

(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 赤平知也、平山和幸、十川聡子

所属 青森県産業技術センターりんご研究所

[〒036-0332 青森県黒石市大字牡丹平字福民 24]

## 1. 調査背景と目的

青森県では2016年にDMI 剤耐性黒星病菌の発生が確認されて以降、県内全体で耐性菌が確認されている状況にあるため、DMI 剤を使用しない防除体系の構築に取り組む必要がある。本課題においては、DMI 剤の感受性検定のほか、DMI 剤に替わる有効薬剤の検索と実用性を検討するとともに、翌年の伝染源となる苗木や被害落葉の処理方法の検討、現地で実施されている防除技術の実証などについて検討する。

## 2. 調査方法

### (1) 青森県内のリンゴ黒星病菌のDMI 剤感受性検定

供試菌株：60 菌株（15 菌株／園地）

採集場所：4 園地（黒石市牡丹平、弘前市原ヶ平、弘前市乳井、つがる市柏）

検定薬剤：ルビゲン水和剤（有効成分：フェナリモル）

スコア顆粒水和剤（有効成分：ジフェノコナゾール）

試験方法：PDA 培地にルビゲン水和剤およびスコア顆粒水和剤を有効成分濃度が 0, 0.01, 0.05, 0.1, 0.5, 1, 5, 10, 50, 100ppm となるように添加し検定培地とした。供試菌株を PDA 培地にて 20℃・暗黒条件下で3週間前培養し、菌そう周縁部を直径 4mm のコルクボーラーで打ち抜き、菌そう面が下になるように検定培地に置床した。その後、20℃・暗黒条件下で3週間培養し、菌そう直径を計測して 50%効果濃度（EC50）を求める。

### (2) リンゴ黒星病に対する各種薬剤の防除効果

供試樹：ポット植え‘ふじ’／マルバカイドウ 1区1樹10～13新梢

供試薬剤：ベフラン液剤 25 の 1,000 倍、フルーツセイバー2,000 倍、ネクスターフロアブル 1,500 倍、オルフィンフロアブル 4,000 倍、パレード 15 フロアブル 2,000 倍、ユニックス顆粒水和剤の 1,000 倍と 2,000 倍、デランフロアブル 1,500 倍、ペンコゼブ水和剤 600 倍、ジマンダイセン水和剤 600 倍

試験方法：6月5日、各新梢先端部の未展開葉と展開葉の間にラベルをつけ、ハンドスプレーを用いて供試薬剤を散布・風乾し、散布当日に分生子懸濁液を噴霧接種後、2日間、接種箱（18℃・多湿条件）に保持した。

調査方法：6月27日、薬剤散布・接種時に付けたラベルを基準に上位3葉および下位7葉を

(様式1)

対象に下記の発病指数別に発病状況を調査し、発病葉率と発病度を求めた。防除価は発病度から算出した。

発病指数 0：発病なし、 1：病斑面積が葉面積の1/4未満、  
2：同1/4～1/2、 3：同1/2以上

接種源：りんご研究所内の殺菌剤無散布圃から取得した分生子懸濁液（ $4.0 \times 10^4$  個/ml）を用いた。なお、本圃場の黒星病個体群にはDMI剤、QoI剤及びMBC剤の耐性菌が含まれる。

### (3) 新規薬剤の実用化試験

試験区：各試験薬剤の概要は表1のとおり

散布方法：スピードスプレーヤーで10a当たり320～420ℓ散布

調査方法：モニリア病は4月26日（散布前）に1区3樹、1樹当たり100果そうを、5月23日（散布後）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。黒星病およびうどんこ病は6月13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。黒点病は8月8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。斑点落葉病は8月8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。また、薬害は随時、肉眼で観察した。

表1 各試験薬剤の概要

| 供試薬剤        | 希釈倍数   | 散布時期                 | 圃地数 | 対象病害            |
|-------------|--------|----------------------|-----|-----------------|
| バレード15フロアブル | 2,000倍 | 開花直前                 | 2圃地 | 黒星病、モニリア病、うどんこ病 |
| ベンコゼブ水和剤    | 600倍   | 落花直後、落花10日後頃、落花20日後頃 |     | 黒星病、黒点病、斑点落葉病   |
| デランフロアブル    | 1,500倍 |                      |     |                 |

### (4) 苗木における黒星病の発病状況

供試樹：‘三島ふじ’30樹、‘みすずつがる’30樹、‘王林’30樹。全て1年生苗木。

散布経過：表2参照。苗木育成時2018年の散布経過（参考：2017年の殺菌剤散布）

植え付け：2019年6月12日に苗木を植え付け、その後ビニール製の雨よけを設置。

調査方法：2019年8月13、14、19、20日に苗木の全葉を対象に発病状況を調査した。

表2 苗木育成時2018年の散布経過（左）と2017年の散布経過

| 回数 | 散布日    | 苗木育成時の殺菌剤散布履歴 | 倍数    | 回数 | 散布日   | 苗木育成時の殺菌剤散布履歴 | 倍数    |
|----|--------|---------------|-------|----|-------|---------------|-------|
| 1  | 5月24日  | フルーツセイバー      | 2,000 | 1  | 6月6日  | チオノックフロアブル    | 500   |
|    |        | コロナフロアブル      | 500   | 2  | 6月19日 | チオノックフロアブル    | 500   |
| 2  | 6月4日   | チオノックフロアブル    | 500   | 3  | 6月29日 | キノンドー水和剤80    | 1,200 |
| 3  | 6月14日  | ジマンダイセン水和剤    | 600   | 4  | 7月10日 | チオノックフロアブル    | 500   |
| 4  | 6月22日  | キノンドー水和剤      | 1,200 | 5  | 7月20日 | アントラコール顆粒水和剤  | 500   |
| 5  | 6月30日  | アントラコール顆粒水和剤  | 500   | 6  | 7月29日 | チオノックフロアブル    | 500   |
| 6  | 7月18日  | チオノックフロアブル    | 500   | 7  | 8月10日 | アントラコール顆粒水和剤  | 500   |
| 7  | 7月27日  | アントラコール顆粒水和剤  | 500   | 8  | 8月25日 | フリントフロアブル     | 3,000 |
| 8  | 8月9日   | チオノックフロアブル    | 500   | 9  | 8月31日 | ナリアWDG        | 2,000 |
| 9  | 8月17日  | アントラコール顆粒水和剤  | 500   | 10 | 9月8日  | ストライド顆粒水和剤    | 1,500 |
| 10 | 8月27日  | チオノックフロアブル    | 500   |    |       |               |       |
| 11 | 9月12日  | キノンドー水和剤      | 1,200 |    |       |               |       |
| 12 | 9月27日  | ペフラン液剤        | 1,500 |    |       |               |       |
| 13 | 10月13日 | コロナフロアブル      | 500   |    |       |               |       |
| 14 | 10月24日 | コロナフロアブル      | 500   |    |       |               |       |

(様式1)

(5) 被害落葉に対する各種資材の春処理に対する効果

1) 防除効果の検討

試験場所：りんご研究所内のB9-4号圃で実施。

供試樹：26年生ふじ/マルバカイドウ(1/2000ワグネルポットに植栽)を1区2樹供試。

薬剤散布：2019年4月18日(展葉日4/17)に所定濃度の供試薬剤を被害落葉に向けてハンドスプレーを用いてそれぞれ100~250ml(10a当たり換算で100~250L)散布。

試験区：2018年11月8日に黒星病の被害落葉を1㎡四方の枠に約1cmの厚さで敷き詰め、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、薬剤散布を実施した。風乾後に供試樹を設置して、4月18日から5月30日まで管理した。試験期間中の薬剤散布は殺虫剤のみ適宜散布した。

調査方法：5月30日に各区の樹の全葉を対象に発病状況を下記の指数別に調査し、発病葉率と発病度を求めた。防除価は発病度から算出した。

発病指数 0：発病なし 1：病斑面積が葉面積の1/4未満  
2：病斑面積が葉面積の1/4以上~1/2未満 3：病斑面積が葉面積の1/2以上

$$\text{発病度} = \frac{\sum(\text{発病指数} \times \text{葉数})}{(\text{調査葉数} \times 3)} \times 100$$

2) 子のう孢子飛散状況

試験期間中、地面から5cmの高さにグリセリンゼリーを塗布したスライドガラスを設置した。これを3~4日毎に交換し、カバーガラス(18×18mm)内の子のう孢子を計数した。

(6) 現地防除技術実証試験

1) ベフラン液剤の収穫後散布の効果

試験場所：八戸市南郷および南部町沖田面のりんご園で実施。

供試樹：ふじ(マルバ台：八戸市南郷、わい性台：南部町沖田面)

薬剤散布：表3に示すように八戸市南郷では11月26日に、南部町沖田面では12月10日に動力噴霧機およびスピードスプレーヤでベフラン液剤1,000倍を散布した。

調査方法：5月20日に黒星病の発生状況について1区3樹、1樹あたり10果そうおよび10新梢の全葉を対象に調査した。

表3 試験園地の概要と散布経過

| 試験地                       | 散布時期            | 実験区   | 対照区 | 散布量  |
|---------------------------|-----------------|---|-----|------|
| 八戸市南郷<br>10.5a<br>前年の発生多い | 収穫後<br>11月26日   | ベフラン液剤<br>1,000倍                            |     | 2500 |
|                           | 展葉1週間後<br>4月23日 | ベフラン液剤<br>1,000倍                            | 同左  | 3500 |
|                           | 開花直前<br>5月3日    | フルーツセイバー<br>2,000倍                          | 同左  | 4000 |
|                           | 落花直後<br>5月16日   | ユニックス顆粒水和剤<br>1,000倍<br>ジマンダイセン水和剤<br>600倍  | 同左  | 4000 |
| 南部町沖田面<br>20a<br>前年の発生やや多 | 収穫後<br>12月10日   | ベフラン液剤<br>1,000倍                            |     | 2500 |
|                           | 展葉1週間後<br>4月25日 | ベフラン液剤<br>1,000倍                            | 同左  | 3000 |
|                           | 開花直前<br>5月4日    | ネクスターフロアブル<br>1,500倍                        | 同左  | 3000 |
|                           | 落花直後<br>5月16日   | ユニックス顆粒水和剤<br>1,000倍<br>トレノックスフロアブル<br>500倍 | 同左  | 3500 |

(様式1)

2) 石灰硫黄合剤の発芽前散布

試験場所：青森市浪岡 A、黒石市高館およびつがる市柏のリンゴ園で実施。

供試樹：王林（マルバ台：青森市浪岡 A、つがる市柏、わい性台：黒石市高館）

薬剤散布：表4に示すように青森市浪岡 A では4月8日、黒石市高館では4月7日、つがる市柏では4月4日にスピードスプレーヤで石灰硫黄合剤7~10倍を散布した。

調査方法：5月22日に黒星病の発生状況について1区3樹、1樹あたり10果そうおよび10新梢の全葉を対象に調査した。

表4 試験園地の概要と散布経過

| 試験地                      | 散布時期                | 実験区                                   | 対照区 | 散布量  |
|--------------------------|---------------------|---------------------------------------|-----|------|
| 青森市浪岡<br>10a<br>前年の発生多い  | <b>発芽前<br/>4月8日</b> | <b>石灰硫黄合剤<br/>10倍</b>                 |     | 2500 |
|                          | 芽出し当時<br>4月18日      | ベフラン液剤 1,000倍                         | 同左  | 3000 |
|                          | 展葉1週間後<br>4月28日     | ベフラン液剤 1,000倍                         | 同左  | 3500 |
|                          | 開花直前<br>5月5日        | オルフィンフロアブル 4,000倍                     | 同左  | 3500 |
|                          | 落花直後<br>5月15日       | ユニックス顆粒水和剤 2,000倍<br>ジマンダイセン水和剤 600倍  | 同左  | 3500 |
| 黒石市高館<br>48a<br>前年の発生少ない | <b>発芽前<br/>4月7日</b> | <b>石灰硫黄合剤<br/>7倍</b>                  |     | 4000 |
|                          | 芽出し当時<br>4月18日      | ベフラン液剤 1,000倍                         | 同左  | 4000 |
|                          | 展葉1週間後<br>4月24日     | ベフラン液剤 1,000倍                         | 同左  | 4000 |
|                          | 開花直前<br>5月4日        | オルフィンフロアブル 4,000倍<br>アンビルフロアブル 2,000倍 | 同左  | 3800 |
|                          | 落花直後<br>5月14日       | ユニックス顆粒水和剤 1,000倍<br>ジマンダイセン水和剤 600倍  | 同左  | 4000 |
| つがる市柏<br>20a<br>前年の発生やや多 | <b>発芽前<br/>4月4日</b> | <b>石灰硫黄合剤<br/>10倍</b>                 |     | 2500 |
|                          | 展葉1週間後<br>4月24日     | ベフラン液剤 1,000倍                         | 同左  | 3000 |
|                          | 開花直前<br>5月4日        | フルーツセイバー 2,000倍                       | 同左  | 3000 |
|                          | 落花直後<br>5月14日       | ユニックス顆粒水和剤 1,000倍<br>チオノックフロアブル 500倍  | 同左  | 3500 |

3) 被害落葉の粉砕処理

試験場所：青森市浪岡 B、黒石市牡丹平のリンゴ園で実施。

供試樹：ふじ（マルバ台：青森市浪岡 B、わい性台：黒石市牡丹平）

薬剤散布：表5に示すように青森市浪岡 B では2018年12月3日に、黒石市牡丹平では2019年4月4日に乗用草刈り機(刈り高10mm)で試験区を2~3往復して被害落葉を粉砕した。

調査方法：5月22日に黒星病の発生状況について1区3樹、1樹あたり10果そうおよび10新梢の全葉を対象に調査した。

(様式1)

表5 試験園地の概要と散布経過

| 試験地                       | 散布時期            | 実験区                                  | 対照区 | 散布量  |
|---------------------------|-----------------|--------------------------------------|-----|------|
| 青森市浪岡<br>10a<br>前年の発生多い   | 12月3日           | <b>乗用草刈り機による粉碎処理</b>                 |     |      |
|                           | 展葉1週間後<br>4月23日 | ベフラン液剤 1,000倍                        | 同左  | 4400 |
|                           | 特別散布<br>4月29日   | ベフラン液剤 1,000倍                        | 同左  | 4400 |
|                           | 開花直前<br>5月10日   | オルフィンフロアブル 4,000倍                    | 同左  | 4400 |
|                           | 落花直後<br>5月17日   | ユニックス顆粒水和剤 2,000倍<br>ジマンダイセン水和剤 600倍 | 同左  | 4400 |
| 黒石市牡丹平<br>29a<br>前年の発生少ない | 4月19日           | <b>乗用草刈り機による粉碎処理</b>                 |     |      |
|                           | 展葉1週間後<br>4月24日 | ベフラン液剤 1,000倍                        | 同左  | 3200 |
|                           | 開花直前<br>5月3日    | オルフィンフロアブル 4,000倍                    | 同左  | 3500 |
|                           | 落花直後<br>5月13日   | ユニックス顆粒水和剤 1,000倍<br>ジマンダイセン水和剤 600倍 | 同左  | 3500 |

4) 展着剤加用による効果

(1) アビオンーE

試験場所：弘前市相馬および五所川原市中泉のリンゴ園で実施。

供試樹：ふじ（マルバ台：五所川原市中泉、わい性台：弘前市相馬）

薬剤散布：表6に示すように「開花直前」から「落花20日後」まで基準薬剤にアビオンーE 2,000倍を加用して、スピードスプレーヤで散布した。

調査方法：6月26日に黒星病の発生状況について1区3樹、1樹あたり10果そうおよび10新梢の全葉を対象に調査した。

表6 試験園地の概要と散布経過

| 試験地                     | 散布時期                      | 実験区  | 対照区                                       | 散布量                   |
|-------------------------|---------------------------|--|---|-----------------------|
| 弘前市相馬<br>20a<br>前年の発生多い | 開花直前<br>5月4日              | オルフィンフロアブル 4,000倍<br><b>アビオンーE 2,000倍</b>                    | 同左<br>アイヤーエース 10,000倍                     | 3700                  |
|                         | 落花直後<br>5月14日             | チオノックフロアブル 500倍<br><b>アビオンーE 2,000倍</b>                      | 同左<br>アイヤーエース 10,000倍                     | 3700                  |
|                         | 落花10日後<br>5月27日           | デランフロアブル 1500<br><b>アビオンーE 2,000倍</b>                        | 同左<br>アイヤーエース 10,000倍                     | 4000                  |
|                         | 落花20日後<br>6月9日            | チオノックフロアブル 500倍<br><b>アビオンーE 2,000倍</b>                      | 同左<br>アイヤーエース 10,000倍                     | 4000                  |
|                         | 五所川原市中泉<br>20a<br>前年の発生多い | 開花直前<br>5月4日   | オルフィンフロアブル 4,000倍<br><b>アビオンーE 2,000倍</b> | 同左<br>ネオエステリン 10,000倍 |
| 落花直後<br>5月14日           |                           | ユニックス顆粒水和剤 2,000倍<br>ジマンダイセン水和剤 600倍<br><b>アビオンーE 2,000倍</b> | 同左<br>同左<br>ネオエステリン 10,000倍               | 4600                  |
| 落花10日後<br>5月24日         |                           | デランフロアブル 1500<br><b>アビオンーE 2,000倍</b>                        | 同左<br>ネオエステリン 10,000倍                     | 4600                  |
| 落花20日後<br>6月3日          |                           | ラビライト水和剤 500倍<br><b>アビオンーE 2,000倍</b>                        | 同左<br>ネオエステリン 10,000倍                     | 5600                  |

(様式 1)

