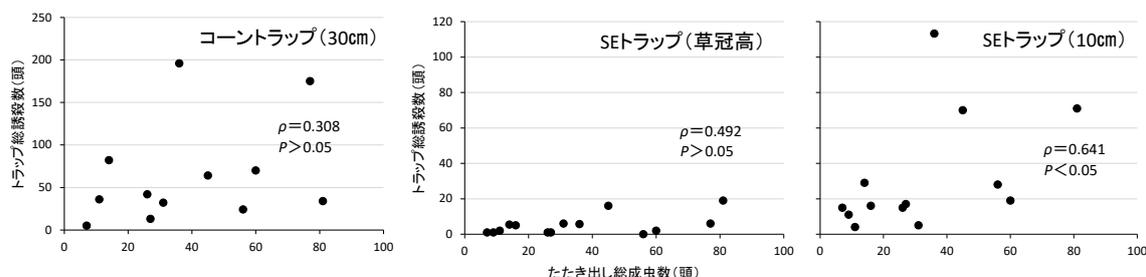


図4 たたき出し総成虫数と各種トラップ総誘殺数の関係

注)調査期間:6月25日~7月29日、 ρ :Spearmanの順位相関係数

(様式1)

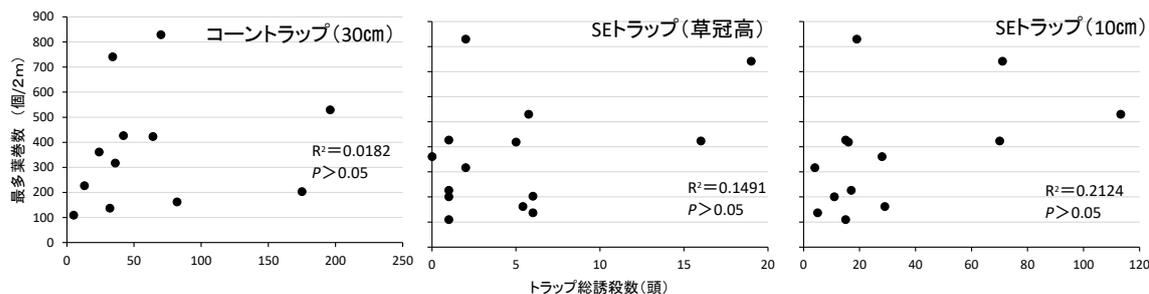


図5 各種トラップ総誘殺数と8月の最多葉巻数の関係
注)調査期間:6月25日~7月29日

表3 各種トラップにおける調査期間別トラップ誘殺数と8月の最多葉巻数の関係 注1)

調査期間	トラップの種類	設置高	n	回帰式 (y: 最多葉巻数, x: トラップ誘殺数)	葉巻数20個/本 となる誘殺数(頭)
7月1-2半旬	コーン	30cm	29	$y = 0.6249x + 5.8643$ ($R^2 = 0.2853$, $P < 0.01$)	22.6
	SE	草冠高	32	$y = 1.6905x + 9.9793$ ($R^2 = 0.0272$, $P > 0.05$)	5.9
	SE	10cm	31	$y = 1.0011x + 7.6928$ ($R^2 = 0.139$, $P < 0.05$)	12.3
7月1-3半旬	コーン	30cm	29	$y = 0.228x + 6.646$ ($R^2 = 0.186$, $P < 0.05$)	58.6
	SE	草冠高	32	$y = 1.1823x + 9.4298$ ($R^2 = 0.0524$, $P > 0.05$)	8.9
	SE	10cm	31	$y = 0.3536x + 8.4814$ ($R^2 = 0.1126$, $P > 0.05$)	32.6
7月1-4半旬	コーン	30cm	29	$y = 0.1323x + 6.8083$ ($R^2 = 0.1591$, $P < 0.05$)	99.7
	SE	草冠高	32	$y = 1.5283x + 7.2517$ ($R^2 = 0.2183$, $P < 0.01$)	8.3
	SE	10cm	31	$y = 0.2808x + 7.2481$ ($R^2 = 0.1868$, $P < 0.05$)	45.4
7月1-5半旬	コーン	30cm	29	$y = 0.088x + 7.1523$ ($R^2 = 0.1446$, $P < 0.05$)	146.0
	SE	草冠高	32	$y = 1.1777x + 6.7319$ ($R^2 = 0.2646$, $P < 0.01$)	11.3
	SE	10cm	31	$y = 0.2124x + 6.6011$ ($R^2 = 0.2292$, $P < 0.01$)	63.1

注1) ウコンノメイガを対象とした殺虫剤散布圃場や、調査期間中トラップデータが取れなかった圃場は除く

注2) 8月下旬の葉巻数に基づく被害許容水準の目安(H18富山県成果情報)

(3) 透明コーントラップの成虫誘殺数に影響を及ぼす要因についての検討

1) 草冠高との関係

・各調査日における調査圃場の草冠高とたたき出し総成虫数との間には正の相関が認められ、コーントラップ総誘殺数との間にも同様の傾向が認められたが、草冠高が高くなると誘殺数が少なくなる圃場が認められた(図6)。