(2) ササラ

試験場所：平川市平田森および五所川原市原子のリンゴ園で実施。

供試樹：ふじ（マルバ台）

薬剤散布：表 7 に示すように「開花直前」から「落花 20 日後」まで基準薬剤にササラ 5,000 倍を加用して、スピードスプレーヤーで散布した。

調査方法：6 月 26 日に黒星病の発生状況について 1 区 3 樹、1 樹あたり 10 果そうおよび 10 新梢の全葉を対象に調査した。

表 7 試験園地の概要と散布経過

| 試験地                        | 散布時期             | 実験区               | 対照区            | 散布量  |
|----------------------------|------------------|-------------------|----------------|------|
| 平川市平田森<br>前年の発生多い          | 開花直前<br>5月3日     | フルーツセイバー 2,000倍   | 同左             | 3500 |
|                            |                  | アンビルフロアブル 2,000倍  | 同左             |      |
|                            |                  | <b>ササラ 5,000</b>  | ネオエステリン 5,000倍 |      |
|                            | 落花直後<br>5月13日    | ユニックス顆粒水和剤 2,000倍 | 同左             | 4000 |
|                            |                  | ジマンダイセン水和剤 600倍   | 同左             |      |
|                            | <b>ササラ 5,000</b> | ネオエステリン 5,000倍    |                |      |
| 特別散布<br>5月19日              | チオノックフロアブル 500倍  | 同左                | 4500           |      |
|                            | <b>ササラ 5,000</b> | ネオエステリン 5,000倍    |                |      |
| 五所川原市原子<br>20a<br>前年の発生少ない | 開花直前<br>5月7日     | オルフィンフロアブル 4,000倍 | 同左             | 2500 |
|                            |                  | <b>ササラ 5,000</b>  | 展着パウダー 10,000倍 |      |
|                            | 落花直後<br>5月17日    | ユニックス顆粒水和剤 2,000倍 | 同左             | 2500 |
|                            |                  | ジマンダイセン水和剤 600倍   | 同左             |      |
|                            | <b>ササラ 5,000</b> | 展着パウダー 10,000倍    |                |      |
| 落花10日後<br>5月27日            | ブローダ水和剤 500倍     | 同左                | 3000           |      |
|                            | <b>ササラ 5,000</b> | アイヤーエース 10,000倍   |                |      |
| 落花20日後<br>6月3日             | デランフロアブル 1,500倍  | 同左                | 6000           |      |
|                            | <b>ササラ 5,000</b> | ネオエステリン 5,000倍    |                |      |
| 五所川原市原子<br>20a<br>前年の発生少ない | 開花直前<br>5月7日     | オルフィンフロアブル 4,000倍 | 同左             | 2500 |
|                            |                  | <b>ササラ 5,000</b>  | 展着パウダー 10,000倍 |      |
|                            | 落花直後<br>5月17日    | ユニックス顆粒水和剤 2,000倍 | 同左             | 2500 |
|                            |                  | ジマンダイセン水和剤 600倍   | 同左             |      |
|                            | <b>ササラ 5,000</b> | 展着パウダー 10,000倍    |                |      |
| 落花10日後<br>5月27日            | ブローダ水和剤 500倍     | 同左                | 3000           |      |
|                            | <b>ササラ 5,000</b> | アイヤーエース 10,000倍   |                |      |
| 落花20日後<br>6月5日             | デランフロアブル 1,500倍  | 同左                | 3000           |      |
|                            | <b>ササラ 5,000</b> | アイヤーエース 10,000倍   |                |      |

3. 調査結果

(1) 青森県内のリンゴ黒星病菌の DMI 剤感受性検定

- 1) 黒石市牡丹平ではフェナリモル EC50 値が 0.475~1.738ppm (平均 0.959ppm)、ジフェノコナゾール EC50 値が 0.005~2.816ppm (平均 0.518ppm) であった (表 8)。弘前市原ヶ平ではフェナリモル EC50 値が 0.602~2.470ppm (平均 1.206ppm)、ジフェノコナゾール EC50 値が 0.025~2.177ppm (平均 0.703ppm) であった。弘前市乳井ではフェナリモル EC50 値が 0.636~1.902ppm (平均 1.100ppm)、ジフェノコナゾール EC50 値が 0.031~2.102ppm (平均 0.600ppm) であった。つがる市柏ではフェナリモル EC50 値が 0.474~2.155ppm (平均 1.052ppm)、ジフェノコナゾール EC50 値が <0.001~1.226ppm (平均 0.493ppm) であった。
- 2) フェナリモルとジフェノコナゾールに対する感受性には正の相関 (r=0.711) がみられた (図 1)。

(様式1)

表8 各園地の感受性検定結果

| 調査園地   | 供試菌株数 | フェナリモル |       |       | ジフェノコナゾール |        |       |
|--------|-------|--------|-------|-------|-----------|--------|-------|
|        |       | 平均値    | 最小値   | 最大値   | 平均値       | 最小値    | 最大値   |
| 黒石市牡丹平 | 15    | 0.959  | 0.475 | 1.738 | 0.518     | 0.005  | 2.816 |
| 弘前市原ヶ平 | 15    | 1.206  | 0.602 | 2.470 | 0.703     | 0.025  | 2.177 |
| 弘前市乳井  | 15    | 1.100  | 0.636 | 1.902 | 0.600     | 0.031  | 2.102 |
| つがる市柏  | 15    | 1.052  | 0.474 | 2.155 | 0.493     | <0.001 | 1.226 |

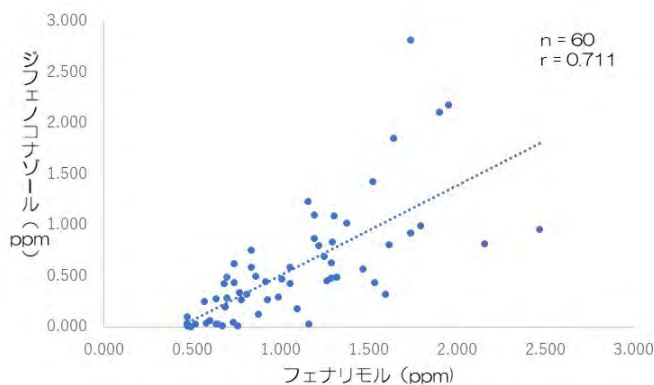


図1 フェナリモルとジフェノコナゾールの交差感受性

(2) リンゴ黒星病に対する各種薬剤の防除効果

- 1) 無散布区が発病葉率 59.2%、発病度 35.4 の中発生となった (表9)。その中で、対照薬剤のジマンダイセン水和剤は発病が認められず、防除価 100 となった。
- 2) ベフラン液剤 25 の 1,000 倍、フルーツセイバー 2,000 倍、ネクスターフロアブル 1,500 倍、オルフィンフロアブル 4,000 倍、パレード 15 フロアブル 2,000 倍、ユニックス顆粒水和剤の 1,000 倍と 2,000 倍、デランフロアブル 1,500 倍及びペンコゼブ水和剤 600 倍は防除価が 97.2 ~ 100 と高い防除効果を示した。

表9 黒星病に対する各種薬剤の防除効果

| 供試薬剤         | 希釈倍数   | 調査葉数 | 指数別発病葉数 |     |    |    | 発病葉率 (%) | 発病度  | 防除価  |
|--------------|--------|------|---------|-----|----|----|----------|------|------|
|              |        |      | 0       | 1   | 2  | 3  |          |      |      |
| ベフラン液剤25     | 1,000倍 | 120  | 119     | 1   | 0  | 0  | 0.8      | 0.3  | 99.2 |
| フルーツセイバー     | 2,000倍 | 110  | 110     | 110 | 0  | 0  | 0        | 0    | 100  |
| ネクスターフロアブル   | 1,500倍 | 100  | 97      | 3   | 0  | 0  | 3        | 1    | 97.2 |
| オルフィンフロアブル   | 4,000倍 | 120  | 120     | 0   | 0  | 0  | 0        | 0    | 100  |
| パレード15フロアブル  | 2,000倍 | 110  | 108     | 2   | 0  | 0  | 1.8      | 0.6  | 98.3 |
| ユニックス顆粒水和剤47 | 1,000倍 | 110  | 109     | 1   | 0  | 0  | 0.9      | 0.3  | 99.1 |
|              | 2,000倍 | 120  | 120     | 0   | 0  | 0  | 0        | 0    | 100  |
| デランフロアブル     | 1,500倍 | 110  | 110     | 0   | 0  | 0  | 0        | 0    | 100  |
| ペンコゼブ水和剤     | 600倍   | 110  | 110     | 0   | 0  | 0  | 0        | 0    | 100  |
| ジマンダイセン水和剤   | 600倍   | 110  | 110     | 0   | 0  | 0  | 0        | 0    | 100  |
| 無散布          |        | 130  | 53      | 35  | 23 | 19 | 59.2     | 35.4 |      |

(様式 1)

(3) 新規薬剤の実用化試験

- 1) 散布経過は表 10 に示すとおりに実施した。パレード 15 フロアブルを「開花直前」に散布した A 園において、黒星病の発生は新梢葉では実験区で 1.0%、対照区で 0%であった (表 11)。果実では実験区、対照区ともに 0%であった (表 12)。他病害の発生は認められなかった。薬害も認められなかった。
- 2) パレード 15 フロアブルを「開花直前」に散布した B 園において、黒星病の発生は新梢葉では実験区で 4.3%、対照区で 2.0%であった (表 11)。果実では実験区で 2.3%、対照区で 1.0%であった (表 12)。他病害の発生は認められなかった。薬害も認められなかった。

表 10 パレード 15 フロアブル試験園地の薬剤散布経過

| 散布時期      | A 園      |                                   |                                    |                | B 園              |                                   |                                    |                  |                  |                  |
|-----------|----------|-----------------------------------|------------------------------------|----------------|------------------|-----------------------------------|------------------------------------|------------------|------------------|------------------|
|           | 散布月日     | 実施区                               |                                    | 対照区            | 散布月日             | 実施区                               |                                    | 対照区              |                  |                  |
| 展葉 1 週間後頃 | 4 月 23 日 | ベフラン<br>ダズバン<br>アブロード<br>ハーベストオイル | 1,000倍<br>3,000倍<br>1,000倍<br>200倍 | 同左             | 4 月 23 日         | ベフラン<br>ダズバン<br>アブロード<br>ラビサンスプレー | 1,000倍<br>3,000倍<br>1,000倍<br>200倍 | 同左               |                  |                  |
| 特別散布      | —        | —                                 |                                    | —              | 4 月 29 日         | チオノック                             | 500倍                               | 同左               |                  |                  |
| 開花直前      | 5 月 3 日  | パレード<br>カスケード                     | 2,000倍<br>4,000倍                   | オルフィン<br>カスケード | 4,000倍<br>4,000倍 | 5 月 4 日                           | パレード<br>ファイブスター                    | 2,000倍<br>3,000倍 | オルフィン<br>ファイブスター | 4,000倍<br>3,000倍 |
| 落花直後      | 5 月 14 日 | ユニックス<br>ジマンダイセン<br>カスケード         | 2,000倍<br>600倍<br>4,000倍           | 同左             | 5 月 13 日         | ユニックス<br>チオノック<br>カスケード           | 2,000倍<br>500倍<br>4,000倍           | 同左               |                  |                  |

表 11 新梢葉における各種病害に対する防除効果 (パレード 15 フロアブル)

| 試験園地 | 区   | 調査葉数 | 発病葉率 (%) |       | 薬害 |
|------|-----|------|----------|-------|----|
|      |     |      | 黒星病      | うどんこ病 |    |
| A 園  | 実施区 | 509  | 1.0      | 0     | なし |
|      | 対照区 | 512  | 0        | 0     | なし |
| B 園  | 実施区 | 493  | 4.3      | 0     | なし |
|      | 対照区 | 456  | 2.0      | 0     | なし |

表 12 果実における各種病害に対する防除効果 (パレード 15 フロアブル)

| 試験園地 | 区   | 調査果数 | 発病果率 (%)   |            |               |                 | 薬害 |
|------|-----|------|------------|------------|---------------|-----------------|----|
|      |     |      | モニリア病      |            | 黒星病<br>(6/13) | うどんこ病<br>(6/13) |    |
|      |     |      | 散布前 (4/26) | 散布後 (5/23) |               |                 |    |
| A 園  | 実施区 | 300  | 0          | 0          | 0             | 0               | なし |
|      | 対照区 | 300  | 0          | 0          | 0             | 0               | なし |
| B 園  | 実施区 | 300  | 0          | 0          | 2.3           | 0               | なし |
|      | 対照区 | 300  | 0          | 0          | 1.0           | 0               | なし |

- 3) 散布経過は表 13 に示すとおりに実施した。ペンコゼブ水和剤を「落花直後」～「落花 20 日後頃」の 3 回散布した C 園において、黒星病の発生は新梢葉では実験区で 0.9%、対照区で 0.9%であった (表 15)。果実では実験区、対照区ともに 0%であった。他病害の発生は認められなかった。薬害も認められなかった。
- 4) ペンコゼブ水和剤を「落花直後」～「落花 20 日後頃」の 3 回散布した D 園において、黒星病の発生は新梢葉では実験区で 0.8%、対照区で 1.8%であった (表 15)。果実では実験区、対照区ともに 0%であった。他病害の発生は認められなかった。薬害も認められなかった。
- 5) 散布経過は表 14 に示すとおりに実施した。デランフロアブルを「落花直後」～「落花 20 日後

(様式1)

頃」の3回散布したE園において、黒星病の発生は新梢葉では実験区で5.1%、対照区で5.8%であった(表15)。果実では実験区で0%、対照区で1.3%であった。他病害の発生は認められなかった。薬害も認められなかった。

6) デランフロアブルを「落花直後」～「落花20日後頃」の3回散布したF園において、黒星病の発生は新梢葉では実験区で0%、対照区で0.2%であった(表15)。果実では実験区、対照区ともに0%であった。他病害の発生は認められなかった。薬害も認められなかった。

表13 ペンコゼブ水和剤の試験園地の薬剤散布経過

| 散布時期    | C園    |   |                               | D園    |   |                              |
|---------|-------|---|-------------------------------|-------|---|------------------------------|
|         | 散布月日  | 実施区   | 対照区                           | 散布月日  | 実施区   | 対照区                          |
| 開花直前    | 5月5日  | オルフィン 4,000倍                                | 同左                            | 5月5日  | ネクスター 1,500倍<br>アンビル 1,000倍<br>カスケード 4,000倍 | 同左                           |
| 落花直後    | 5月14日 | ペンコゼブ 600倍<br>ユニックス 2,000倍                  | ジマンダイセン 600倍<br>ユニックス 2,000倍  | 5月14日 | ペンコゼブ 600倍<br>カスケード 4,000倍                  | ジマンダイセン 600倍<br>カスケード 4,000倍 |
| 特別散布    | —     | —   | —                             | 5月20日 | チオノック 500倍                                  | 同左                           |
| 落花10日後頃 | 5月20日 | ペンコゼブ 600倍                                  | ジマンダイセン 600倍                  | 5月26日 | ペンコゼブ 600倍                                  | ジマンダイセン 600倍                 |
| 落花20日後頃 | 5月27日 | ペンコゼブ 600倍<br>スブラサイド 1,500倍                 | ジマンダイセン 600倍<br>スブラサイド 1,500倍 | 6月3日  | ペンコゼブ 600倍<br>エルサン 1,000倍                   | ジマンダイセン 600倍<br>エルサン 1,000倍  |
| 6月中旬    | 6月9日  | アントラコール 500倍<br>ダイアジノン 1,000倍<br>ウララ 4,000倍 | 同左                            | 6月12日 | ラビライト 500倍<br>モスピラン 4,000倍<br>エコマイト 2,000倍  | 同左                           |

表14 デランフロアブル試験園地の薬剤散布経過

| 散布時期    | E園    |  |  | F園    |                               |                             |
|---------|-------|--|--|-------|-------------------------------|-----------------------------|
|         | 散布月日  | 実施区  | 対照区  | 散布月日  | 実施区                           | 対照区                         |
| 開花直前    | 5月6日  | オルフィン 4,000倍<br>カスケード 4,000倍               | 同左   | 5月6日  | オルフィン 4,000倍<br>アタプロン 4,000倍  | 同左                          |
| 落花直後    | 5月14日 | デラン 1,500倍<br>ユニックス 2,000倍<br>カスケード 4,000倍 | チオノック 500倍<br>ユニックス 2,000倍<br>カスケード 4,000倍 | 5月15日 | デラン 1,500倍<br>ユニックス 2,000倍    | チオノック 500倍<br>ユニックス 2,000倍  |
| 特別散布    | 5月20日 | ジマンダイセン 600倍                               | 同左   | —     | —                             | —                           |
| 落花10日後頃 | 5月27日 | デラン 1,500倍<br>ダントツ 4,000倍                  | チオノック 500倍<br>ダントツ 4,000倍                  | 5月25日 | デラン 1,500倍<br>エルサン 1,000倍     | チオノック 500倍<br>エルサン 1,000倍   |
| 落花20日後頃 | 6月4日  | デラン 1,500倍<br>サイアノックス 1,000倍               | チオノック 500倍<br>サイアノックス 1,000倍               | 6月4日  | デラン 1,500倍<br>スブラサイド 1,500倍   | チオノック 500倍<br>スブラサイド 1,500倍 |
| 6月中旬    | 6月14日 | バスポート 1,000倍<br>ダイアジノン 1,000倍              | 同左   | 6月15日 | アントラコール 500倍<br>ダイアジノン 1,000倍 | 同左                          |

表15 新梢葉及び果実における各種病害に対する防除効果(ペンコゼブ水和剤、デランフロアブル)

| 試験園地 | 区   | 新梢葉       |         |            |         | 果実   |          |          | 薬害 |
|------|-----|-----------|---------|------------|---------|------|----------|----------|----|
|      |     | 黒星病(6/13) |         | 斑点落葉病(8/8) |         | 調査果数 | 発病果率(%)  |          |    |
|      |     | 調査葉数      | 発病葉率(%) | 調査葉数       | 発病葉率(%) |      | 黒星病(8/8) | 黒点病(8/8) |    |
| C園   | 実施区 | 470       | 0.9     | 486        | 0       | 300  | 0        | 0        | なし |
|      | 対照区 | 457       | 0.9     | 526        | 0       | 300  | 0        | 0        | なし |
| D園   | 実施区 | 510       | 0.8     | 513        | 0       | 300  | 0        | 0        | なし |
|      | 対照区 | 491       | 1.8     | 527        | 0       | 300  | 0        | 0        | なし |
| E園   | 実施区 | 489       | 5.1     | 530        | 0       | 300  | 0        | 0        | なし |
|      | 対照区 | 498       | 5.8     | 493        | 0       | 300  | 1.3      | 0        | なし |
| F園   | 実施区 | 502       | 0       | 552        | 0       | 300  | 0        | 0        | なし |
|      | 対照区 | 510       | 0.2     | 594        | 0       | 300  | 0        | 0        | なし |

(4) 苗木における黒星病の発病状況

2019年6月に植え付けた1年生苗木について、黒星病の発病を調査した結果、苗木90樹において発病はみられなかった。

(様式 1)

(5) 被害落葉に対する各種資材の春処理に対する効果

1) 防除効果の検討

- (1) 水処理した 8 区では発病葉率 19.0%、発病度 6.4%と少発生条件ではあるものの、資材の効果の評価するには十分な発病が認められた (表 16)。一方、被害落葉を敷設しない 9 区でも僅かに発病がみられた。
- (2) 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 4.7~7.1%、発病度 1.6~2.4、防除価 63.3~75.0 と一定の防除効果が認められた。
- (3) 尿素 50 倍を処理した 4 区では発病葉率 0.5%、発病度 0.2、防除価 97.7 と高い防除効果が認められた。
- (4) 除草剤のシマジン 500 倍及びバスタ 300 倍を処理した 5~6 区では発病葉率 6.0~6.2%、発病度 2.0~2.1、防除価 68.0~69.5 と一定の防除効果が認められた。
- (5) ベフラン液剤 1,000 倍を処理した 7 区では発病葉率 12.0%、発病度 4.0、防除価 37.5 と効果は認められなかった。

2) 子のう孢子飛散状況

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たものの、飛散数が最大で 11 個であった。各区の累積の孢子飛散数は水処理区した 8 区で 14 個、被害落葉を敷設しない 9 区で 4 個であった。これに対し、各種資材処理区では 4~27 個であったが、飛散数が少なく効果は判然としなかった。

表 16 被害落葉に対する各種資材の処理効果

| 区 | 供試薬剤                              | 反復 | 調査葉数<br>(個) | 発病葉率<br>(%) | 発病度 | 防除価  | 累積孢子<br>飛散数(個) |
|---|-----------------------------------|----|-------------|-------------|-----|------|----------------|
| 1 | フロンサイド 1,000倍100ml/m <sup>2</sup> | I  | 607         | 5.3         | 1.8 | 75.0 | 10             |
|   |                                   | II | 560         | 4.1         | 1.4 |      |                |
|   |                                   | 平均 | 583.5       | 4.7         | 1.6 |      |                |
| 2 | フロンサイド 2,000倍100ml/m <sup>2</sup> | I  | 760         | 0.9         | 0.3 | 63.3 | 27             |
|   |                                   | II | 504         | 13.3        | 4.4 |      |                |
|   |                                   | 平均 | 632.0       | 7.1         | 2.4 |      |                |
| 3 | フロンサイド 2,000倍250ml/m <sup>2</sup> | I  | 372         | 5.9         | 2.0 | 74.2 | 8              |
|   |                                   | II | 372         | 4.0         | 1.3 |      |                |
|   |                                   | 平均 | 372.0       | 5.0         | 1.7 |      |                |
| 4 | 尿素50倍200ml/m <sup>2</sup>         | I  | 721         | 0.4         | 0.1 | 97.7 | 4              |
|   |                                   | II | 565         | 0.5         | 0.2 |      |                |
|   |                                   | 平均 | 643.0       | 0.5         | 0.2 |      |                |
| 5 | シマジン500倍150ml/m <sup>2</sup>      | I  | 649         | 6.3         | 2.1 | 68.0 | 24             |
|   |                                   | II | 416         | 6.0         | 2.0 |      |                |
|   |                                   | 平均 | 532.5       | 6.2         | 2.1 |      |                |
| 6 | バスタ300倍150ml/m <sup>2</sup>       | I  | 480         | 8.5         | 2.8 | 69.5 | 12             |
|   |                                   | II | 791         | 3.4         | 1.1 |      |                |
|   |                                   | 平均 | 635.5       | 6.0         | 2.0 |      |                |
| 7 | ベフラン1,000倍250ml/m <sup>2</sup>    | I  | 803         | 8.3         | 2.8 | 37.5 | 15             |
|   |                                   | II | 464         | 15.7        | 5.2 |      |                |
|   |                                   | 平均 | 633.5       | 12.0        | 4.0 |      |                |
| 8 | 水処理250ml/m <sup>2</sup>           | I  | 377         | 19.1        | 6.4 |      | 14             |
|   |                                   | II | 421         | 18.8        | 6.3 |      |                |
|   |                                   | 平均 | 399.0       | 19.0        | 6.4 |      |                |
| 9 | 落葉敷設なし                            | I  | 411         | 3.6         | 1.2 |      | 4              |
|   |                                   | II | 730         | 0.5         | 0.2 |      |                |
|   |                                   | 平均 | 570.5       | 2.1         | 0.7 |      |                |

(様式1)

(6) 現地防除技術実証試験

1) ベフラン液剤の収穫後散布

八戸市南郷：発病果そう率は実験区で40.0%、対照区で16.7%であった（表17）。果そう葉の発病葉率は実験区で7.1%、対照区で2.6%であった。新梢葉の発病葉率は実験区で1.9%、対照区では発生がみられなかった。

南部町沖田面：発病果そう率は実験区で3.3%、対照区で10.0%であった。果そう葉の発病葉率は実験区で0.4%、対照区で1.3%であった。

表17 各区における黒星病の発生状況

| 試験地    | 試験区 | 調査品種 | 調査果<br>そう数(枚) | 発病果<br>そう率(%) | 果そう葉        |             | 新梢葉         |             |
|--------|-----|------|---------------|---------------|-------------|-------------|-------------|-------------|
|        |     |      |               |               | 調査葉数<br>(枚) | 発病葉率<br>(%) | 調査葉数<br>(枚) | 発病葉率<br>(%) |
| 八戸市南郷  | 実験区 | ふじ   | 30            | 40.0          | 226         | 7.1         | 314         | 1.9         |
|        | 対照区 | ふじ   | 30            | 16.7          | 234         | 2.6         | 327         | 0.0         |
| 南部町沖田面 | 実験区 | ふじ   | 30            | 3.3           | 223         | 0.4         | 314         | 0.0         |
|        | 対照区 | ふじ   | 30            | 10.0          | 229         | 1.3         | 327         | 0.0         |

2) 石灰硫黄合剤の発芽前散布

青森市浪岡A：発病果そう率は実験区で0.0%、対照区で3.3%であった（表18）。果そう葉の発病葉率は実験区で0.0%、対照区で0.5%であった。新梢葉の発病葉率は実験区で0.0%、対照区0.6%であった。

黒石市高館：実験区、対照区ともに黒星病の発生はみられなかった。

つがる市柏：発病果そう率は実験区で16.7%、対照区で40.0%であった。果そう葉の発病葉率は実験区で2.6%、対照区で7.0%であった。

表18 各区における黒星病の発生状況

| 試験地    | 試験区 | 調査品種 | 調査果<br>そう数(枚) | 発病果<br>そう率(%) | 果そう葉        |             | 新梢葉         |             |
|--------|-----|------|---------------|---------------|-------------|-------------|-------------|-------------|
|        |     |      |               |               | 調査葉数<br>(枚) | 発病葉率<br>(%) | 調査葉数<br>(枚) | 発病葉率<br>(%) |
| 青森市浪岡A | 実験区 | 王林   | 30            | 0.0           | 221         | 0.0         | 330         | 0.0         |
|        | 対照区 | 王林   | 30            | 3.3           | 216         | 0.5         | 338         | 0.6         |
| 黒石市高館  | 実験区 | ふじ   | 30            | 0.0           | 250         | 0.0         | 293         | 0.0         |
|        | 対照区 | ふじ   | 30            | 0.0           | 245         | 0.0         | 249         | 0.0         |
| つがる市柏  | 実験区 | ふじ   | 30            | 16.7          | 235         | 2.6         | 301         | 4.3         |
|        | 対照区 | ふじ   | 30            | 40.0          | 227         | 7.0         | 333         | 2.4         |

3) 被害落葉の粉碎処理

青森市浪岡：発病果そう率は実験区で10.0%、対照区で3.3%であった（表19）。果そう葉の発病葉率は実験区で1.3%、対照区で0.4%であった。新梢葉の発病葉率は実験区で1.4%、対照区で0%であった。

黒石市牡丹平：実験区、対照区ともに黒星病の発生は認められなかった。

(様式 1)

表 19 各区における黒星病の発生状況

| 試験地    | 試験区 | 調査品種 | 調査果<br>そう数(枚) | 発病果<br>そう率(%) | 果そう葉        |             | 新梢葉         |             |
|--------|-----|------|---------------|---------------|-------------|-------------|-------------|-------------|
|        |     |      |               |               | 調査葉数<br>(枚) | 発病葉率<br>(%) | 調査葉数<br>(枚) | 発病葉率<br>(%) |
| 青森市浪岡B | 実験区 | ふじ   | 30            | 10.0          | 227         | 1.3         | 275         | 1.4         |
|        | 対照区 | ふじ   | 30            | 3.3           | 238         | 0.4         | 275         | 0.0         |
| 黒石市牡丹平 | 実験区 | ふじ   | 30            | 0.0           | 222         | 0.0         | 260         | 0.0         |
|        | 対照区 | ふじ   | 30            | 0.0           | 236         | 0.0         | 324         | 0.0         |

#### 4) 展着剤加用による効果

##### (1) アビオンーE

弘前市相馬：新梢葉の発病葉率は実験区で0%、対照区で0.6%であった(表20)。果実では発生が認められなかった。

五所川原市中泉：新梢葉の発病葉率は実験区で1.2%、対照区で0.7%であった。果実では実験区で4.3%であった。対照区は有袋にしていたため調査できなかった。

表 20 各区における黒星病の発生状況

| 試験地     | 試験区 | 調査品種 | 新梢葉         |             | 果実          |             |
|---------|-----|------|-------------|-------------|-------------|-------------|
|         |     |      | 調査葉数<br>(枚) | 発病葉率<br>(%) | 調査果数<br>(個) | 発病果率<br>(%) |
| 弘前市相馬   | 実験区 | ふじ   | 544         | 0.0         | 300         | 0.0         |
|         | 対照区 | ふじ   | 524         | 0.6         | 300         | 0.0         |
| 五所川原市中泉 | 実験区 | ふじ   | 498         | 1.2         | 300         | 4.3         |
|         | 対照区 | ふじ   | 670         | 0.7         | —           | —           |

—:有袋果により調査なし

##### (2) ササラ

平川市平田森：新梢葉の発病葉率は実験区で4.9%、対照区で8.6%であった(表21)。果実では実験区で3.0%、対照区で1.3%であった。

五所川原市原子：新梢葉の発病葉率は実験区で0.8%、対照区で0.4%であった。果実では実験区で0.3%であった。対照区では発生が認められなかった。

表 21 各区における黒星病の発生状況

| 試験地     | 試験区 | 調査品種 | 新梢葉         |             | 果実          |             |
|---------|-----|------|-------------|-------------|-------------|-------------|
|         |     |      | 調査葉数<br>(枚) | 発病葉率<br>(%) | 調査果数<br>(個) | 発病果率<br>(%) |
| 平川市平田森  | 実験区 | ふじ   | 528         | 4.9         | 300         | 3.0         |
|         | 対照区 | ふじ   | 536         | 8.6         | 300         | 1.3         |
| 五所川原市原子 | 実験区 | ふじ   | 496         | 0.8         | 300         | 0.3         |
|         | 対照区 | ふじ   | 488         | 0.4         | 300         | 0.0         |

(様式1)

#### 4. 考察

青森県では依然として DMI 剤の感受性が低下していることが確認されている。このような DMI 剤耐性菌存在下においても、ベフラン液剤、SDHI 剤（フルーツセイバー、ネクスターフロアブル、オルフィンフロアブル、パレード 15 フロアブル）、ユニックス顆粒水和剤、デランフロアブル及びペンコゼブは高い予防効果を有すると考えられた。また、現地実証試験において SDHI 剤のパレード 15 フロアブルは黒星病、うどんこ病及びモニリア病に対して対照区と同等の効果を示し、ペンコゼブ水和剤及びデランフロアブルは黒星病、黒点病及び斑点落葉病に対して対照区と同等の効果を示した。いずれの剤も薬害は認められなかった。また、春先の被害落葉への処理資材として、尿素 50 倍の効果が認められたほか、フロンサイド SC やシマジン、バスタなどの薬剤も有効であると考えられた。しかしながら、いずれの資材も黒星病対策としては登録外使用となるため、メーカー等への対応などが必要と考えられる。育成苗木に対する薬剤散布の効果や黒星病に対する各種防除技術の効果は発生がないあるいは極少発生のため、効果は判然としなかった。

#### 5. 今後の課題

引き続き、DMI 剤耐性菌存在下における各種薬剤（SDHI 剤など）の検索と効果検証（予防・治療）を行い、DMI 剤に依存しない新たな防除体系を開発する必要がある。また、被害落葉に対する資材処理の効果については尿素とフロンサイド SC に絞って次年度も検討を行う。苗木における黒星病発病の要因解明、防除方法の確立並びに黒星病防除技術実証試験については、関係機関と連携しながら、次年度も継続する。

#### 6. 要約

青森県では依然として DMI 剤の感受性が低下していることが確認されている。このような状況下においても、ベフラン液剤、SDHI 剤、ユニックス顆粒水和剤、デランフロアブル及びペンコゼブは高い予防効果を有すると考えられた。また、現地実証試験において SDHI 剤のパレード 15 フロアブル、ペンコゼブ水和剤及びデランフロアブルは各種病害に対して対照区と同等の効果を示し、薬害も認められなかったことから、実用性があると考えられた。このうち、パレード 15 フロアブル 2,000 倍及びペンコゼブ水和剤 600 倍は令和 2 年りんご病害虫防除暦及び農作物病害虫防除指針に採用し、普及に移した。一方、春先の被害落葉への処理資材として、尿素 50 倍の効果が認められたほか、フロンサイド SC やシマジン、バスタなどの薬剤も有効であると考えられた。育成苗木に対する薬剤散布の効果は発生がなく判然としなかった。黒星病に対する各種防除技術として、①ベフラン液剤の収穫後散布、②石灰硫黄合剤の発芽前散布、③被害落葉の粉碎処理、④展着剤加用による効果について検証したが、発生がないあるいは極少発生のため、効果は判然としなかった。

#### 7. 成果の公表及び特許

(様式1)

病虫害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 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

リンゴ黒星病は秋田県南部では10数年にわたり生産現場で発生が認められなかったが、2016年頃から発生圃場が散見されるようになり、2017年、2018年は発生地点、発生面積ともに急増し、果実被害も認められた。さらに2018年には秋田県では初めてとなるリンゴ黒星病 DMI 剤耐性菌が検出され、耐性菌の蔓延による DMI 剤の効力低下と多発が懸念されている。

そこで、県内の DMI 剤耐性菌の分布を明らかにするとともに、本病の重点防除時期を再検討した上で、DMI 剤耐性菌の存在下でも効果的な防除ができる散布体系を構築し、その実用性を評価する。

## 2. 試験および調査方法

### (1) 発生生態の解明

#### ①子のう孢子飛散消長調査

2018年秋に現地(湯沢市駒形町)のほ場から集めた被害葉を、50cm角のネットに詰めて根雪前に場内ほ場に敷設した。2019年4月4日(50%消雪日から概ね10日後)から吸引式の孢子収集器を被害落葉上に設置し、スライドガラスに貼り付けた透明両面テープ(以下、孢子トラップ)に子のう孢子を捕捉した。孢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した後、カバーガラスの範囲内に捕捉された子のう孢子を光学顕微鏡下で計数した。

#### ②発生消長調査

場内圃場の‘ふじ’わい性台、9年生樹(殺菌剤無散布)3樹を用い、1樹あたり30果叢、30新梢に標識を取り付け、随時発病状況を観察した。

### (2) CYP51遺伝子解析

調査標本は、主に県内各地域振興局農林部農業振興普及課職員が生産現場から採集した‘ふじ’の発病葉および発病果を用い、葉の病斑は1葉からサンプルチューブ(2.5ml)のキャップ部分で病斑を打ち抜き、果実病斑はメスで病斑を切り取り DNA 抽出に用いた。CYP51 遺伝子の塩基配列解は、農研機構果樹茶業研究部門リンゴ研究領域に依頼し、変異の有無を調査した。また、標本の受け取り時に採集圃場の発生状況を聞き取りした(表1)。

### (3) DMI 剤の代替剤を用いた防除体系試験

#### ①場内試験(耐性菌 未検出圃場)

場内圃場(26号圃)‘ふじ’わい性台、9年生樹、1区1樹、2反復とし、動力噴霧機を用いて1樹あたり約10リットルを散布した。各試験区の散布月日および供試薬剤を表2に示した。

6月3日に各樹40果(葉)そのの全葉について、6月18日は各樹40新梢について、発病の有

(様式1)

無を調査した。

## ②現地試験 (2018年に耐性菌 検出圃場)

2018年に多発し、CYP51遺伝子の変異株が高率で検出された湯沢市駒形町農家圃場の‘トキ’と‘ふじ’(成木)混植園を用い、1区10a(反復なし)で行った。散布はスピードスプレーヤーを用い、散布量は園主の慣行量(300L/10a)とした。