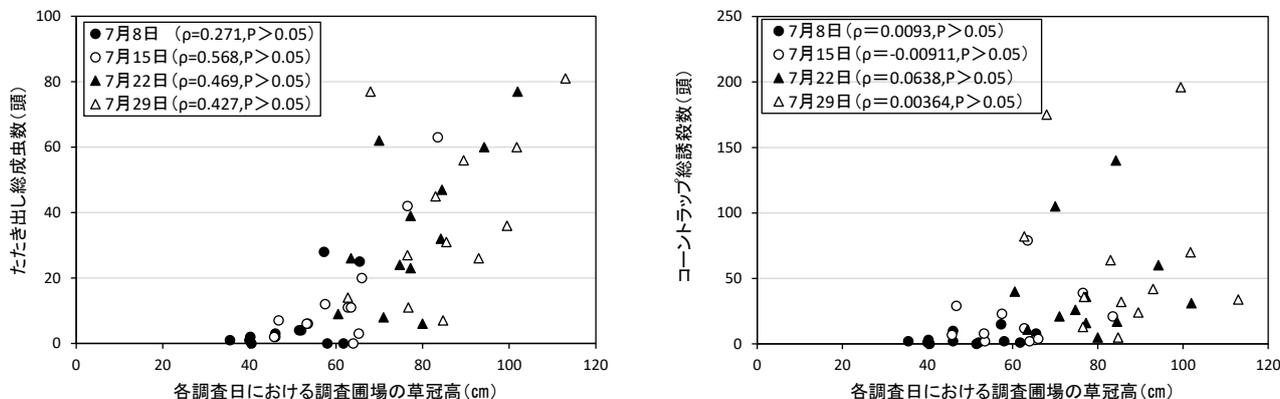


図6 各調査日における草冠高と6月26日から各調査日までのたたき出し総成虫数およびコーントラップ総誘殺数の関係
注) (左)たたき出し総成虫数、(右)コーントラップ総誘殺数 ρ : Spearmanの順位相関係数

(様式1)

2) 透明コーントラップの設置高と草冠高との関係

- 7月下旬に草冠高が70 cm程度となった圃場において、コーントラップの設置高を4段階に設置したところ、設置期間中の総誘殺数は15 cmで7頭、30 cmで11.25頭、45 cmで5.75頭、草冠高マイナス10 cmで7頭(4ブロック平均)と、30 cmが最も多かった。15 cm、30 cm、草冠高マイナス10 cmはいずれも7月22日にピークとなり、その後誘殺数が減ったが、45 cmでは7月25日に最も多く誘殺された(図7)。
- 2019年と2020年に畝上30 cmにコーントラップを設置した圃場において、草冠高とコーントラップ誘殺数の推移や、草冠高と誘殺数の関係をみたところ、草冠高が高くなると誘殺数が多くなったが、草冠高が80 cm前後となる頃から誘殺数が少なくなる傾向があった(図8)。

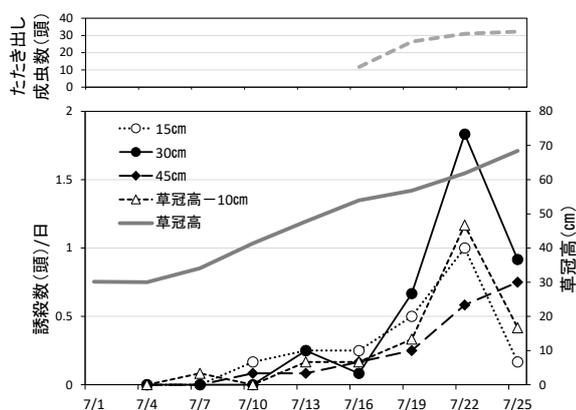


図7 設置高の異なる透明コーントラップにおける誘殺数の推移
注)誘殺数はトラップ回収日にてプロット

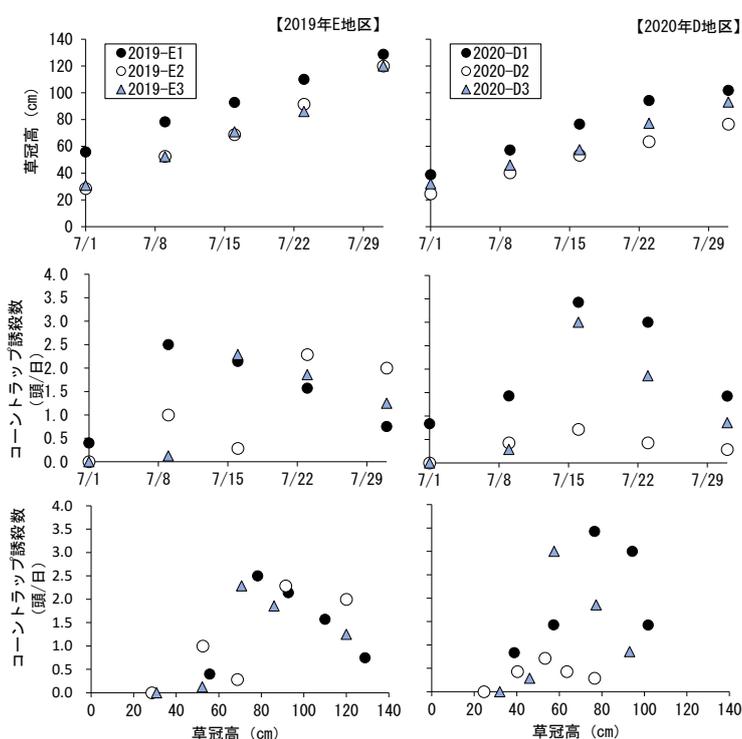


図8 各圃場における草冠高と透明コーントラップ誘殺数の推移

注)5月下旬播種、コーントラップは畝上30 cmに設置

4. 考察

- ダイズ圃場に飛来する越冬世代のウコンノメイガ成虫数をコーントラップにより調査した結果、3か年(2018~2020年)とも、従来のたたき出し調査の結果とほぼ同調した推移を示し、調査も簡便であった。また、コーントラップはSEトラップよりも誘殺数が多いことや、越冬世代(7月の飛来)虫のたたき出し調査とコーントラップの誘殺数が、3か年のデータから有意な正の相関があったことから有用性は高いと考えられた。
- 草冠高に設置したSEトラップの7月1-4半旬の誘殺数を用いた既存の要防除水準について、コーントラップおよび10 cmに設置したSEトラップを用いた誘殺数との読み替え値を作成した。今後は、読み替え値の妥当性について更なる検証が必要であった。一方、コーントラップを用いた場合、7月1-2、3半旬の誘殺数と最多葉巻数の間に有意な関係が認められたことから、被

(様式1)

害許容水準の目安である「8月下旬の葉巻数 20 個/本」に基づく要防除水準の設定により (表 3)、防除要否の判定時期を早期化できる可能性が示唆された。ただし、コーントラップ誘殺数と葉巻数の関係は、7月の気象条件が影響すると考えられることから (表 2)、予測精度を高めるため、継続した調査データの蓄積が必要である。

- ・コーントラップの設置高を検討したところ、7月下旬に草冠高が 70 cm程度となった圃場においては、調査期間 (7月 1日～7月 25日) を通して 30 cmに設置したトラップの誘殺効率が高く、渋谷ら (2019) の報告と同様の傾向であった。一方、草冠高が 80 cm前後で誘殺数が減少する事例があり、トラップの高さと草冠高との関係が誘殺効率に影響したものと考えられた。
- ・5月下旬播種の生育が旺盛な圃場では、7月 3半旬頃に草冠高が 80cm 前後に達することから、コーントラップを用いたウコンノメイガに対する発生予察技術においては、7月 1 - 3半旬までの誘殺数を用いた基準の設定が望ましいと考えられる。

5. 今後の課題

- ・ウコンノメイガ成虫の発生量や葉巻数に影響する要因の整理
- ・7月の気象条件を加味した被害予測手法の検討

6. 要約

畝上 30 cmに固定した透明コーン型トラップ調査は、従来のたたき出し調査法より簡便で SE トラップより誘殺効率が高いことから、越冬世代虫の発生予察に利用できる。草冠高が 80 cm前後になると誘殺効率が低下する事例が認められる。

7. 成果の公表及び特許

結果の一部を第 73 回北陸病害虫研究会にて発表 (予定)

(様式1)

病害虫の効率的防除体制の再編委託事業

ダイズ害虫のウコンノメイガに対する フェロモンを用いた発生予察技術の確立(4)

渡邊照之、小出良平、松田絵里子、川上郷子、安達直人
石川県農林総合研究センター
[〒920-3198 石川県金沢市才田町戊 295-1]

1. 調査背景と目的

ウコンノメイガではフェロモン成分が解明され、合成物を用いた発生消長のモニタリングを試みてきたが、一般的に使用されるSEトラップの捕獲効率が低いことから、発生予察には利用されてこなかった。しかし、トラップの形状を透明コーン型にすることで、フェロモントラップへの捕獲効率が改善することが明らかとなった(渋谷ら, 2018)。本課題では、透明コーン型フェロモントラップを用いた捕獲数と叩き出し数、葉巻数との関係を明らかにし、トラップの有効性を検討する。また、コーンが透明であることが必要であり、コーン内部の光環境が影響していると考えられたことから、透明コーン型フェロモントラップの捕獲効率のさらなる改良のため、昆虫の飛翔に影響を及ぼす紫外線の透過率、またコーンの高さが捕獲数に与える影響を明らかにする。

2. 調査方法

1) 調査場所・耕種概要：下表のとおり。なお施肥・栽培管理は現地慣行に準じた。

No.	調査圃場	大豆品種	播種日	栽植密度(本/m ²)	殺虫剤散布日	備考
1	白山市明島1	里のほほえみ	6/5	13.4		
2	白山市明島2	里のほほえみ	6/4	16.1	8/3(アミスタートレホン SE)、	畝立同時
3	白山市明島3	里のほほえみ	6/5	10.3	8/10(プレバソフアブル 5)、	播種
4	白山市明島4	里のほほえみ	6/5	13.8	9/15(スタークル液剤 10)	(2条1畝)
5	小松市長田1	里のほほえみ	6/7	32.9		
6	小松市長田2	里のほほえみ	6/8	33.6	7/31(カスケード乳剤)、	畝立同時
7	小松市長田3	里のほほえみ	6/7	23.1	8/12(スマチオン乳剤)、	播種
8	小松市長田4	里のほほえみ	6/6	23.2	9/1(プレバソフアブル 5)	
9	小松市長田5	里のほほえみ	6/6	27.3		

以下、調査は6月29日から8月31日まで約7日間隔で行った。

2) フェロモントラップ調査

(1) トラップを用いた発生予察と有効性の検討

信越化学工業(株)製のフェロモンルアーと北陸拠点で作成した透明コーン型トラップを用い、圃

(様式1)

場内部の調査区画中央部、ダイズ畝上 30 cmに設置した。ルアーはトラップ円錐内部の針金に取り付け、設置1か月後に交換した。設置は6月18日に行い、捕獲数を調査した。

(2) 捕獲効率の高いトラップ材質、形状の検討

- ・従来型透明コーン型トラップ (コーン材質: 硬質塩ビ (紫外線透過率 64%))
- ・PET 製透明コーン型トラップ (コーン材質: PET (透過率 80%))
- ・短翼型透明コーン型トラップ (コーン材質: 硬質塩ビ、コーン部高さ 1/2)

トラップの有効範囲は半径 10m であり、最大限の捕獲数を得るために圃場外縁から 10m 以上内部に従来型、PET 製、短翼型トラップを各 1 個設置し、トラップ間の干渉を無くするためそれぞれ 20m 以上の間隔を設けた (図 2)。また、圃場内における設置場所の影響を無くするため、調査日毎に無作為に入れ替えた。トラップは上記 (1) と同様の方法で設置した。試験は白山市明島 1, 3, 4、小松市長田 1, 2, 3 の計 6 圃場において行った。