1区は試験薬剤オルフィンフロアブル4,000倍を、2区は慣行防除剤フルーツセイバー3,000倍を、いずれもチオノックフロアブル500倍を加用して開花直前に散布した。これ以外の散布は芽出し10日後散布から両区とも同じとした(表4)。

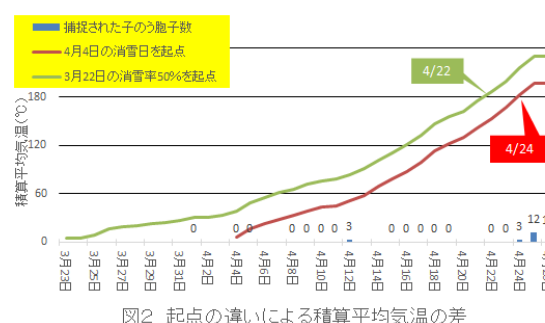
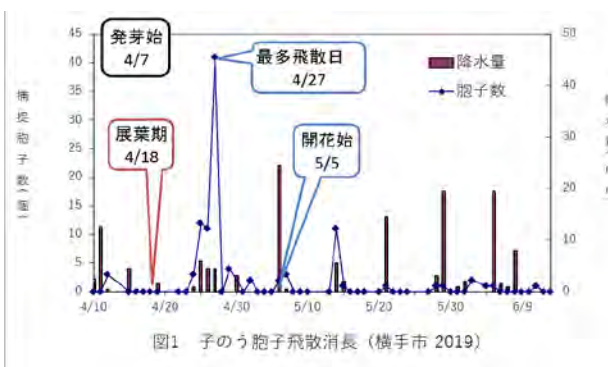
9月20日に1区10樹を選び1樹あたり30新梢について、黒星病と褐斑病の有無を調査し発病新梢率を算出した。

## 3. 調査結果

### (1) 発生生態の解明

#### ① 子のう胞子飛散消長

- 1) 子のう胞子の初飛散は4月12~14日に設置した胞子トラップで確認された。また、子のう胞子の最多飛散は4月27日設置のトラップで確認され、飛散盛期も4月27日を含む4日間の連続降雨期間であった。その後は6月14~16日設置の胞子トラップでやや多く捕捉され、以降は捕捉した胞子数は少ないものの、7月中旬まで継続した(図1)。
- 2) 果樹試験場の慣行法による試験圃場の消雪日は4月4日であったが、50%消雪日は3月22日であった。ただし3月23日から再び降雪があり、地面が再度雪に覆われた期間があった。3月22日を起算日とした場合に日平均気温の積算が180°Cに到達した日(以下、180°C到達日)は4月22日となり、4月4日を起算日とした場合は4月24日となり、2日の差が生じた(図2)。
- 3) 予測された初感染日(子のう胞子飛散が確認された日で、10時間以上のぬれ時間があつた日)は4月24日であり、開花始めの11日前であった。



#### ② 発生消長調査

場内圃場に植栽された「ゆめあかり」無散布で5月28日に初発生を確認した。予察樹‘ふじ’では8月1日に果叢葉および新梢葉に初めて発病が確認されたが、その後、果叢葉では8月15日に発病葉率0.6%、新梢葉では9月4日に発病葉率2.8%がピークとなり、極少発生に

(様式1)

経過した。調査樹での果実発病は認められなかった（図省略）。

## (2) リンゴ黒星病菌のCYP51遺伝子解析

- 1) 発生状況に関する生産者および普及指導員からの聞き取りによると、多発圃場は標本を採集した美郷町六郷の1圃場を含め数圃場であり、県全域での発生量は極めて少ないと見られる(表1)。
- 2) 生産現場17地点から得られた92標本について、CYP51遺伝子の変異を解析した。そのうち変異株は11地点、33標本(35.9%)から検出された(表1)。
- 3) 横手市中里、檜沢、増田、大森から得られた各1果の病斑をもとに解析した結果、いずれも変異株が検出された(表1)。
- 4) 2019年に多発した美郷町六郷から採集した8標本からはいずれも野生型が検出された(表1)。

## (3) DMI 剤の代替剤を用いた防除体系試験

### ① 場内試験

無散布を含め試験圃場全体の発生量が極めて少なく、防除体系の実証はできなかった(表2、3)。

### ② 現地試験

開花直前(5月5日)にオルフィンフロアブル4,000倍をチオノックフロアブル500倍に加用した1区、フルーツセイバー2,000倍をチオノックフロアブル500倍に加用した2区、共に黒星病、褐斑病の発生は極めて少なく、防除体系の効果については評価できなかった(表4、5)。

表1 2019年に秋田県内で採集したリンゴ黒星病菌のCYP51遺伝子解析結果

| 標本採集地 |          | 発生状況 | 調査標本<br>総数 | 野生型 | 変異型 | 混在* |
|-------|----------|------|------------|-----|-----|-----|
| 鹿角市   | 花輪       | 少    | 8          | 7   | 1   |     |
| 大館市   | 真中T      | 少    | 6          |     | 6   |     |
|       | 真中M      | 少    | 4          | 2   | 2   |     |
| 北秋田市  | 鷹巣A      | 少    | 6          | 5   | 1   |     |
|       | 鷹巣B      | 少    | 7          |     | 7   |     |
|       | 合川       | 少    | 7          |     | 7   |     |
| 横手市   | 雄物川町大沢C  | 少    | 5          |     | 4   | 1   |
|       | 雄物川町大沢D  | 少    | 8          | 8   |     |     |
|       | 金沢中野     | 少    | 8          | 8   |     |     |
|       | 大森町川西    | 極少   | 1          |     | 1   |     |
|       | 檜沢       | 極少   | 1          |     | 1   |     |
|       | 増田吉野     | 極少   | 1          |     | 1   |     |
|       | 中里       | 極少   | 1          |     | 1   |     |
|       | 大屋新町     | 少    | 8          | 8   |     |     |
|       | 平鹿町萩ノ目   | 中    | 8          | 8   |     |     |
|       | 寿町(家庭菜園) | 少    | 5          | 5   |     |     |
|       | 美郷町      | 六郷   | 多          | 8   | 8   |     |
| 合計    |          |      | 92         | 59  | 32  | 1   |

\*混在は病斑を切り取る際、密に重なった病斑中に野生型と変異型が混発していたと考えられる。

(様式1)

| 試験区             | 発芽10日後         | 展葉期          | 開花直前                         | 落花期                           | 落花10日後        |
|-----------------|----------------|--------------|------------------------------|-------------------------------|---------------|
|                 | 4月18日          | 5月1日         | 5月12日                        | 5月22日                         | 6月5日          |
| ①DMI剤2回体系       | ベフラン液剤<br>1000 | パスポート顆粒 1000 | オンリーワンFL 2000<br>チオノックFL 500 | アンビルFL 2000<br>ジマンダイセンWP 600  | デランFL<br>2000 |
| ②SDHI・AP各1回体系   |                | パスポート顆粒 1000 | オルフィンFL 4000<br>チオノックFL 500  | ユニックス顆粒 2000<br>ジマンダイセンWP 600 |               |
| ③ ベフラン2回+②体系    |                | ベフラン液剤 1000  | オルフィンFL 4000<br>チオノックFL 500  | ユニックス顆粒 2000<br>ジマンダイセンWP 600 |               |
| ④NF-180・AP各1回体系 |                | ベフラン液剤 1000  | NF-180 2000<br>チオノックFL 500   | ユニックス顆粒 2000<br>ジマンダイセンWP 600 |               |
| 無散布             |                |              |                              |                               |               |

表3 リンゴ黒星病体系化防除試験(場内)の調査結果

| 試験区  | 調査月日   |      |         |       |          |   |
|------|--------|------|---------|-------|----------|---|
|      | 6月3日   |      |         | 6月18日 |          |   |
|      | 調査果そう数 | 調査葉数 | 発病葉率(%) | 調査新梢数 | 発病新梢率(%) |   |
| ①区   | 1      | 40   | 240     | 0     | 40       | 0 |
|      | 2      | 40   | 268     | 0     | 40       | 0 |
| ②区   | 1      | 40   | 290     | 0     | 40       | 0 |
|      | 2      | 40   | 251     | 0     | 40       | 0 |
| ③区   | 1      | 40   | 247     | 0     | 40       | 0 |
|      | 2      | 40   | 250     | 0     | 40       | 0 |
| ④区   | 1      | 40   | 243     | 0     | 40       | 0 |
|      | 2      | 40   | 240     | 0     | 40       | 0 |
| 無散布区 | 1      | 40   | nd      | nd    | 40       | 0 |
|      | 2      | 40   | nd      | nd    | 40       | 0 |
|      | 3      | 40   | nd      | nd    | 40       | 0 |

表4 リンゴ黒星病体系化防除試験(現地:湯沢市)の構成

| 試験区          | 4月22日<br>芽出し後10日 | 4月30日<br>芽出し後20日 | 5月5日<br>開花直前                         | 5月14日<br>落花直後                       |
|--------------|------------------|------------------|--------------------------------------|-------------------------------------|
| 1区 オルフィン区    | ベフラン液<br>1000倍   | オーソサイドWP<br>800倍 | オルフィンFL<br>4000倍<br>チオノックFL<br>500倍  | ユニックス顆粒<br>2000倍<br>チオノックFL<br>500倍 |
| 2区 フルーツセイバー区 |                  |                  | フルーツセイバー<br>3000倍<br>チオノックFL<br>500倍 |                                     |

以降の防除実績

5/27ジマンダイセン600、6/4アントラコール500、6/15パスポート1000、6/28パスポート1000、  
7/10アントラコール500、7/21オキシラン600+ユニックス2000、8/1ダイパワー1000、8/9オキシラン600、  
8/20アリエッティC800、9/3ストライド1500、9/13ストライド1500

表5 リンゴ黒星病体系化防除試験(現地:湯沢市)の調査結果(9月20日)

| 試験区          | 黒星病    |          | 褐斑病    |          |
|--------------|--------|----------|--------|----------|
|              | 調査新梢数※ | 発病新梢率(%) | 調査新梢数※ | 発病新梢率(%) |
| 1区 オルフィン区    | 300    | 0.0      | 300    | 0.0      |
| 2区 フルーツセイバー区 | 300    | 0.0      | 300    | 0.0      |

※ 各区10樹、1樹あたり30新梢を調査

(様式1)

#### 4. 考察

1) 県南部では多くの地域で開花直前のDMI剤+保護殺菌剤から当年の防除がスタートしているが、2019年の重点防除期である子とう胞子の飛散ピークは開花始めの9日前に認められた。また、感染始期(降雨時間が10時間)の推定日は子とう胞子飛散ピークよりさらに2日早かったことから、従来体系「開花直前を重点防除期とする」では黒星病の防除が不十分であり、より早い時期にあたる展葉期から黒星病を対象にした防除を始める必要があると考えられた。

2) 2018年に続き、2019年秋田県内のリンゴ黒星病発生状況は少発生圃場が点在し、多発生圃場はごくわずかであった。発生圃場から得られた病斑をもとにDNA抽出を行いCYP51遺伝子の解析を行った結果、少発生圃場や局所発生圃場からも変異株が検出された。特に、圃場内から1果のみ見つかった4圃場からはいずれも変異株が検出された。各圃場とも標本採集時の状況については「発病果が1果採集されたのみで、周辺の果実および葉での発病は見られなかった、または気づかなかった」と回答していることから、伝染源がごく限られた部分にあり、慣行防除下で病勢が抑えられたまま長期間生存が維持され続けてきたと推察された。

一方で、多発生した1圃場は供試標本が全て野生株とされたが、圃場の発生状況や聞き取り調査から、この圃場の多発生要因の主体は防除の不徹底(散布量不足)と考えられた。2018年に多発生CYP51遺伝子変異株が高率に検出された2圃場(湯沢市1圃場、横手市1圃場)は、2019年の黒星病防除にDMI剤を使用せず開花直前にSDHI剤のフルオピラム水和剤、落花直後にはアニリノピリミジン系剤のシプロジニル水和剤を用い、さらに芽出し10日後およびその10日後にも殺菌剤を使用したところ、湯沢市では発生が認められず(表4、5)、横手市の圃場でも発生は認められなかった(データなし)。なお、両圃場では無散布区が設けられず、さらに慣行防除(DMI剤2回散布)を実施した周辺圃場でも発病が皆無であったことから防除体系の効果についての評価はできなかった。

本県でDMI剤を使用し始めてから既に30年以上が経過しており、現在、変異株が検出しない圃場であっても、感受性が完全に低下する移行途中とも考えられる。さらには、青森県で見られたような、急激に耐性菌の密度が上昇することも考えられることから、特に2018年および2019年に多発生した圃場については、薬剤検定培地を用いた感受性のモニタリング等を随時行いながら、発生経過を継続的に観察する必要があると考えられた。

#### 5. 今後の課題

1. non-DMI剤体系の現地実証とその評価

1) SDHI剤、AP剤体系

2) SDHI剤2回体系

3) 新規剤(NF-180、MIF-1002)

2. DMI剤感受性のモニタリングによる耐性菌群の効率的な分布把握

3. DMI剤の防除効果を維持するための、総合的な耐性菌管理体系の構築

(様式 1)

## 6. 要約

2019年のリンゴ黒星病重点防除期は開花始めより10日程度早い時期だったと考えられ、従来の開花直前重点防除では本病の防除が不十分であり、今後はより早い時期にあたる展葉期も重要な防除時期と考えられた。県内のリンゴ黒星病菌についてCYP51遺伝子を解析した結果、県全域で変異株が検出された。また、多発の前歴がなく、少発生あるいは局所発生の圃場でも変異株が検出された事例が複数の園で認められた。non-DMI剤体系の効果は、本病が極少発生のため評価できなかった。

## 7. 成果の公表及び特許

- ・秋田県リンゴ黒星病緊急対策連絡協議会において遺伝子解析結果や子のう胞子飛散消長調査結果を情報提供した。
- ・秋田県農作物病害虫・雑草防除基準(令和2年度版)リンゴ黒星病の防除対策に成果を反映した。

## (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」

氏名 中村佐之

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

平成24年以降、鹿角地域ではリンゴ黒星病が多発する園地が見られるようになり、DMI 剤に対する感受性も、耐性方向へシフトしていることが確認されている。防除上、重要なのは、初期感染をいかに防ぐかにある。そのため重点防除時期を見極めるために子のう胞子の飛散消長とリンゴの生態との関係性について明らかにする。また、子のう胞子、分生子の動向についてはあまり試験が行われておらず、その動態について調査を行う。今後、DMI 剤耐性菌の蔓延が懸念されることから、各種薬剤の特性を明らかにし、DMI 剤に頼りすぎない防除体系について構築する。

### 2. 調査方法

#### (1) 子のう胞子の飛散消長および発生消長

1) 調査場所：かづの果樹センター内ほ場1号圃（予察圃）

2) 調査方法：

##### ①子のう胞子の飛散消長

・2018年秋に被害葉を採集しネットに入れ屋外に静置した。

・2019年4月12日に孢子収集器を被害葉上に設置した。スライドガラス（76×26mm）上に、18×18mmに切った透明両面テープ（スリーエムジャパン社 スコッチ665-3-18）を貼り、孢子収集器内に約24時間静置した。

・スライドガラス回収後、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計数した。

##### ②発生消長

・随時観察を行い初発日特定後、任意の50果そうおよび果実について10日おきに発病の有無を調査した。

#### (2) 胞子の分散

1) 調査場所：かづの果樹センター内駐車場

2) 供試樹：‘ふじ’/M.26/マルバ 1年生ポット苗、‘ふじ’/マルバ 1～2年生ポット苗

3) 試験方法

##### ①子のう胞子

4月28日に、前年秋に採集しネットに入れ雪の下に静置しておいた被害落葉を試験場所に設置した。そ

(様式 1)

の周囲にポット苗を 4 m 間隔で 16 m まで同心円状に設置した。4 m、8 m は 1 周につき 8 方位、12 m、16 m は 1 周につき 16 方位で計 48 ポットを設置した。ポット苗は 5 月 16 日に回収し、回収後は黒星病の影響がない場所に静置した。

②分生子

7 月 10 日に、センター内無散布ほ場で黒星病を感染させたポット苗（ゆめあかり/マルバ 2 年生）を試験場所に設置した。その周囲に①子のう胞子試験と同様にポット苗を設置し、7 月 22 日に回収した。回収後は黒星病の影響がない場所に静置した。

4) 調査方法

①子のう胞子

6 月 5 日に全葉についての発病の有無を調査し、子のう胞子の飛散距離、飛散した方角を求めた。

②分生子

8 月 5 日に全葉についての発病の有無を調査し、分生子の飛散距離、飛散した方角を求めた。

(3) 新防除体系の実用性の検討

1) 調査場所：かづの果樹センター内ほ場 8 号圃

2) 供試樹および規模： ふじ/M9.マルバ 22 年生 1 区 3 樹

3) 試験区および処理月日

| 散布日     | 4/24        | 5/7                         | 5/20                           | 5/30                             | 6/10                        |                              |
|---------|-------------|-----------------------------|--------------------------------|----------------------------------|-----------------------------|------------------------------|
| 1区      | ベフラン液 1000倍 | ホルワフF 2000倍<br>オルフィンF 4000倍 | ユニックス顆粒 2000倍<br>ジマンダイセン水 600倍 | ジマンダイセン水 600倍                    | テランF 2000倍                  | 以降は、全ての区でセンター内慣行区と同様の防除を行った。 |
| 2区      | ベフラン液 1000倍 | チオックF 500倍<br>オルフィンF 4000倍  | ユニックス顆粒 2000倍<br>ジマンダイセン水 600倍 | ジマンダイセン水 600倍                    | テランF 2000倍                  |                              |
| 3区(慣行区) | ベフラン液 1000倍 | チオックF 500倍<br>ホルワフF 2000倍   | チオックF 500倍<br>ホルワフF 2000倍      | ジマンダイセン水 600倍<br>ユニックス顆粒 2000倍   | テランF 2000倍                  |                              |
| 4区(新剖区) | ベフラン液 1000倍 | チオックF 500倍<br>オルフィンF 4000倍  | チオックF 500倍<br>NF-180F20 4000倍  | ジマンダイセン水 600倍<br>NF-180F20 4000倍 | テランF 2000倍<br>ユニックス顆粒 2000倍 |                              |
| 5区(無散布) | —           | —                           | —                              | —                                | —                           |                              |