3) 叩き出し調査

畝間を 100m 歩きながら両側の草冠を棒で叩き、飛び出した成虫を計数した。

4) 葉巻数、草冠高調査

生育が平均的な 4 箇所 (畝 2m/箇所) の地点を固定し、葉巻数および草冠高を調査した。

5) 森林との距離

QGIS を用いて各圃場から森林への距離を算出し、トラップ捕獲数との関係を解析した (2018~2020 の 3 年間のデータを用いた)。



図1 コーン型トラップ (左から従来型、PET 製、短翼型)

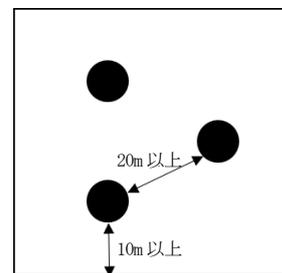


図2 トラップ設置図

● : トラップ

3. 調査結果

1) トラップを用いた発生予察と有効性の検討

- ・トラップ調査から推定される本年の越冬世代成虫のダイズ圃場における発生盛期は、7月21~27日頃と推定された (図 3)

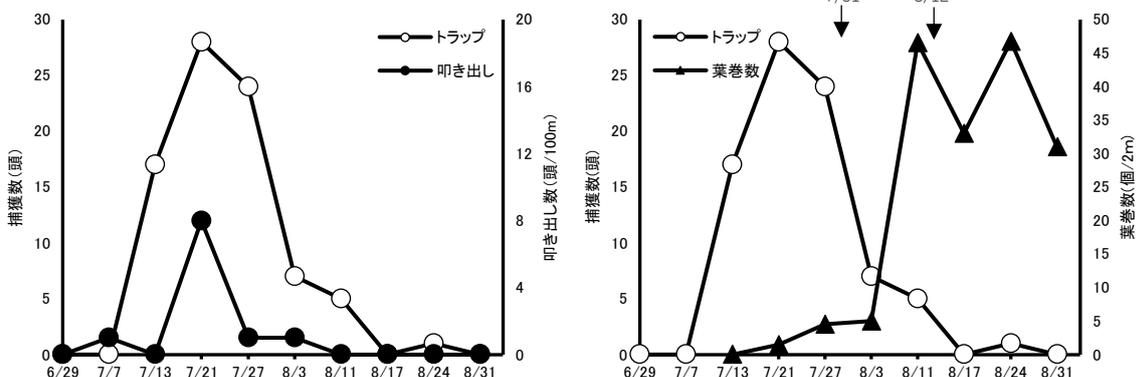


図3 トラップ捕獲数と叩き出し数、葉巻数の関係 (抜粋 長田 3)

○:フェロモントラップ、●:飛び立ち数(叩き出し)、▲:葉巻数、↓:薬剤散布日

(様式 1)

- ・7月第3半旬まで、第4半旬まで、第5半旬まで、第6半旬までのそれぞれの期間で、累積捕獲数と最多葉巻数に正の相関がみられた(図4)。他県の無防除圃場でのデータ(R1)と比較して、捕獲数当たりの葉巻被害は5分の1以下程度に抑制しており、薬剤散布の効果が見られた。

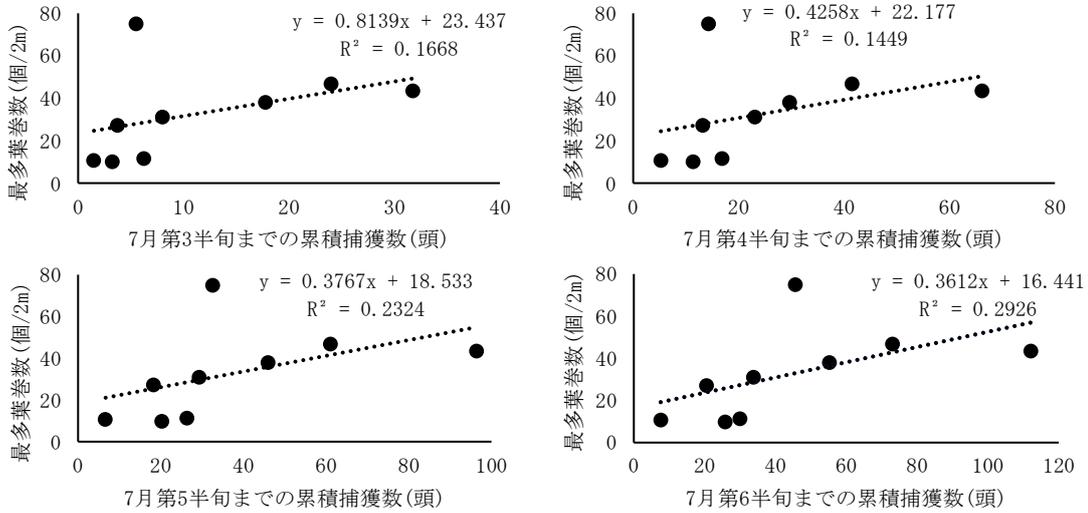


図4 7月第3~6半旬までの累積捕獲数と最多葉巻数

- ・草冠高と捕獲数、最多葉巻数の間に有意な相関は得られなかった(図5)。

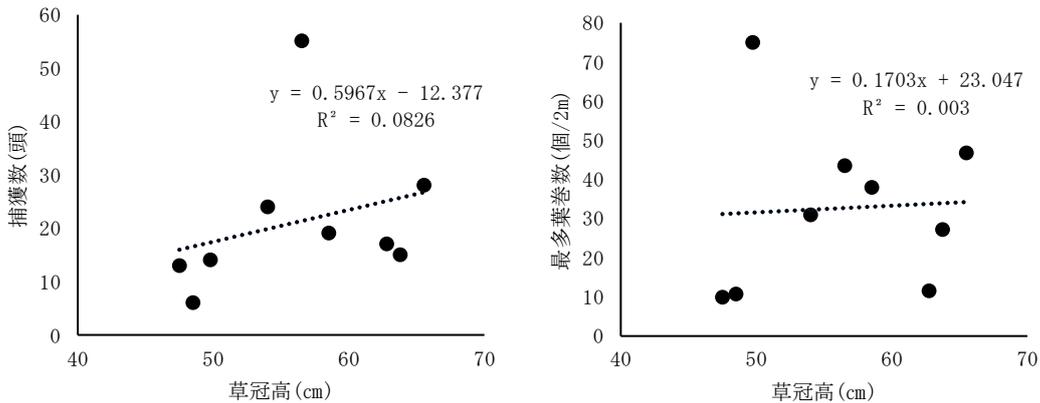


図5 草冠高と調査日前1週間の捕獲数、最多葉巻数(7/21)

- ・本種の発生は、越冬地であるアカソ、カラムシ雑草のある森林に近い方が比較的多いと考えられ、2018年はその傾向があった。しかし、2019, 2020年では傾向が見られず、森林と圃場との距離と発生量の関係については判然としなかった(図6)。

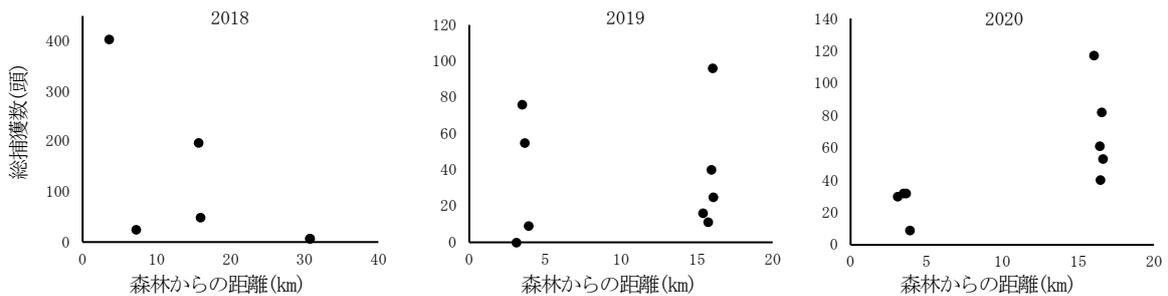


図6 森林からの距離とトラップ捕獲数

(様式1)

2) フェロモントラップの形状及び材質の検討

- ・トラップ当たり総捕獲数は従来型が41頭、PET製が46.5頭、短翼型が1.2頭であった。短翼型は他の2種と比べて、捕獲効率が著しく劣っていた(図7、表1)。

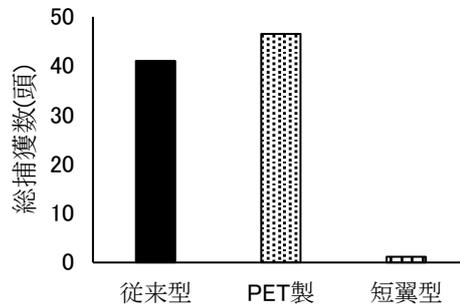


図7 各トラップの総捕獲数 (全6圃場の平均値)

表1 調査日当たりの捕獲数

	6/29	7/7	7/13	7/21	7/27	8/3	8/11	8/17	8/24	8/31	計
従来型	0.0	0.0	3.8	17.0	12.8	4.0	1.8	0.5	0.3	0.7	41.0
PET製	0.0	0.8	7.0	18.0	7.3	9.2	1.2	0.7	0.3	2.0	46.5
短翼型	0.0	0.0	0.0	0.3	0.3	0.0	0.2	0.3	0.0	0.0	1.2

- ・試験期間を通じて、従来型とPET製の調査日当たりの捕獲数に有意差はなく、短翼型は従来型(7/21、7/27)、PET製(7/21、8/3)と有意差があった(図8、表2)。

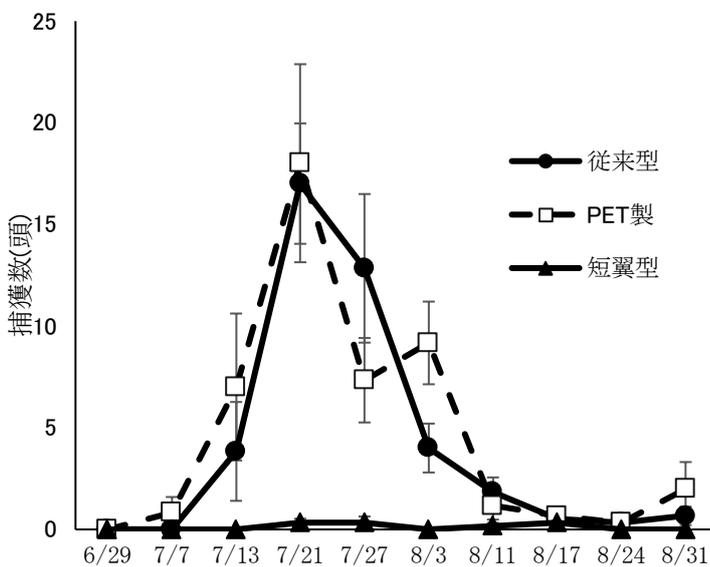


図8 3種類のトラップの捕獲数推移
(全6圃場の平均値)

表2 各トラップ間の比較結果

	7/13	7/21	7/27	8/3
従来-PET	NS	NS	NS	NS
従来-短翼	NS	*	*	NS
PET-短翼	NS	*	NS	**

※NS: 有意差なし

*: $p < 0.05$

** : $p < 0.01$ (TukeyのHSD検定)

(様式1)