・薬剤名 ベフラン液…ベフラン液剤、ホルワフF…ホルワフフロアブル、チオックF…チオックフロアブル、オルフィンF…オルフィンフロアブル、ユニックス顆粒…ユニックス顆粒水和剤、ジマンダイセン水…ジマンダイセン水和剤、テランF…テランフロアブル

・6 月中旬以降の防除薬剤（殺菌剤のみ）

6/20…アントラコール顆粒水和剤 500 倍、7/3・18…パースポート顆粒水和剤 1000 倍、8/2…ダイパー水和剤 1000 倍、8/19…アリエッティ C 水和剤 800 倍、9/4…ストライト顆粒水和剤 1500 倍

4) 処理方法：

1 樹当たり約 10～15 L を動力噴霧器で散布し展着剤（マイリノー 10000 倍）を加用した。4 月 24 日にハーベストオイル 100 倍、5 月 20 日にサムコルフロアブル 5000 倍を加用した。

(様式 1)

### 5) 調査方法

- ①黒星病：初発確認以降、10日おきに7月上旬まで、1樹50本の果そうおよび新梢を任意に選択し、発病の有無を調査し発病果そう率、発病新梢率を求めた。果実は6～7月は1樹につき全果ないし50～100果、収穫時は全果について発病の有無を調査し発病果率を求めた。
- ②モニリア病：5月10日に1樹50果そうについて葉腐れを調査し、発病果そう率を求めた。
- ③斑点落葉病、褐斑病：10月3日に1樹10新梢の全葉について発病葉数を調査した。
- ④黒点病：10月3日に1樹50果について発病の有無を調査した。
- ⑤赤星病：6月26日に1樹50新梢について発病の有無を調査した。

## 3. 調査結果

### (1) 子のう胞子の飛散消長および発生長

#### 1) 子のう胞子飛散消長

- ①本年の消雪日は3月16日で、平年より14日早かった。
- ②4月15日に2個の子のう胞子飛散を確認した。4月26日は5.5mmの降雨があり多量の子のう胞子の飛散を確認した(図1)。
- ③5月中旬以降、子のう胞子の飛散数は徐々に減少しながら5月31日まで続いた。以降、降雨があっても子のう胞子の数が数個しか確認できなかったため、6月9日に調査を終了した。

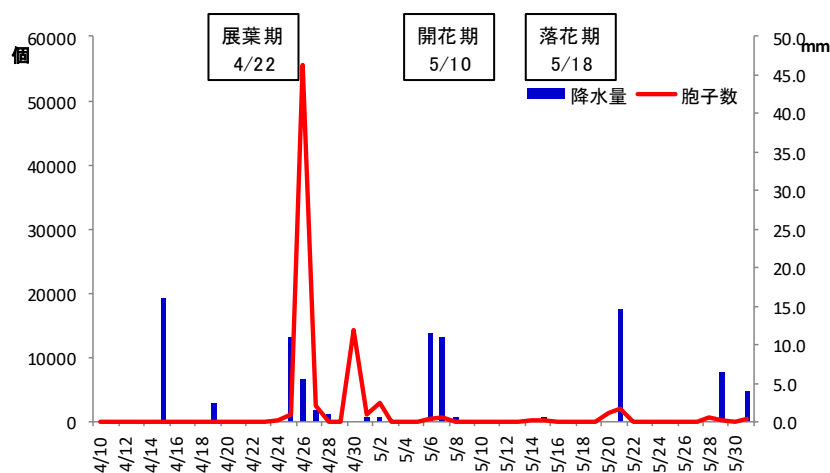


図1 黒星病子のう胞子の飛散消長と降水量

#### 2) 発生長

- ①初発を5月17日に1樹、1果そうで確認した。発病部位は基部から2枚目の葉に認められた。
- ②果そうでの発病は、5月27日に0.7%、6月26日には23.3%となった(図1)。
- ③果実では6月17日に1果のみ発病を確認し、その時点での発病果率は1.6%であった(図1)。

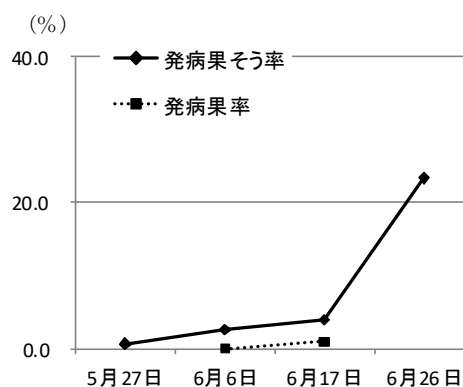


図2 予察ほにおける黒星病発生長

(様式1)

(2) 胞子の分散

- 1) 子のう胞子の試験では、南東8m、12m、北東4m、南西4mのポットで発病を確認した(図3)。発病葉数はいずれも1~2枚、発病葉率は1.8~5.3%であった。
- 2) 分生子の試験では、西南西12m、北4m、南東4mのポットで発病を確認した(図3)。発病葉数は西南西12mで4枚、発病葉率18.0%、その他はそれぞれ発病葉数1枚、発病葉率6.0%であった。
- 3) 子のう胞子は、飛散消長の調査から5月6日と7日に降雨に伴い飛散を確認しており、この時期が感染日と推察される(表1)。
- 4) 分生子は、7月12日の降雨時に南東から南西の方角に、また、7月19日の降雨時に北東から北西の方角に風が確認できたため、それらの日が感染日と推察される。

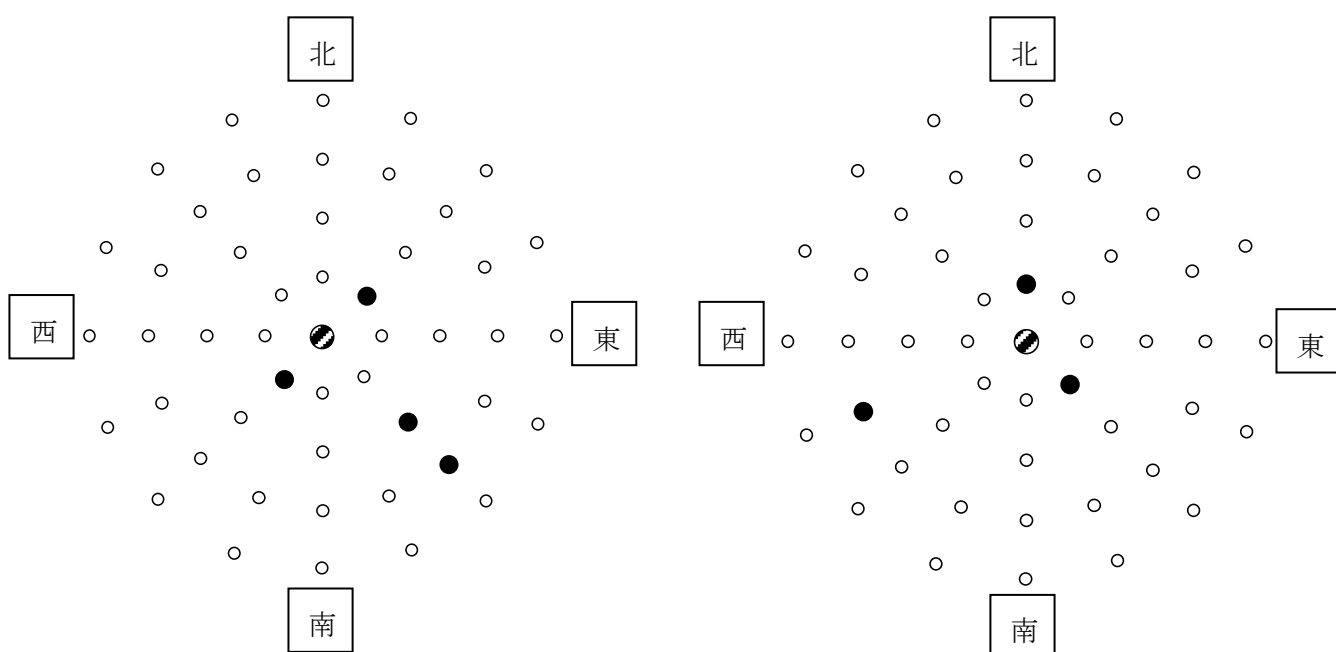


図3 ポットの配置箇所と胞子の分散状況(左:子のう胞子 右:分生子)  
(中心部は伝染源、●は発病を確認したポットを示す)

表1 子のう胞子試験期間中の降雨と降雨中の風速および方角

| 日付          | 4/28 | 5/1 | 5/2 | 5/6  | 5/7  | 5/8 |
|-------------|------|-----|-----|------|------|-----|
| 降雨量(mm)     | 1.0  | 0.5 | 0.5 | 11.5 | 11.0 | 0.5 |
| 平均風速(m/s)   | 1.1  | 0.0 | 1.3 | 0.9  | 1.4  | 0.8 |
| 瞬間最大風速(m/s) | 4.8  | —   | 7.0 | 6.7  | 10.7 | 3.4 |
| 平均風向        | 南東   | —   | 南南西 | 南南東  | 東    | 南南西 |

表2 分生子試験期間中の降雨と降雨中の風速および方角

| 日付          | 7/12 | 7/13 | 7/19 |
|-------------|------|------|------|
| 降雨量(mm)     | 13.5 | 1.0  | 16.0 |
| 平均風速(m/s)   | 0.4  | 0.5  | 0.1  |
| 瞬間最大風速(m/s) | 3.5  | 1.5  | 6.2  |
| 平均風向        | 南西   | 南東   | 東南東  |

(様式1)

(3) 新防除体系の実用性の検討

- 1) 黒星病の葉での初発を5月17日に確認した。果そうおよび新梢での発生状況は、無散布区で5月27日に2.7%、7月7日に28.0%であった。7月7日における発病新梢率は、慣行区を含め全ての試験区で発病が見られなかった(表2)。
- 2) 果実では6月初旬に発病を確認し、7月7日の発病果率は無散布区で9.2%であった。試験区では3区(慣行区)で1果(発病果率0.4%)を確認したのみでその他の区で発病は見られなかった。収穫果では無散布区で15.1%、3区(慣行区)で0.3%であった(表2)。
- 3) 斑点落葉病、褐斑病が無散布区で発生がやや多い傾向にあったが、試験区ではあまり大きな差はなかった(表3)。
- 4) モニリア病、黒点病の発生は見られなかった(データ省略)。
- 5) 昨年、6月に発生が見られた赤星病は、いずれの区もほぼ同程度の発病状況であった(データ省略)。
- 6) 本年は、初発以降の5月下旬～6月上旬の降水量が少なく2次感染が抑制され、少発生下での試験であった。DMI剤を開花前に1回使用した区およびDMI剤を全く使用しなかった区は、慣行と同等の防除効果があったと考えられた。また、その他の病害についても、いずれの区においても発生は少なく防除効果は十分にあったと考えられた。

表3 果そうおよび新梢における黒星病の発生状況

| 区   | 調査本数 | 発病果そう率 |      | 発病新梢率 |      |      |      |
|-----|------|--------|------|-------|------|------|------|
|     |      | 5/10   | 5/27 | 6/5   | 6/17 | 6/26 | 7/7  |
| 1区  | 150  | 0      | 0    | 0     | 0    | 0    | 0    |
| 2区  | 150  | 0      | 0    | 0     | 0    | 0    | 0    |
| 3区  | 150  | 0      | 0    | 0     | 0    | 0    | 0    |
| 4区  | 150  | 0      | 0    | 0     | 0.7  | 0    | 0    |
| 無散布 | 150  | 0      | 2.7  | 5.5   | 15.0 | 18.0 | 28.0 |

表4 果実における黒星病の発生状況

| 区   | 6/17    |         | 6/16    |         | 7/7     |         | 11/18   |         |
|-----|---------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|
|     | 調査果数(個) | 調査果率(%) | 調査果数(個) | 調査果率(%) | 調査果数(個) | 調査果率(%) | 調査果数(個) | 調査果率(%) |
| 1区  | 250     | 0       | 258     | 0       | 258     | 0       | 399     | 0       |
| 2区  | 300     | 0       | 264     | 0       | 264     | 0       | 403     | 0       |
| 3区  | 250     | 0       | 268     | 0.4     | 268     | 0.4     | 372     | 0.3     |
| 4区  | 200     | 0       | 245     | 0       | 245     | 0       | 160     | 0       |
| 無散布 | 210     | 4.3     | 293     | 4.1     | 293     | 9.2     | 218     | 15.1    |

(様式1)

表5 斑点落葉病、褐斑病の発生状況

| 区   | 調査葉数<br>(枚) | 発病果率(%) |     |
|-----|-------------|---------|-----|
|     |             | 斑点落葉病   | 褐斑病 |
| 1区  | 632         | 7.3     | 0.6 |
| 2区  | 731         | 4.5     | 0   |
| 3区  | 751         | 5.3     | 0.1 |
| 4区  | 614         | 3.3     | 0.2 |
| 無散布 | 658         | 24.0    | 3.0 |

#### 4. 考察

- ・昨年の子のう胞子の飛散は、4月15日に初めて観察されたが、発芽後間もなくまた気象状況から感染には至っていないと考えられる。その後4月26日の降雨により多量の飛散が確認され、この時期は、展葉4日後、展葉数が1～2枚程度の頃であり、感染が成立したと推測される。
- ・初発は、前年並（5月15日）の5月17日に確認したが、その後の降水量が少なかったことから二次感染が大きく抑制され、6月下旬における発病果そう率は23.3%と前年同期（99.3%）と比較し極めて少なかった。
- ・ポット苗を利用した胞子分散の試験では、子のう胞子、分生子とも最大12mの範囲で発病を確認した。子のう胞子は5月6～7日の降雨、分生子は7月12日、若しくは19日の降雨による感染と考えられた。
- ・新防除体系の散布試験で、DMI剤を開花前に1回使用した区およびDMI剤を全く使用しなかった区は、黒星病およびその他の病害について慣行と同等の防除効果を示した。新規薬剤区でも各種病害の発生は少なく、葉害も確認されなかった。本年は、初発以降の降雨が少なく、少発生下での試験であり、一つの参考事例として捉えておく必要がある。

#### 5. 今後の課題

- ・胞子の分散については引き続き調査を行い、胞子の動向についてより精査する必要がある。
- ・防除体系の試験では、耐性菌の発生が確認されている園地で実証を行い、実用性について評価する必要がある。

#### 6. 要約

- ・子のう胞子は、4月下旬の降雨で多量の胞子飛散が確認されたことから、当地では展葉期から重点防除時期になると考えられる。
- ・黒星病が少発生下での試験であったが、DMI剤を1回ないし全く使用しなかった防除体系でも、慣行区同様の防除効果を示した。今後は耐性菌が発生している条件下での評価と、新剤に関する試験を行い、防除体系を構築する必要がある。

#### 7. 成果の公表及び特許

研修会、講習会での活用

(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」

氏名 江口直樹、近藤賢一、横澤志織

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を構築する目的で、落葉からの子のう胞子飛散の実態を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

試験場所：果樹試験場内 49 号圃場

DMI 剤、QoI 剤耐性の黒星病菌は確認していない。うどんこ病に対するDMI 剤の感受性は低下している。

供試樹：10～20 年生「ふじ」。1 区 1/2～1 樹、3 反復

防除体系：表 1 参照

薬剤処理：表 1 に記載の日程で動力噴霧器で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：各病害の調査方法は各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) リンゴ黒星病に対する各種SDHI 剤の効果

試験場所：果樹試験場内 39 号圃場

供試樹：11～13 年生「ふじ」（わい性台木樹）。1 区 2～3 樹、3 反復。

薬剤処理：2019 年 4 月 28 日（開花直前）、5 月 11 日（落花期）、5 月 22 日、6 月 1 日の計 4 回、動力噴霧機を用いて十分量（1 樹当たり 3～4 L）を均一に散布した。いずれの処理日とも降雨の影響はなかった。殺虫剤は慣行防除とし、別途、全区に均一に散布した。

調査方法：調査結果の表の欄外に付した。

(様式1)

2) リンゴ黒点病に対する各種SDHI剤の効果

試験場所：果樹試験場内49号圃場

供試樹：8～56年生「紅玉」。1区1/2～1樹、3反復。

薬剤処理：2019年4月17日（展葉3日後）、4月25日（開花直前）、5月8日（落花直後）、5月23日の計4回、動力噴霧機を用いて、十分量（1樹当たり約10L）を均一に散布した。6月26日までは殺菌剤無散布で管理し、殺虫剤は別途、全区に均一に散布した。

3) リンゴうどんこ病に対する各種SDHI剤の効果

試験場所：果樹試験場内49号圃場

供試樹：8～56年生「紅玉」。1区1/2樹～1樹、3反復。

薬剤処理：2019年4月17日（展葉3日後）、4月25日（開花直前）、5月8日（落花直後）の計3回、動力噴霧機を用いて、十分量（1樹当たり約10L）を均一に散布した。殺虫剤は別途、全区に均一に散布した。

4) リンゴ褐斑病に対する各種SDHI剤の効果

試験場所：果樹試験場内20号圃場

供試樹：4～5年生「ふじ」わい性台木。1区1樹、3反復。

薬剤処理：2019年7月9日、7月22日、8月4日、8月17日、9月1日、9月13日の計6回、動力噴霧器を用いて、十分量（1樹当たり約4L）を均一に散布した。殺虫剤は別途、全区に均一に散布した。