4. 考察

- ・トラップによる捕獲数のピークは第5半旬頃に得られ、明瞭な捕獲数の増加が捉えられたことから、発生予察手法として有効と考えられた。
- ・PET製は従来型と同程度の捕獲数であり、発生ピークを捉えられたことから、従来型、PET製ともに発生予察に利用できると考えられた。
- ・PETの透過率は硬質塩ビに比べてやや上回るものの、捕獲効率に差はなかったことから、一定量の紫外線が透過していれば、紫外線量による捕獲数への影響は小さいと考えられた。
- ・トラップのコーン部の高さが捕獲効率に多大な影響を及ぼしたことから、コーンの形状を検討することでさらに捕獲効率の改善につながる可能性がある。

5. 今後の課題

- ・里のほほえみにおける透明コーン型フェロモントラップを用いた薬剤防除判断基準の策定
- ・透明コーン型フェロモントラップのコーン部形状のさらなる検討

6. 要約

透明コーン型トラップを用いることですべての圃場で成虫のダイズ圃場における発生盛期を捉えられ、発生予察手法として有効であると考えられた。また、透明コーン型フェロモントラップの捕獲効率改良のため、コーン部の紫外線透過率、高さが捕獲数に与える影響を調査した。その結果、一定量の紫外線が透過していれば、紫外線量による捕獲数への影響は小さいこと、コーンの高さを1/2にすると捕獲効率が著しく低下することが明らかとなった。

7. 成果の公表及び特許

第65回応用動物昆虫学会

ダイズ害虫のウコンノメイガに対するフェロモンを用いた 発生予察技術の確立（5）

氏 名 高岡 誠一、白崎 良登

所 属 福井県農業試験場

[〒918-8215 住所 福井県福井市奈町 52-21]

1. 調査背景と目的

ウコンノメイガの合成性フェロモンはすでに開発されているが、一般的に使用されている SE トラップでは捕獲効率が低く、発生消長を把握することは困難である。トラップの形状を透明コーントラップに代えることで、捕獲効率が向上することが明らかになった。そこで本課題では、透明コーン型のフェロモントラップを用いたウコンノメイガの発生予察技術の確立を目的とする。

2. 調査方法

1) 試験地場所・耕種概要

地区名	試験地場所	品種	面積	栽植本数(本/m)	播種日	収穫日
A 地区	福井市奈町	里のほほえみ	4 ha	20.0	6月1日	10月26日
B 地区	坂井市丸岡町末政	エンレイ	5 ha	17.5	6月4日	10月31日

A 地区	6/1 クルザーMAXX	8/3 サイノックス粉剤	8/15 スミチオンバルクート粉剤	9/8 ダントツH 粉剤
B 地区	6/4 クルザーMAXX	7/31 プレバソフアブル	8/18 カスケード乳剤	9/2 スタークル液剤 10

2) フェロモントラップ調査

福井県内の2地区（A地区、B地区 各3圃場）合計6圃場に合成性フェロモンを取り付けた透明コーン型のトラップを圃場中央部に設置し、7月1日から8月28日まで原則7日間隔で、誘殺数を調査した。設置高（畝上面からトラップ底面までの距離）は30cmで固定した。

3) 叩き出し調査

フェロモントラップ調査圃場で、7月1日から8月28日まで原則7日間隔で、歩く距離が200mになるまで畝間を歩きながら両脇の畝のダイズ草冠を叩き、飛び出した成虫を計数した。