その他：褐斑病の均一な発生を促すため、降雨が予想される前の7月22日、8月1日、8月14日に各樹5カ所の最上位展開葉に罹病葉をホチキスで留めて固定した。

(3) QoI剤に加用する保護殺菌剤（有機銅剤）の選定

試験場所：果樹試験場内39号圃場

供試樹：11～13年生「ふじ」わい性台木樹。1区2～4樹。

2回散布は2反復、3回散布は3反復。

薬剤処理：2019年6月26日、7月10日、7月24日の計3回、動力噴霧機を用いて、十分量（1樹当たり約4～5L）を均一に散布した。展着剤は加用しなかった。

その他：薬剤の散布回数と果実での汚れの関係を調査するため、第3回散布直前の7月22日に一部の果実に果実袋を被袋し、7月31日に除袋して2回散布区とした。

(様式1)

(4) DMI 剤代替剤の作用性の検討

1) 治療効果 (病斑形成阻害) の検討

試験場所: 果樹試験場内雨よけハウス

供試樹: 1~2年生「ふじ」ポット樹。1処理につき5~8苗供試。

接種・薬剤処理・調査方法: 感染成立1日後、3日後、5日後、7日後に薬剤を処理し、感染せ率27~30日後に調査した。詳細は表10、11の欄外に記載した。

2) 治療効果 (孢子形成阻害) の検討

試験場所: 果樹試験場内60号圃場および雨よけハウス

供試病斑: 自然発生した9~12病斑あるいは接種により発病した17~18病斑を供試した。

接種・薬剤処理・調査方法: 表12、13の欄外に記載した。

3) 浸透移行性の検討

試験場所: 果樹試験場内雨よけハウス

試験方法の概要: 図1のとおり。

供試樹: 1年生「ふじ」ポット樹を供試。1処理につき11~28新梢を供試。



図1 試験方法およびスケジュール

薬剤処理: 表1の薬剤を新梢の基部側5~7葉と茎部に処理。

接種: 薬剤処理3日後(処理から1枚展葉)に接種をした。DMI・QoI感受性の黒星病分生子(凍結保存)を $1.0 \times 10^5$ 個/mlに調整し供試樹全体に噴霧接種した。

調査方法: 薬剤処理を実施した最上位葉(マーク葉)の上7枚を調査対象とした(無処理区で黒星病の発生が確認された範囲)。調査方法の詳細は表14の欄外に記載した。

(5) 落葉時期と子のう胞子の飛散量

落葉の採取場所: 下高井郡山ノ内町の黒星病、褐斑病発生圃場。約20年生の「ふじ」普通樹。

落葉採取方法: 2018年9月27日に黒星病の発病程度が激しい枝の直下に落葉混入防止のための高さ50cmの網柵を設置した。網柵は $3.3\text{m}^2$ ( $2.2 \times 1.5\text{m}$ )と $1.2\text{m}^2$ ( $2.3 \times 0.5\text{m}$ )の2ヵ所とした。

(様式1)

落葉の回収：網枠設置時の2018年9月27日には設置範囲の落葉をすべて回収し、以降は11月1日、11月27日、12月20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9月2日以前、9月27日～11月1日、11月1日～11月27日、11月27日～12月20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に、9月27日、11月1日、11月27日に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、現地圃場の地表面に静置した。12月20日に全区の落葉を試験場に持ち帰った。

重量測定：持ち帰った落葉を3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40g(風乾重・約230枚)を2セット抽出し、12月23日に場内圃場の地表面に静置した。ただし8/31～9/27の落葉は少なかったため、34.9g(約200枚)を1セットとした。子のう胞子の捕捉高率を高めるため、また、他の試験区の子のう胞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。

反復：9月27日より前の落葉は反復なし、9/27以降の落葉は2反復で調査した。

子のう胞子の捕捉：吸引式孢子採集器(スライドガラス設置タイプ)を用い、2019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18×18mmの範囲のリンゴ黒星病と褐斑病の子のう胞子数を計数した。

(6) 落葉へのフロンサイドSC処理(春季)による子のう胞子の飛散抑制

被害落葉の採取：下高井郡山ノ内町平隠の現地圃場から2018年11月1日～11月27日の間に落葉した被害葉を採取した。品種は「ふじ」。約20年生の普通樹(病害虫防除所の巡回調査地点)。

被害落葉の調整：12/20まで現地圃場に静置した落葉を3日間室内で風乾し、各試験区の落葉が40g(風乾重・約230枚)になるように調整した。

子のう胞子の飛散調査：2018年12月23日に野外に設置した内径43cmのポット内に、調整した落葉をビニール製網袋に入れて静置した。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。子のう胞子の捕捉は吸引式孢子採集器(スライドガラス設置タイプ)を用い、2019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18×18mmの範囲のリンゴ黒星病の子のう胞子数を計数した。

薬剤処理：2019年4月7日に網袋に入れたままの被害落葉に対し、100L/10a相当のフロンサイドSC500倍液を、ハンドスプレーにより散布した(ポット当たり約15ml)。

反復：1区1ポット(被害落葉230枚の1セット)、2反復。

(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) 散布実績と試験概況

散布実績と試験期間中の降水量は表 1、2 のとおり。開花前～5月の降水量が少なく、黒星病は少発生、うどんこ病は多発生の条件で試験を実施した。

表 1 試験区の構成と散布日

| 試験区          | 散布時期(散布日)          |                         |                  |                                      |                    |                     |                         |                           |
|--------------|--------------------|-------------------------|------------------|--------------------------------------|--------------------|---------------------|-------------------------|---------------------------|
|              | 発芽 10 日後<br>(4/7)  | 発芽<br>17～20 日<br>(4/17) | 展葉3日後<br>(4/19)  | 開花直前<br>(4/28)                       | 開花+10 日<br>(5/8)   | 落花直後<br>(5/11)      | 落花<br>10～14 日<br>(5/22) | それ以降                      |
| 体系1(R2 提案体系) | —                  | —                       | ベフラン L<br>×1,000 | チウラム FL<br>×500<br>スコア WDG<br>×3,000 | —                  | オルフィン FL<br>×4,000  | ジマンダイセン<br>W<br>×500    | 6/14 有機銅 FL<br>7/3 有機銅 FL |
| 体系2(H31 体系)  | パスポート FL<br>×1,000 | ベフラン L<br>×1,000        | —                | ユニックス WDG<br>×2,000                  | オルフィン FL<br>×4,000 | —                   |                         |                           |
| 体系3(H30 体系)  | パスポート FL<br>×1,000 | —                       | —                | スコア WDG<br>×3,000                    | —                  | オンリーワン FL<br>×2,000 |                         |                           |
| 体系4(無防除)     | —                  | —                       | —                | —                                    | —                  | —                   |                         |                           |

表 2 試験期間中の降水量 (長野果樹試験場内データ)

|    | 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 | 0.5 |   |   |   |   |      |     | 2.5 | 1.0  | 9.5 | 1.0 |     |      |     | 1.0 |    |     |    |    |    |      |     |     |     | 1.0 | 7.0 | 4.0 |     |      | 8.5  |    |
| 5月 | 2.5 |   |   |   |   | 18.5 |     |     |      |     |     | 0.5 | 18.5 |     |     |    |     |    |    |    | 30.5 |     |     |     |     |     |     | 0.5 | 6.5  |      |    |
| 6月 |     |   |   |   |   | 21.0 | 1.5 | 5.5 | 16.5 | 4.0 | 1.0 |     |      | 4.0 | 0.5 |    | 1.0 |    |    |    | 15.5 | 3.5 | 3.0 | 2.0 |     |     | 3.0 | 8.0 | 11.0 | 21.0 |    |

##### 2) 黒星病に対する各防除体系の効果

子のう胞子の飛散は4月10日の降雨から確認された。試験圃場の初発は5月17日に確認され、初期感染は4月下旬と考えられた。黒星病の発生は全般に少なく、1～3の体系処理区では発生はみられなかった(表3)。

表 3 防除体系と黒星病の発生

| 試験区           | 果そう葉               |                   | 新梢葉               |                   | 果実                |                   |
|---------------|--------------------|-------------------|-------------------|-------------------|-------------------|-------------------|
|               | 発病そう率(%)<br>(6/13) | 発病葉率(%)<br>(6/13) | 発病葉率(%)<br>(7/12) | 発病葉率(%)<br>(7/12) | 発病果率(%)<br>(6/13) | 発病果率(%)<br>(7/12) |
| 体系1 (R2 提案体系) | 0                  | 0                 | 0                 | 0                 | 0                 | 0                 |
| 体系2 (H31 体系)  | 0                  | 0                 | 0                 | 0                 | 0                 | 0                 |
| 体系3 (H30 体系)  | 0                  | 0                 | 0                 | 0                 | 0                 | 0                 |
| 体系4 (無防除)     | 1.0                | 0.7               | 2.9               | 0.7               | 0.7               | 3.5               |
| (参考)完全無防除     | 2.3                | 0.6               | 7.3               | 0.3               | 0.3               | 4.9               |

調査方法:果そう葉調査は100果そう、新梢葉は30新梢の全葉、果実は100果の発病の有無を調査した。

##### 3) うどんこ病に対する各防除体系の効果

例年「ふじ」では発生は少ないが、生育初期に少雨であったため、本年は新梢の発病葉率が27.7%と多かった。DMI 剤を2回使用した体系3 (H30 体系) は防除価41.9と効果が低かったが、DMI 剤を使用しない体系2 (H31 体系) とDMI 剤を1回使用した体系1 (R2 提案体系) では実用的な効果が認められた(表4)。

(様式1)

表4 防除体系とうどんこ病の発生

| 試験区           | 調査葉数  | 発病葉率(%) | 発病度  | 防除価  |
|---------------|-------|---------|------|------|
| 体系1 (R2 提案体系) | 242.3 | 6.3     | 2.3  | 82.2 |
| 体系2 (H31 体系)  | 200.0 | 4.8     | 1.6  | 87.6 |
| 体系3 (H30 体系)  | 205.7 | 17.9    | 7.5  | 41.9 |
| 体系4 (無防除)     | 216.7 | 27.7    | 12.9 | —    |

調査方法:6/14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、発病度と防除価を算出した。

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

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 =  $(\text{無防除の発病度} - \text{試験区の発病度}) / \text{無防除の発病度} \times 100$

#### 4) 褐斑病に対する各防除体系の効果

褐斑病の初発は6月21日に確認した。7月16日の時点で各体系処理区で発生がみられず、高い効果が認められた。体系間の効果差は判然としなかった(表5)。

表5 防除体系と褐斑病の発生

| 試験区           | 調査果そう数 | 発病果そう率(%) |
|---------------|--------|-----------|
| 体系1 (R2 提案体系) | 100.0  | 0         |
| 体系2 (H31 体系)  | 100.0  | 0         |
| 体系3 (H30 体系)  | 100.0  | 0         |
| 体系4 (無防除)     | 100.0  | 10.7      |
| (参考)完全無防除     | 100.0  | 21.3      |

調査方法:7/16に各区100果そうの発病の有無を調査し、発病果そう率の平均を算出した。

## (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) リンゴ黒星病に対する各種SDHI剤の効果

試験圃場における黒星病の初発は5月17日に確認した。調査時の無処理区における発生は少発生であった。供試したSDHI剤(ネクスター、パレード、フルーツセイバー、オルフィン)はいずれも高い防除効果が認められ、実乗用問題となる葉害や果実のさびは認められなかった(表6)。

表6 リンゴ黒星病に対する各種SDHI剤の効果

| 系統 | 薬剤名         | 倍率    | 果そう調査  |           |     | 新梢葉調査 |         |     |      | 果実調査  |         | 果実のさび |    |
|----|-------------|-------|--------|-----------|-----|-------|---------|-----|------|-------|---------|-------|----|
|    |             |       | 調査果そう数 | 発病果そう率(%) | 防除価 | 調査葉数  | 発病葉率(%) | 発病度 | 防除価  | 調査果数  | 発病果率(%) |       | 葉害 |
| S  | ネクスターフロアブル  | 1,500 | 60.0   | 0         | 100 | 273.7 | 0       | 0   | 100  | 100.0 | 0       | -     | ~± |
| D  | パレード15フロアブル | 3,000 | 60.0   | 0         | 100 | 338.0 | 0.1     | 0.0 | 97.9 | 100.0 | 0       | -     | ~± |
| H  | フルーツセイバー    | 1,500 | 60.0   | 0         | 100 | 307.7 | 0       | 0   | 100  | 100.0 | 0       | -     | ~± |
| I  | オルフィンフロアブル  | 4,000 | 60.0   | 0         | 100 | 277.0 | 0       | 0   | 100  | 100.0 | 0       | -     | ~± |
| 参考 | オーソサイド水和剤80 | 800   | 60.0   | 0         | 100 | 286.0 | 0       | 0   | 100  | 100.0 | 0       | -     | -  |
|    | ジマンダイセン水和剤  | 600   | 60.0   | 0         | 100 | 330.0 | 0       | 0   | 100  | 100.0 | 0       | -     | ~± |
|    | 無処理         |       | 60.0   | 3.3       |     | 344.3 | 3.4     | 1.4 |      | 100.0 | 7.3     |       |    |

調査方法:最終散布15日後の2019年6月16日に、果そうと果実については発病の有無を調査し発生率を算出した。新梢葉に対する調査は各区15~30新梢の全葉について発病程度別に葉数を調査し、発病葉率と発病度を算出した。

発病指数:0:発病なし 1:病斑面積が葉の1/4未満 2:1/4~1/2未満 3:1/2以上

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

(様式1)

2) リンゴ黒点病に対する各種SDHI剤の効果

多発生条件で評価した。DMI剤のスコア顆粒水和剤と比較してネクスターフロアブルとパレード15フロアブルは優り、フルーツセイバーは同等、オルフィンフロアブルはやや劣った(表7)。薬害は認められなかった。

表7 リンゴ黒点病に対する各種SDHI剤の効果

|      | 薬剤名         | 倍率    | 調査果数 | 発病果率(%) | 発病度  | 防除価  | 薬害 |
|------|-------------|-------|------|---------|------|------|----|
| SDHI | オルフィンフロアブル  | 4,000 | 64.3 | 15.8    | 5.2  | 85.6 | -  |
|      | ネクスターフロアブル  | 1,500 | 52.3 | 1.3     | 0.4  | 98.9 | -  |
|      | パレード15フロアブル | 3,000 | 48.0 | 1.5     | 0.5  | 98.6 | -  |
|      | フルーツセイバー    | 2,000 | 50.0 | 5.3     | 2.7  | 92.5 | -  |
| DMI  | スコア顆粒水和剤    | 3,000 | 47.7 | 4.1     | 1.4  | 96.1 | -  |
|      | 無処理         |       | 47.0 | 85.9    | 36.1 |      |    |

調査方法:2019年9月9日に試験区の大きさに応じて各区50~100果を任意に選び、発病の有無と発病程度を調査し、発病果率、発病度を算出した。

発病指数:0:病斑なし 1:1~5病斑/果 2:6~15病斑/果 3:16病斑以上/果

発病度 =  $\Sigma(\text{指数} \times \text{指数別果数}) / (\text{調査果数} \times 3) \times 100$

3) リンゴうどんこ病に対する各種SDHI剤の効果

DMI剤に対して感受性の低いうどんこ病菌が発生している圃場において、甚発生条件で試験を実施した。供試したSDHI剤の効果はいずれも高く、オルフィンフロアブルとパレード15フロアブルの効果が極めて高かった(表8)。薬害は認められなかった。

表8 リンゴうどんこ病に対する各種SDHI剤の効果

|      | 薬剤名         | 倍率    | 調査葉数  | 発病葉率(%) | 発病度  | 防除価  | 薬害 |
|------|-------------|-------|-------|---------|------|------|----|
| SDHI | オルフィンフロアブル  | 4,000 | 103.0 | 0.6     | 0.4  | 99.1 | -  |
|      | ネクスターフロアブル  | 1,500 | 93.0  | 8.2     | 3.1  | 93.2 | -  |
|      | パレード15フロアブル | 3,000 | 99.0  | 1.0     | 0.5  | 98.9 | -  |
|      | フルーツセイバー    | 2,000 | 98.3  | 6.0     | 2.1  | 95.4 | -  |
| DMI  | スコア顆粒水和剤    | 3,000 | 104.0 | 56.5    | 29.1 | 36.6 | -  |
|      | 無処理         |       | 110.3 | 75.6    | 45.9 |      |    |

調査方法:最終散布13日後の2019年5月21日に各区20新梢の全展開葉について発病程度別に葉数を調査し、発病葉率と発病度を算出した。

発病指数:0:発病なし 1:病斑面積が葉の1/4未満 2:1/4~1/2未満 3:1/2以上

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

4) リンゴ褐斑病に対する各種SDHI剤の効果

発生前から散布を開始した。8月上旬に発生を確認したが、病勢進展は緩慢で、8月中~下旬の降雨により増加した。調査時には多発生となったが、落葉は少なかった。褐斑病に対してパレード15フロアブルは高い効果がみとめられたが、オルフィンフロアブル、ネクスターフロアブル、フルーツセイバーの効果は低かった(表9)。

(様式1)

表9 リンゴ褐斑病に対する各種SDHI剤の効果

|      | 薬剤名         | 倍率    | 調査<br>葉数 | 発病<br>葉率(%) | 落葉率(%) | 発病度  | 防除価  | 葉害 |
|------|-------------|-------|----------|-------------|--------|------|------|----|
| SDHI | オルフィンフロアブル  | 4,000 | 250.7    | 47.2        | 0      | 14.6 | 61.8 | -  |
|      | ネクスターフロアブル  | 3,000 | 247.7    | 65.4        | 0.1    | 23.4 | 38.7 | -  |
|      | パレード15フロアブル | 3,000 | 278.7    | 3.2         | 0      | 0.7  | 98.2 | -  |
|      | フルーツセイバー    | 2,000 | 235.7    | 77.9        | 0.1    | 32.8 | 14.1 | -  |
| 参考   | オキシラン水和剤    | 3,000 | 272.7    | 13.0        | 0      | 3.3  | 91.4 | -  |
|      | 無処理         |       | 233.3    | 204.7       | 86.7   | 0.1  | 38.2 |    |

調査方法:最終散布14日後の2019年9月27日に各区10新梢の全展開葉について発病程度別に葉数を調査し、発病葉率、落葉率、発病度を算出した。なお、落葉発病葉に含めた。

発病指数:0:発病なし 1:病斑面積が葉の1/4未満 2:1/4~1/2未満 3:1/2以上 4:落葉

発病度 =  $\Sigma(\text{指数} \times \text{指数別葉数}) / (\text{調査葉数} \times 4) \times 100$

### (3) QoI剤に加用する保護殺菌剤(有機銅剤)の選定

3種類の有機銅剤の汚れを検討したところ、脂肪酸グリセリドを含有するビオネクトの汚れが最も少なかった(表10)。QoI剤の使用時期は7月中旬以降に使用する場合が多いことから、QoI剤耐性黒星病対策として有機銅剤を加用する場合、汚れの少ないビオネクトが使用しやすいと考えられた。なお、各種有機銅剤の黒星病に対する効果は検討できなかったが、褐斑病に対してはいずれも同等の高い効果が確認できた(データ省略)。

表10 各種有機銅剤による果実に対する汚れ

| 薬剤名         | 倍率    | 2回散布 |       |        |      | 3回散布  |       |        |      |
|-------------|-------|------|-------|--------|------|-------|-------|--------|------|
|             |       | 調査果数 | +率(%) | ++率(%) | 計(%) | 調査果数  | +率(%) | ++率(%) | 計(%) |
| ビオネクト       | 1,000 | 13.5 | 8.9   | 0      | 8.9  | 192.3 | 13.8  | 3.9    | 17.7 |
| オキシンドー水和剤80 | 1,200 | 15.0 | 31.0  | 17.6   | 41.2 | 95.7  | 32.1  | 42.9   | 75.0 |
| ドキリンフロアブル   | 800   | 7.0  | 34.9  | 30.3   | 65.2 | 41.7  | 15.6  | 67.2   | 82.8 |
| 無処理         |       | 14.3 | 0     | 0      | 0    | 80.0  | 0     | 0      | 0    |

調査方法:汚れの発生程度別に果実数を調査した。+は明瞭で大きな葉斑がみられる。++は明瞭で大きな葉斑点が多数みられる。

供試薬剤:ビオネクトの1,000倍液は8-ヒドロキシキノリン銅が300ppm相当+脂肪酸グリセリド550ppm相当

オキシンドー水和剤80の1,200倍液は8-ヒドロキシキノリン銅が667ppm相当

ドキリンフロアブルの800倍液は8-ヒドロキシキノリン銅が437.5ppm相当

### (4) DMI剤代替剤の作用性の検討

#### 1) 治療効果(病斑形成阻害)の検討

無処理区の発病葉率43.1%の中発生条件の試験では(表11)、病斑は感染2週間頃から確認できるようになり、4週間後頃まで増加した。感染27日後にこの調査では、供試したオルフィンフロアブル、ベフラン液剤、ユニックス顆粒水和剤はいずれも、スコア顆粒水和剤と比較するとやや劣るものの、感染5日後の処理まで防除価80程度を維持した。

(様式1)

表11 リンゴ黒星病に対する感染成立後の薬剤処理タイミングと防除効果（中発生条件）

| 薬剤名        | 系統<br>(Frac Code) | 希釈<br>倍数 | 発病率(%)    |           |           |           | 防除価       |           |           |           |
|------------|-------------------|----------|-----------|-----------|-----------|-----------|-----------|-----------|-----------|-----------|
|            |                   |          | 1日後<br>処理 | 3日後<br>処理 | 5日後<br>処理 | 7日後<br>処理 | 1日後<br>処理 | 3日後<br>処理 | 5日後<br>処理 | 7日後<br>処理 |
| オルフィンフロアブル | SDHI(7)           | 4,000    | 5.6       | 5.6       | 6.7       | 20.0      | 88.9      | 88.9      | 87.1      | 48.0      |
| ベフラン液剤     | ビスグアエジン(M7)       | 1,000    | 3.3       | 0         | 2.8       | 13.9      | 93.6      | 100       | 94.7      | 62.0      |
| ユニックス顆粒水和剤 | AP(9)             | 2,000    | 0         | 0         | 5.6       | 0         | 100       | 100       | 78.4      | 100       |
| スコア顆粒水和剤   | DMI(3)            | 3,000    | 2.8       | 0         | 0         | 8.3       | 94.7      | 100       | 100       | 83.6      |
| 無処理        |                   |          | 43.1      |           |           |           | —         |           |           |           |

試験方法:1年生「ふじ」のポット苗を各区3~5ポット(5~8苗)、調査葉数30~72枚供試した。  
 黒星病の自然感染を防止するため接種までは雨よけで管理し、以降は野外で管理した。  
 接種方法:令和元年5月23日に $1.0 \times 10^5$ 個/mlの孢子懸濁液を噴霧し、約20℃で30時間湿室に保持した。  
 なお、接種にはDMIとQoIに対して感受性の高い菌株を供試した。  
 薬剤処理:湿室から出した5月24日を感染0日とし、1、3、5、7日後に各薬剤をハンドスプレーで十分量処理した。  
 調査方法:感染27日後(6月18日)に以下の程度別に調査した。  
 発病指数 0:発病なし 1:葉面積1/4以下 2:葉面積1/4~1/2 3:葉面積1/2以上  
 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 =  $(\text{無防除の発病度} - \text{試験区の発病度}) / \text{無防除の発病度} \times 100$

無処理区の発病率73.7%の多発生条件の試験では(表12)。病斑は感染10日後頃から確認できるようになり、3週間後まで増加した。感染20日後の調査で、保護効果主体のジマンダイセン水和剤とキノンドー水和剤は感染1日後の処理で病斑形成を抑制したが、感染3日後の処理では効果が認められなかった。供試したオルフィンフロアブル、ベフラン液剤、ユニックス顆粒水和剤いずれもスコア顆粒水和剤と同様に、感染3日後まで防除価80を上回ったものの、多発生条件の感染5日後処理では防除効果の低下が顕著であった。

表12 リンゴ黒星病に対する感染成立後の薬剤処理タイミングと防除効果（多発生条件）

| 薬剤名        | 系統<br>(Frac Code) | 希釈<br>倍数 | 発病率(%)    |           |           |           | 防除価       |           |           |           |
|------------|-------------------|----------|-----------|-----------|-----------|-----------|-----------|-----------|-----------|-----------|
|            |                   |          | 1日後<br>処理 | 3日後<br>処理 | 5日後<br>処理 | 7日後<br>処理 | 1日後<br>処理 | 3日後<br>処理 | 5日後<br>処理 | 7日後<br>処理 |
| オルフィンフロアブル | SDHI(7)           | 4,000    | 0         | 6.7       | 50.0      | 60.4      | 100       | 93.0      | 55.1      | 35.4      |
| ベフラン液剤     | ビスグアエジン(M7)       | 1,000    | 0         | 6.7       | 32.1      | 49.0      | 100       | 93.0      | 63.1      | 54.4      |
| ユニックス顆粒水和剤 | AP(9)             | 2,000    | 0         | 3.3       | 59.1      | 70.8      | 100       | 97.7      | 34.0      | 15.0      |
| スコア顆粒水和剤   | DMI(3)            | 3,000    | 0         | 16.7      | 67.7      | 69.6      | 100       | 84.4      | 18.8      | 26.6      |
| ジマンダイセン水和剤 | ジチオカーバメート(M3)     | 500      | 13.9      | 75.3      | 88.1      | 88.6      | 90.3      | 10.5      | 0         | 0         |
| キノンドー水和剤   | 有機銅(M1)           | 1,200    | 56.7      | 82.2      | 89.4      | 83.3      | 53.2      | 0         | 0         | 0         |
| 無処理        |                   |          | 73.7      |           |           |           | —         |           |           |           |

試験方法等、以下の記載以外は表10と同じ  
 接種は令和元年7月16日に行い、約23℃で30時間湿室に保持した。  
 薬剤処理は湿室から出した7月17日を感染0日都市、1、3、5、7日後に処理した。  
 調査は感染20日後(8月6日)に行った。

2回の試験で一定の病斑形成阻害効果がみられたのは感染3~5日後処理で幅があった。両試験で黒星病菌の接種濃度、湿室においた時間は同じであったものの、接種期間中の温度が20℃の条件では潜伏期間が2~4週間で中発生、23℃の条件では潜伏期間が10日~3週間の多発生となった。潜伏期間が長い条件で、病斑形成を阻害できる感染から処理までの日数が長い結果となった。感染条件や潜伏期間中の気温により病斑形成を阻害できる感染から処理までの日数は変動すると考えられた。

(様式1)

## 2) 治療効果 (孢子形成阻害) の検討

表13の試験では自然発生の病斑に薬液を処理して孢子の形成程度を調査した。ジマンダイセン水和剤は無処理に対して15.5%まで孢子形成を抑制した。一般的に治療効果を有するとされるDMI剤のスコア顆粒水和剤のほか、オルフィンフロアブル、ユニックス顆粒水和剤は孢子の形成を抑制しなかった。

表13 病斑形成後の処理による黒星病の孢子形成量 (自然発生病斑に対する処理)

| 薬剤名        | 系統<br>(Frac Code) | 希釈<br>倍数 | 調査<br>病斑数 | 孢子形成<br>病斑率(%) | 孢子<br>形成度 | 対無処理比<br>(%) |
|------------|-------------------|----------|-----------|----------------|-----------|--------------|
| ジマンダイセン水和剤 | ジチオカーバメート(M3)     | 500      | 9         | 40.0           | 10.0      | 15.5         |
| オルフィンフロアブル | SDHI(7)           | 4,000    | 9         | 100            | 80.6      | 124.8        |
| ユニックス顆粒水和剤 | AP(9)             | 2,000    | 12        | 100            | 77.8      | 120.4        |
| スコア顆粒水和剤   | DMI(3)            | 3,000    | 10        | 100            | 64.6      | 100.0        |
| 無処理(蒸留水処理) |                   |          | 12        | 100            | 64.6      |              |

処理方法 殺菌剤の散布履歴のない自然発生の病斑に対し、平成30年6月11日にハンドスプレーを用い、所定の薬剤で病斑表面を洗い流すように処理した。

調査方法 処理10日後の6月21日にグリセリンゼリーに病斑表面の孢子を転写し、顕微鏡下(100倍)で1視野あたりの孢子量を以下の程度別に調査し、孢子形成度を算出した。

孢子形成指数 0:なし 1:1~100 2:101~1000 3:1001~10000 4:10001以上

孢子形成度 =  $\Sigma(\text{指数} \times \text{程度別病斑数}) / (\text{調査病斑数} \times 4) \times 100$

表14の試験では、接種により形成した病斑(接種3週間後)に対して薬液を処理し、孢子の形成程度を調査した。ジマンダイセン水和剤は無処理に対して17.4%に孢子形成を抑制したが、アントラコール顆粒水和剤、チウラム剤(チオノックフロアブル)、デランフロアブルの孢子形成量は無処理と差がなく、孢子の形成を抑制しなかった。なお、形成された孢子を素寒土培地上に塗抹し、20℃12時間後の発芽状況を確認したが、いずれも孢子発芽は良好であった。

本試験でジマンダイセン水和剤を処理した病斑の多くが褐変し、罹病葉の黄変落葉が認められた。感染・発病と薬剤散布のタイミングにより治療病斑の形成や落葉が起きることがあると考えられる(図2)。なお、健全葉には異常は認められなかった。

表14 病斑形成後の処理による黒星病の孢子形成量 (接種病斑に対する処理)

| 薬剤名        | 系統<br>(Frac Code) | 希釈<br>倍数 | 調査<br>病斑数 | 孢子形成<br>病斑率(%) | 孢子<br>形成量 | 対無処理比<br>(%) |
|------------|-------------------|----------|-----------|----------------|-----------|--------------|
| ジマンダイセン水和剤 | ジチオカーバメート(M3)     | 500      | 18        | 72.2           | 21.1      | 17.4         |
| アントラコール水和剤 | ジチオカーバメート(M3)     | 500      | 18        | 100            | 122.1     | 100.7        |
| チオノックフロアブル | ジチオカーバメート(M3)     | 500      | 18        | 100            | 162.1     | 133.7        |
| デランフロアブル   | キノ(M9)            | 1,000    | 18        | 100            | 125.2     | 103.3        |
| スコア顆粒水和剤   | DMI(3)            | 3,000    | 18        | 100            | 134.1     | 110.6        |
| 無処理(蒸留水処理) |                   |          | 17        | 100            | 121.2     |              |

処理方法 接種3週間後の病斑に対し、令和7年7月8日にハンドスプレーを用い、所定の薬剤で病斑表面を洗い流すように処理した。

調査方法 処理10日後の7月18日にグリセリンゼリーに病斑表面の孢子を転写し、顕微鏡下(400倍)で640×320μm<sup>2</sup>あたりの孢子数を3ヵ所計数し、平均した。

(様式1)



図2 ジマンダイセン水和剤散布後の病斑と罹病葉の黄変

### 3) 浸透移行性の検討

本試験は6月上旬～中旬の新梢葉を想定した試験である。ただし、調査葉数を確保するため、先端の完全展開葉3枚に薬剤がかからないようにしているため、一般の栽培・薬剤散布よりも薬液がかかった部位は少ない。調査時にはマークから上7枚で黒星病の発生が認められたため、この部位を調査対象とした。

薬剤散布から接種まで3日間としたため、3日間の移行性を評価している。最も効果の高かったスコア顆粒水和剤でも防除価を算出すると51.1であった(表15)。オルフィンフロアブルの防除価は13.7で、新梢基部に散布した有効成分の先端への移行は少ないと考えられた。ベフラン液剤の防除価は33.2であった。ユニックス顆粒水和剤とスコア顆粒水和剤は防除価50前後で、高い効果ではなかったものの一定の移行性があると考えられた。これら薬剤は薬液がかかっていない新梢先端でも発病を軽減できる可能性があると考えられる。なお、全般にマーク直上の葉よりも先端に近い葉で抑制効果が高い傾向が認められた。

本試験は一般の栽培条件とは異なるモデル的な試験で1例のみの結果である。実際の栽培に近い条件で、試験例の積み重ねが必要である。

表15 薬剤がかかっていない新梢先端における発病抑制効果

| 薬剤名        | 希釈倍率  | 調査新梢数 | 調査葉数(計) | 発病葉率% | 発病度  | 防除価  |
|------------|-------|-------|---------|-------|------|------|
| オルフィンフロアブル | 4,000 | 12    | 81      | 64.9  | 38.5 | 13.7 |
| ベフラン液剤     | 1,000 | 11    | 69      | 62.6  | 29.8 | 33.2 |
| ユニックス顆粒水和剤 | 2,000 | 16    | 105     | 59.8  | 21.5 | 47.8 |
| スコア顆粒水和剤   | 3,000 | 17    | 116     | 56.4  | 23.3 | 51.1 |
| 無処理        |       | 28    | 183     | 81.1  | 44.6 | —    |

調査方法:接種3週間後にマーク(図1)の上7枚を調査対象とし、発病程度別に葉数を調査し、発病葉率と発病度を算出した。

発病指数:0:発病なし 1:病斑面積が葉の1/4未満 2:1/4~1/2未満 3:1/2以上

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

### (5) 落葉時期と子のう胞子の飛散量

#### 1) 落葉時期と黒星病子のう胞子の飛散量

9月27日までの落葉からは子のう胞子の飛散は認められなかった(表16)。落葉時期が遅いほど、飛散時期が遅い傾向がみられたが、全体として大きな差はなかった(図3)。

9月27日～11月1日、11月1日～11月27日の落葉からは子のう胞子が旺盛に飛散し、落葉40gからの飛散数はほぼ同量であった(表15)。11月1～11月27日の落葉量は9月27

(様式1)

日～11月1日の約3倍であったため、推定される子とう胞子飛散量も約3倍と考えられた。

落葉量を勘案し、落葉時期別の子とう胞子飛散割合を算出すると、11月27日までの落葉から全体の97.6%の子とう胞子が飛散した。すべて落葉する前の12月上旬（降雪前）であっても十分な落葉処理の効果が期待できると考えられた。

表16 落葉時期別の推定子とう胞子飛散量（黒星病）

| 落葉時期        | 落葉量                               |              | 胞子採集器による捕捉数 <sup>1)</sup> |                                     | 推定飛散量 <sup>2)</sup> |              |
|-------------|-----------------------------------|--------------|---------------------------|-------------------------------------|---------------------|--------------|
|             | A 時期別重量<br>(g/4.5m <sup>2</sup> ) | 時期別割合<br>(%) | B 落葉供試量<br>(g)            | C 総捕捉数<br>(個/18*18mm <sup>2</sup> ) | D 総飛散量              | 時期別割合<br>(%) |
| ～9/27       | 34.9                              | 3.1          | 34.9                      | 0                                   | 0                   | 0            |
| 9/27～11/1   | 192.8                             | 16.9         | 40.0                      | 17,225                              | 83,024              | 26.4         |
| 11/1～11/27  | 538.4                             | 47.3         | 40.0                      | 16,610                              | 223,570             | 71.1         |
| 11/27～12/20 | 372.5                             | 32.7         | 40.0                      | 820                                 | 7,636               | 2.4          |
| 計           | 1138.6                            | 100          |                           |                                     | 314,230             | 100          |

1) カバーガラス18×18mm範囲内の子とう胞子補足数を算出(C)

2) 各落葉時期の子とう胞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

## 2) 落葉時期と褐斑病の子とう胞子の飛散量

9月27日～11月1日の落葉から旺盛に子とう胞子が飛散した。9月27日以前、11月27日以降の落葉からは、子とう胞子の飛散はない、あるいは極めてわずかであった（表17）。落葉時期が遅いほど、飛散時期が遅い傾向が認められた（図3）。