4) 葉巻数調査

フェロモントラップ調査圃場で、7月1日から8月28日まで原則7日間隔で、畝2mの範囲にある葉巻数を計数した。

5) 生育調査

上記の調査時に、ダイズの生育調査として、草冠高、葉色（SPAD）について調査した。

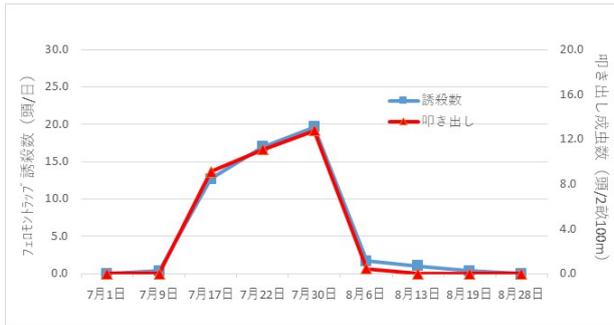


図1 フェロモントラップ誘殺数と叩き出し数の推移 A地区

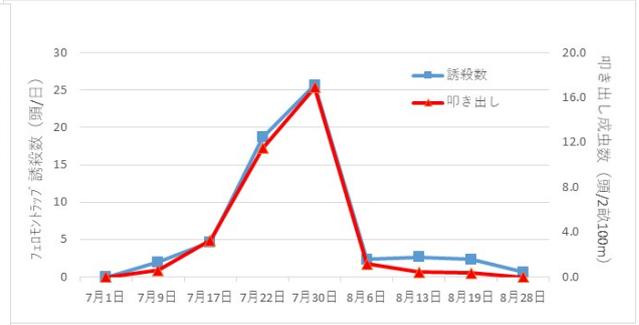


図2 フェロモントラップ誘殺数と叩き出し数の推移 B地区

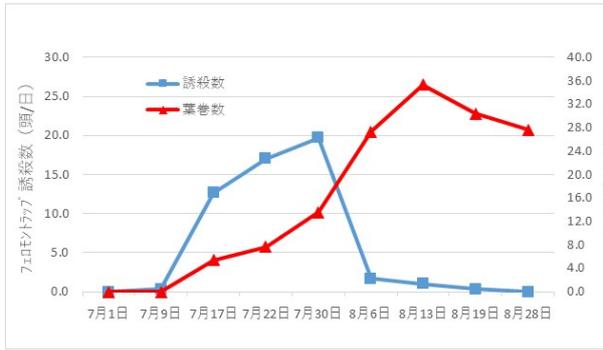


図3 フェロモントラップ誘殺数と葉巻数の推移 A地区

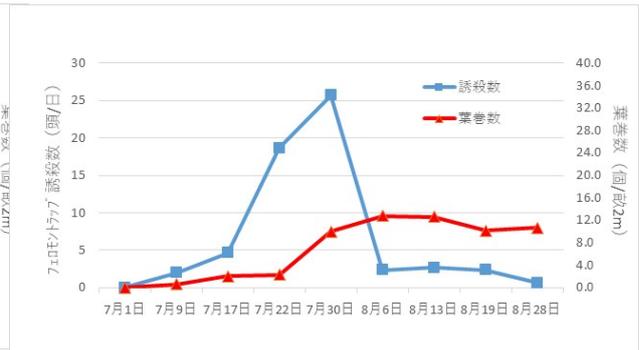


図4 フェロモントラップ誘殺数と葉巻数の推移 B地区

圃場番号	①	②	③
草冠高 (cm)	47.8	56.5	58.3
葉色 (SPAD値)	33.9	36.6	35.6

調査月日：7月17日（成虫飛来初期）

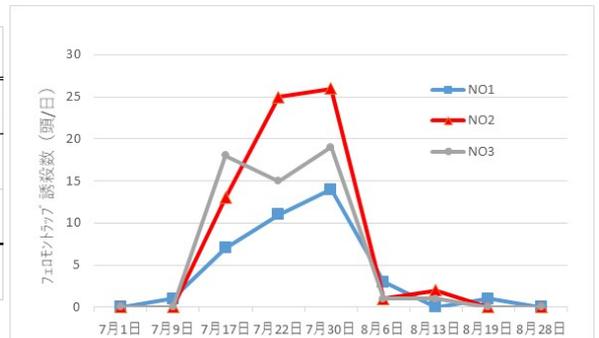


図5 調査圃場毎のフェロモントラップ誘殺数の推移 A地区

圃場番号	①	②	③
草冠高 (cm)	63.3	72.3	53.5
葉色 (SPAD値)	33.1	36.2	34.3

調査月日：7月17日（成虫飛来初期）

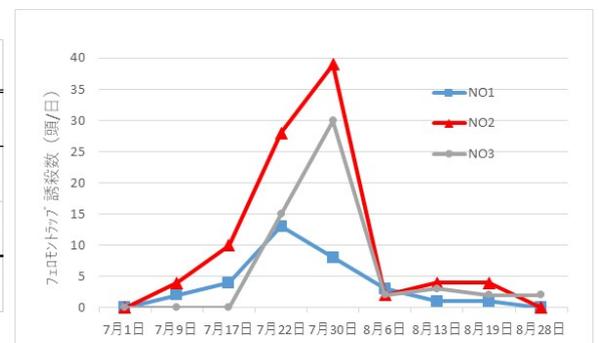


図6 調査圃場毎のフェロモントラップ誘殺数の推移 B地区

山林からの距離 (m)	120	425
フェロモントラップ総誘殺数	91	54

夜間照明の照度 (ルクス)	1~3	0.1以下
フェロモントラップ総誘殺数	51	47

3. 調査結果

1) ウコンノメイガ成虫のモニタリングにおけるフェロモントラップの有効性

・A 地区、B 地区ともにフェロモントラップ誘殺数の推移は、叩き出し調査による成虫数の推移と一致した（図1、2）。

・前年、A 地区ではフェロモントラップ調査と叩き出し調査の結果が合致しなかったのは、成虫の発生初期から最盛期の間、培土作業や殺虫剤の散布が実施され、この影響を受けたためと考えられ、本年は、両地区とも培土や殺虫剤の散布時期を前年より遅くし、成虫の発生最盛期である7月6半旬まで行わなかった。

2) フェロモントラップ誘殺数と葉巻数の推移

・フェロモントラップ誘殺数の推移と葉巻数の発生推移を比較すると、A 地区、B 地区ともに、フェロモントラップでの誘殺が確認されてから約7～10 日後に葉巻が発生することが明らかになった（図3、4）。

・B 地区ではA 地区に比べ、フェロモントラップでの誘殺数は多いが葉巻の発生数は少なかった。この要因としては、前年と同様、7月31日にB 地区で行った無人ヘリによるプレバソンプロアブルによる薬剤散布の防除効果が、A 地区のサイアノックス粉剤散布の防除効果より高かったためと思われる。

3) ダイズの生育量がフェロモントラップの誘殺数に与える影響

・A 地区、B 地区ともに土壌環境や、肥培管理、降雨後の排水の良し悪しなどの違いから、トラップの設置圃場間でダイズの生育に差がみられた。フェロモントラップでの誘殺数は、成虫の飛来初期である7月中旬の草冠高が高く、葉色の濃い生育が旺盛な圃場で多かった。生育量が旺盛な圃場では、フェロモントラップでの誘殺数が多くなるため、発生消長をより正確に把握することが可能となった（表1、2、図5、6）。

4) 山林からの距離がフェロモントラップの誘殺数に与える影響

・B 地区では、山林からの距離に差がある圃場にトラップを設置した。山林に最も近い圃場での誘殺数が多く、山林から400m 以上離れると誘殺数が減少する傾向がみられた（表3）。

5) 夜間照明がフェロモントラップの誘殺数に与える影響

・B 地区で午後9時まで夜間照明を行っている工場に隣接している圃場と、夜間照明の光が全く当たっていない圃場でフェロモントラップの誘殺数を比較したが差はみられなかった（表4）。

調査圃場内の夜間照明の明るさは3ルクス以下であったことと、夜間照明が午後9時までであったことが誘殺数に影響を与えなかったものと推測された。

4. 考察

透明コーン型のフェロモントラップは誘引性が高く、モニタリングが可能であり、実用性は高いと思われた。また、フェロモントラップ設置場所としては、成虫飛来初期である7月中旬のダイズの生育量（草冠高、葉色）が旺盛な圃場所に設置すると、誘殺数が増加し、精度の高い発生消長調査が可能と考えられた。

5. 今後の課題

自動カウント式フェロモントラップによる、日別の誘殺数調査の実現と、導入の際の留意点を明らかにする。

夜間照明など光がフェロモントラップの誘殺数に与える影響については、光の明るさや照明時間の違う条件下で比較検討し、明らかにする必要がある。

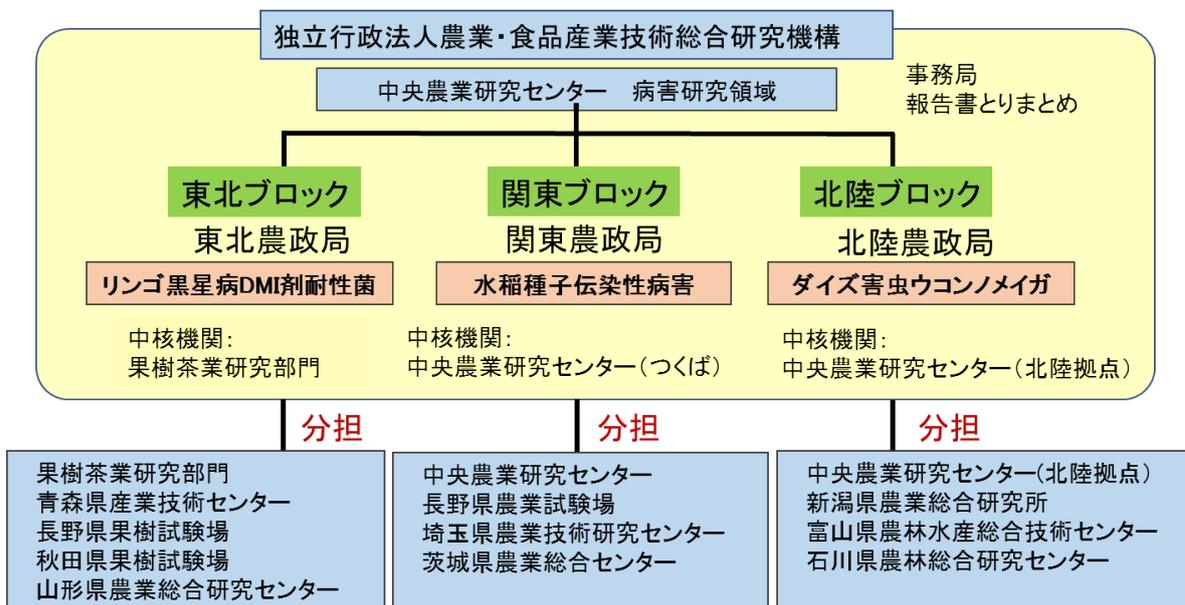
6. 要約

福井県内の現地圃場(2 地区合計6 圃場)で透明コーン型のフェロモントラップによる発生消長調査と各種調査を行った。透明コーン型のフェロモントラップは誘引性が高く、叩き出し調査結果とも一致することから、モニタリングが可能であり、実用性は高いと思われた。

また、成虫飛来初期のダイズの生育量(草冠高、葉色)や越冬場所である山林からの距離が、フェロモントラップの誘殺数に影響を与えることを明らかにした。

防除体制再編に向けた取り組み状況

本事業においては、現在、地域で問題となっている、又はなりつつある病害虫を対象として、モデル的に地域ブロック単位で、都道府県が課題を共有し、試験等を分担して防除体系等を確立する体制の構築を実証することを目的とする(下図)。ここでは、地方農政局を調整役とした効率的な体制の構築に向けた、3ブロック(東北、関東、北陸)の今年度の取り組み状況を報告する。



(1) 事業推進検討会

<キックオフ会議>

新型コロナウイルス対策のため、電子メールによる会議により本事業目的と令和2年度研究計画などに関して情報共有を図った。なお、研究課題の進行管理と取りまとめは各課題責任者が行い、事業全体の取りまとめは中央農研が担うことを確認した。

<成績検討会>

東北・関東・北陸ブロックは、いずれも Web による会議開催となった。いずれのブロックでも、農政局の担当者も出席した。

(2) 農政局を中心とした防除体制再編に向けた課題、意見など

農林水産省、関東農政局、農研機構、各県の意見を聞き取り、総合した現状と課題は次のとおりである。技術的課題を提案されたもの以外で現在問題となっている課題や蔓延が危

惧される病害について、植物防疫協議会等で農政局が取りまとめて課題を共有すること、農研機構は各地域でこれら取りまとめた課題の情報共有をはかること、県間は課題の実施にあたって協定研究等を行なっている機関を参考に今後の方針を考えること、農政局は協定研究を行っている事例を参考に情報共有を都道府県間で図ること、これらを総合して都道府県で人員が少ない研究遂行上のデメリットを克服するための体制が確立できる可能性があることが、多くの議論からまとまってきた。ただし、予算的な措置が国からなされる必要性がいずれのブロックからも要望された。

（３）参画機関間の協力や連携

会議時を含め、密接に意見交換を行っている。また、実験材料を融通しあったほか、試験方法の情報については共有化を図っている。

（４）防除基準（案）策定の見通し

北陸ブロックでは、ウコンノメイガのフェロモントラップの発生予察技術について防除基準を提案する見込みである。関東ブロックでは、ばか苗病に対して防除効果の高い体系が確認できた。東北ブロックでは、青森県で黒星病の防除薬剤としてカナメフロアブル及びデランフロアブルについて、令和３年度農作物病害虫防除指針に新たに採用され、耐性菌対策がなされた。