落葉量を勘案し、落葉時期別の子とう胞子飛散割合を算出すると、11月27日までの落葉から全体の99.4%の子とう胞子が飛散した。すべて落葉する前の12月上旬（降雪前）であっても十分な落葉処理の効果が期待できると考えられた。

表17 落葉時期別の推定子とう胞子飛散量（褐斑病）

| 落葉時期        | 落葉量                               |              | 胞子採集器による捕捉数 <sup>1)</sup> |                                     | 落葉時期別飛散量 <sup>2)</sup> |              |
|-------------|-----------------------------------|--------------|---------------------------|-------------------------------------|------------------------|--------------|
|             | A 時期別重量<br>(g/4.5m <sup>2</sup> ) | 時期別割合<br>(%) | B 落葉供試量<br>(g)            | C 総捕捉数<br>(個/18*18mm <sup>2</sup> ) | D 総飛散量                 | 時期別割合<br>(%) |
| ～9/27       | 34.9                              | 3.1          | 34.9                      | 0                                   | 0                      | 0            |
| 9/27～11/1   | 192.8                             | 16.9         | 40.0                      | 7,469                               | 36,001                 | 85.5         |
| 11/1～11/27  | 538.4                             | 47.3         | 40.0                      | 434                                 | 5,842                  | 13.9         |
| 11/27～12/20 | 372.5                             | 32.7         | 40.0                      | 28                                  | 261                    | 0.6          |
| 計           | 1138.6                            | 100          |                           |                                     | 42,104                 | 100          |

1)、2)は表1と同じ。

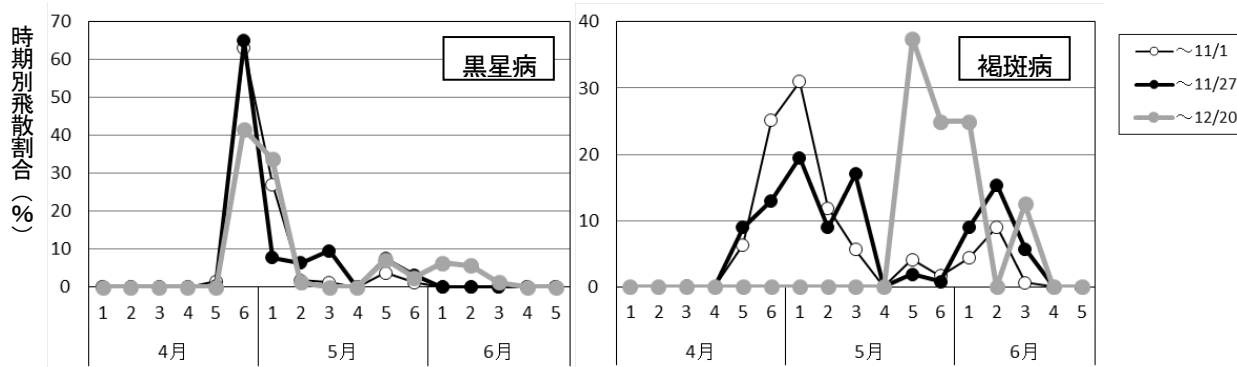


図3 落葉時期と子とう胞子飛散推移

(様式 1)

(6) 落葉へのフロンサイドSC処理（春季）による子とう胞子飛散抑制

1) 試験概況

薬剤処理の際、被害落葉は2～3枚重なり3cm程度の厚さの層になっていた。処理した際に網袋に付着した薬液は被害落葉上に指ではじき落した。上層の被害落葉表面は薬液により十分濡れていたが、葉の裏面や下の層には十分行き渡っていなかった。

2) フロンサイドSC処理が黒星病子とう胞子の飛散に及ぼす影響

フロンサイド処理により総飛散量は1/3に減少した（表18）。フロンサイド処理により、補足された時期は早まったが、全体の飛散推移は大きな差がなかった（図4）。飛散量が1/3に減少することによる黒星病発生に及ぼす影響は未検討だが、顕著な発病軽減効果は期待できないと考えられる。

表18 黒星病子とう胞子の半旬別捕捉数 (個/18\*18mm<sup>2</sup>)

| 処理区                | 濃度<br>処理量        | 4月 |   |    |   |    |       | 5月   |      |      |   |      |     | 6月 |    |   |    |   | 計     |
|--------------------|------------------|----|---|----|---|----|-------|------|------|------|---|------|-----|----|----|---|----|---|-------|
|                    |                  | 1  | 2 | 3  | 4 | 5  | 6     | 1    | 2    | 3    | 4 | 5    | 6   | 1  | 2  | 3 | 4  | 5 |       |
| フロンサイドSC<br>春季落葉処理 | 500倍<br>100L/10a | 0  | 2 | 45 | 0 | 7  | 3614  | 668  | 338  | 830  | 0 | 109  | 137 | 0  | 38 |   | 25 | 0 | 5812  |
| 無処理                |                  | 0  | 0 | 0  | 0 | 56 | 10781 | 1294 | 1076 | 1590 | 0 | 1253 | 543 | 18 | 0  | 0 | 0  | 0 | 16610 |

3) フロンサイドSC処理が褐斑病子とう胞子の飛散に及ぼす影響

フロンサイド処理により飛散量は変わらなかったが（表19）、飛散時期は遅れた（図4）。褐斑病の発生時期、発生量に及ぼす影響は今後検討が必要である。

表19 褐斑病子とう胞子の半旬別飛散推移 (個/18\*18mm<sup>2</sup>)

| 処理区                | 濃度<br>処理量        | 4月 |   |   |   |    |    | 5月 |    |    |   |    |   | 6月  |    |    |   |   | 計   |
|--------------------|------------------|----|---|---|---|----|----|----|----|----|---|----|---|-----|----|----|---|---|-----|
|                    |                  | 1  | 2 | 3 | 4 | 5  | 6  | 1  | 2  | 3  | 4 | 5  | 6 | 1   | 2  | 3  | 4 | 5 |     |
| フロンサイドSC<br>春季落葉処理 | 500倍<br>100L/10a | 0  | 0 | 0 | 0 | 9  | 0  | 7  | 18 | 11 | 0 | 42 | 0 | 253 | 54 | 11 | 0 | 0 | 404 |
| 無処理                |                  | 0  | 0 | 0 | 0 | 39 | 56 | 84 | 39 | 74 | 0 | 8  | 4 | 39  | 67 | 25 | 0 | 0 | 434 |

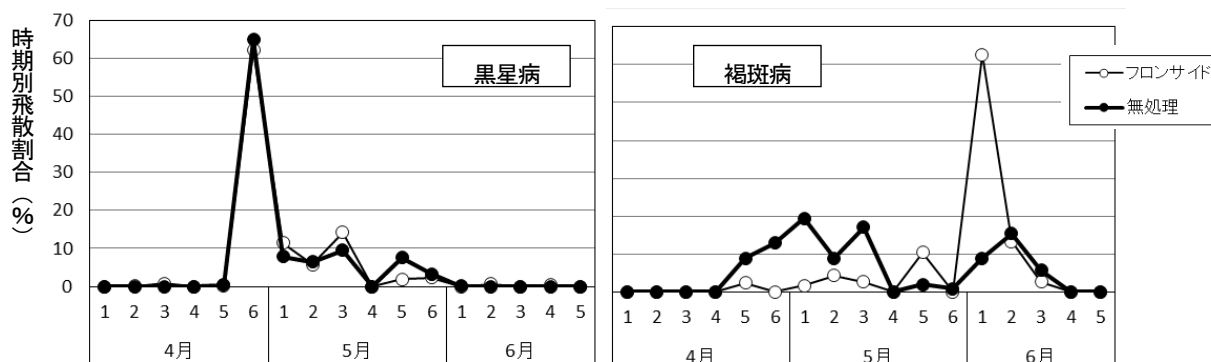


図4 フロンサイド処理による子とう胞子飛散推移の変化

(様式1)

#### 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を確認できた。DMI 剤代替剤として有望なSDHI 剤のリンゴの春季主要病害に対する効果が明らかになったことにより、各地域の病害発生状況や使用時期に応じてSDHI 剤を選択する根拠が得られた。また、DMI 剤代替剤として位置付けられているユニックス顆粒水和剤 (AP 剤)、オルフィンフロアブル (SDHI 剤) 等の作用性 (治療効果の程度や浸透移行性) が明らかになり、各薬剤の使用時期決定や薬剤選択など、防除体系構築の一助になる根拠が得られた。病斑形成を阻害できる薬剤はリンゴの初期生育が旺盛な展葉～開花期に効果的で、胞子形成を阻害できる薬剤は初発後の二次伝染開始期の使用に効果的と考えられる。

12 月以降の落葉からは黒星病の子のう胞子飛散量が少ないことから、完全落葉前 (降雪前) の落葉処理でも一定の効果が得られると推察された。

#### 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) 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) の落葉処理を実証し、その有効性を確認する。

#### 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SDHI 剤は黒星病とうどんこ病に対する効果は全般に高かったが、黒点病、褐斑病に対しては効果差が認められた。DMI 剤代替剤として使用されているユニックス顆粒水和剤 (AP 剤)、オルフィンフロアブル (SDHI 剤) の他、ベフラン液剤は黒星病感染後の病斑形成を阻害する治療効果が認められたが、病斑上の胞子形成を阻害する効果はなかった。一方、ジマンダイセン水和剤は病斑形成を阻害する治療効果はみられなかったが、病斑上の胞子形成を阻害する効果が認められた。

長野県において12 月以降の落葉からは黒星病と褐斑病の子のう胞子飛散量が少なかった。落葉に対するフロンサイドSC 処理 (春季処理) は黒星病の子のう胞子の飛散量を1/3 程度に抑制したが、飛散時期に影響しなかった。一方、褐斑病の子のう胞子飛散に対しては総飛散量は変わらなかったものの、飛散時期が顕著に遅れた。

#### 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。なお、得られた成果の一部 (DMI 剤代替剤の病斑形成阻害と胞子形成阻害効果) を令和2 年度日本植物病理学会大会で発表予定。

(様式1)

病害虫の効率的防除体制の再編委託事業

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 八重樫 元\*・伊藤 伝

所属 国研) 農研機構果樹茶業研究部門リンゴ研究領域、\*富山県農林水産総合技術センター園芸研究所 (現所属)

[〒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、本病の基幹防除剤として約 30 年間使用してきた DMI 剤に対する感受性が低下したリンゴ黒星病菌の発生が挙げられ、リンゴ生産地域に広がりつつある。さらに DMI 剤に加え、夏場に使用される QoI 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おり、防除指針を策定するために DMI 剤と QoI 剤の両者に対する感受性の評価が求められている。しかしながら、リンゴ苗木を用いる生物検定ならびに薬剤添加培地による培地検定には、多大な労力と時間を要するため、早急な対策が必要な生産現場においては、より迅速な診断技術が必要とされている。

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を明らかにしている。また、QoI 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、迅速な診断技術として有効であるが、アレル特異的 PCR や PCR-RFLP などの従来法では、疑陽性・擬陰性となる場合があり、確実な判定結果を得るには経験と技術が必要とされる。そこで本課題では、CYP51A1 の Y133F および Cytb の G143A を正確かつ効率的に識別するため、Loop-Mediated Isothermal Amplification(LAMP)による 1 塩基置換検出系を利用したマルチプレックス検定法を開発する。

### 2. 調査方法

1) 黒星病菌(Vi1, Vi3, Vi7, Vi9)について市販のキット(MagExtractor Plant genome; TOYOBO)で培養菌体から抽出した DNA 溶液をサンプルとして用いた。これらの菌株の CYP51A1 遺伝子の Y133F および Cytb 遺伝子の G143A の有無は表 1 に示した。

2) LAMP-FLP 法は、FAM や ROX などの蛍光色素で標識したプライマーにより塩基置換箇所を含む領域を特異的に増幅し、消光活性を持つクエンチャープローブの塩基置換箇所にはハイブリダイズ(蛍光消失)する温度が、塩基置換の有無で異なることを利用して識別する方法である。CYP51A1 で

(様式1)

は FAM、Cytb では ROX で標識したプライマー・プローブセットをそれぞれ作出し、LAMP-FLP 法用 DNA 増幅セット(栄研化学)のマニュアルに従い、60°Cで 30 分間反応させた。その後リアルタイム PCR 装置(ABI-7300)を用いて解離曲線解析を行い、温度勾配における蛍光値の変化を解析した。

3) マルチプレックス LAMP-FLP では、CYP51A1 および Cytb に特異的なプライマー・プローブセットを混合し、同様の解析を行った。

### 3. 調査結果

1) Vi7 と Vi9 についてまず、従来のアレル特異的 PCR で Y133F 識別に必要な DNA 量を調べたところ、正確に識別するには 10 pg 以上の DNA が必要であった(図 1)

2) LAMP-FLP 法により Vi7 と Vi9 の CYP51A1 の Y133F を識別できるか解析したところ、10 pg 以上の DNA を用いた場合に識別することが出来た(図 2)。Vi1 と Vi3 を用いて Cytb の G143A を識別できるか解析した場合でも、同様の結果であった(データ省略)。

3) Vi1、Vi3、Vi7、Vi9 の 1 ng の DNA を用いてマルチプレックス LAMP-FLP を行ったところ、CYP51A1 の Y133F と Cytb の G143A を識別することが出来た(図 3)。

### 4. 考察

本課題では、従来のアレル特異的 PCR や PCR-RFLP 法に代わる塩基置換識別手法として LAMP-FLP 法を開発した。LAMP-FLP 法の感度は、従来のアレル特異的 PCR とほとんど差がないが、電気泳動などを要さず、1 反応で CYP51A1 および Cytb 遺伝子の塩基置換の有無を識別できるため、判定までにかかる時間と操作量を縮減できる効率的な手法である。

### 5. 今後の課題

- ・モニタリングの継続と Y133F を有する株の生物検定。
- ・LAMP-FLP 法はリアルタイム PCR 装置などの機器を必要とするため、使用場所が限定される。遺伝子解析を請け負う民間会社での受託サービスでも利用可能かを検証する必要がある。

### 6. 要約

リンゴ黒星病菌の CYP51A1 遺伝子および Cytb 遺伝子の DMI 剤と QoI 剤感受性低下に関わる塩基置換の有無を同時に解析できるマルチプレックス LAMP-FLP 法を開発した。

### 7. 成果の公表及び特許

Yaegashi et al. 2020. Point mutation in *CYP51A1* of *Venturia inaequalis* is associated with low sensitivity to sterol demethylation inhibitors. *Journal of General Plant Pathology* (印刷中)

(様式 1)

表 1. 試験に用いた菌株の CYP51A1 遺伝子および Cytb 遺伝子の多型

|     | CYP51A1 | Cytb  |
|-----|---------|-------|
| Vi1 | Y133F   | G143A |
| Vi3 | Y133F   | 非置換   |
| Vi7 | 非置換     | 非置換   |
| Vi9 | Y133F   | G143A |

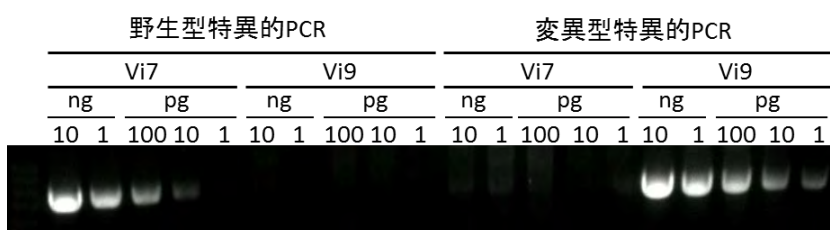


図 1. アリル特異的 PCR による CYP51A1 遺伝子の Y133F 識別に必要な DNA 量

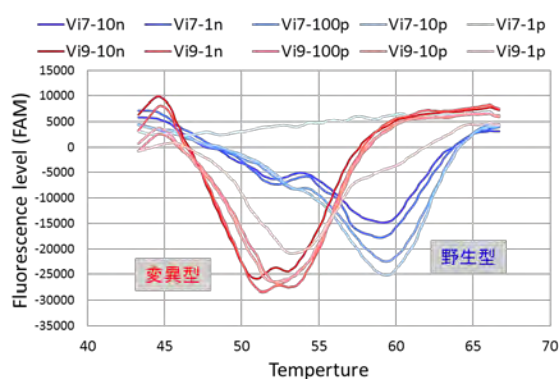


図 2. LAMP-FLP 法による CYP51A1 遺伝子の Y133F の識別

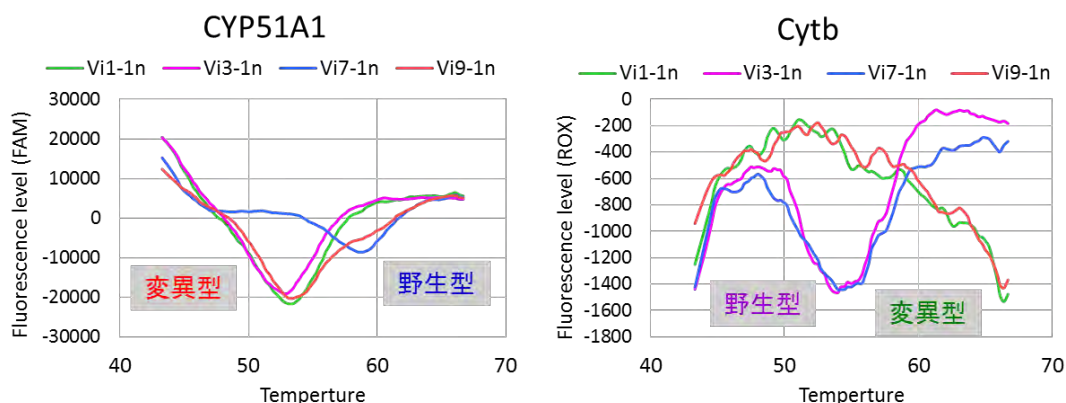


図 3. マルチプレックス LAMP-FLP 法による CYP51A1 遺伝子の Y133F(左)と Cytb 遺伝子 G143A(右)の識別