

青森県におけるリンゴ黒星病の発生状況と防除対策

(地独) 青森県産業技術センター りんご研究所 病害虫管理部

赤平 知也

Tomoya Akahira

1. はじめに

青森県は夏季冷涼な気候を生かし、リンゴをはじめセイヨウナシやオウトウなど果樹生産が盛んである。特にリンゴは結果樹面積 19,700ha、収穫量 415,700t と全国 (661,900t) の 6 割以上を占め (農林水産省「作物統計調査 2021 年」)、長年にわたり日本一を維持し続けている。このリンゴの一大産地である青森県において、ここ数年生産者を悩ませてきたのがリンゴ黒星病である。リンゴ黒星病は葉や果実、枝に円形～不整形で暗褐色の病斑を形成し (写真 1)、特に果実では病斑がかさぶた状となり、果実の肥大に伴い裂果して商品価値を失う (写真 2)。このリンゴ黒星病が青森県では 2016 年に県内各地で多発して大きな問題となった。この主な要因はステロール脱メチル化阻害 (以下 DMI) 剤に対する耐性菌の顕在化であったため、翌年からは DMI 剤の使用を中止して、予防剤主体の防除に切り替えたが、2018 年に再び全県的に多発した。生産現場では散布間隔を短縮するなどの防除作業の負担増などで苦

慮していたことから、治療剤の採用を含めた強化策の開発が喫緊の課題であった。そこで、重点防除時期の再検討、治療効果を有する薬剤の検索などを実施し、新たな防除体系を構築した。本稿では、青森県におけるリンゴ黒星病の発生状況とリンゴ黒星病対策を強化した新たな防除体系について紹介する。

2. 発生生態

リンゴ黒星病は *Venturia inaequalis* によって引き起こされる病害であり、葉、果実、枝に円形～不整形で褐色～暗褐色の病斑を形成する。果実では幼果期に生じた病斑がかさぶた状となり肥大とともに裂果する。リンゴ黒星病菌は主に前年の被害落葉で越冬し、春になると地表面の落葉上で一次伝染源となる子のう胞子が成熟する。子のう胞子は 4 月上中旬～6 月上中旬にかけて降雨に伴い飛散し、葉や果実に感染するが、飛散量は 4 月下旬～5 月中下旬が最も多くなる。葉での発病は 5 月中旬頃から認められ、病斑には二次伝染源となる多量の分生子が形成され、降雨に伴って他の葉や果実に感染する。この



写真 1. 黒星病の被害葉



写真 2. 黒星病の被害果

二次感染は秋まで繰り返されて被害が増加し、被害葉は秋から冬にかけて落葉して翌年の伝染源となる。また、果実では樹上で感染しても収穫時までには発病せずに、貯蔵後に発病することがある(写真3)。

3. 近年の発生状況

DMI 剤は黒星病に対して高い防除効果を発揮し、治療的な効果も有していたことから、リンゴ産地では主に開花期から落花期の重点防除時期に使用されてきた。ところが、青森県では 2015 年頃から慣行防除園で黒星病の発生がみられるようになり、2016 年には大発生した。発生面積は 12,418ha と結果樹面積の 6 割を占め、被害果率 80% を超える園地もみられるなど甚大な被害を受けた。その後の調査で、長年使用されてきた DMI 剤の耐性菌が顕在化したことが主要因であることが明らかとなった。このため、2017 年からは DMI 剤の使用を中止してコハク酸脱水素酵素阻害(以下 SDHI) 剤を主体とした防除体系を実施した。これによりその年の発生は前年よりも少なく抑えられ、一定の効果を収めることができたかにみえたが、2018 年は黒星病の発生に好適な気象条件が続いたことで再び多発し、発生面積は 14,584ha と結果樹面積の 7 割を超え、2016 年を上回る激しい被害となった。また、時を同じくしてユビキノール酸化酵素 QoI 阻害(以下 QoI) 剤の耐性菌も津軽地方の広域で確認され、その対策を検討していた矢先の 2018 年には前年産の貯蔵果実に黒星病が発生し、消費地市場や流通現場を中心に大きな問題となった。被害果からは高頻度で QoI 剤耐性菌が確認され、年度途中であったが QoI 剤の使用を中止した。その後、2019 年以降は一転して黒



写真 3. 貯蔵果に発生した黒星病

星病の発生は少なく経過しており、最近ではほとんど発生がみられていない状況にある。春先の重点防除時期が好天に恵まれてきたことも要因の一つではあるが、ひとえに生産者をはじめリンゴ生産に関わる関係者の黒星病撲滅に向けた地道な努力が実を結んだ結果であると思う。

4. 黒星病対策を強化した新たな防除技術

青森県では黒星病の被害を受けて DMI 剤および QoI 剤の使用を中止し、耐性菌に対しても効果の高い SDHI 剤や保護殺菌剤等の予防剤を主体とした防除体系に切り替えた。しかし、重点防除時期にあたる 4 月中下旬～6 月上旬は予期せぬ低温や長雨に遭遇することがあり、適期散布ができずに防除の失敗を招くこともある。また、生産現場では降雨前散布を徹底し、散布間隔を短縮したにもかかわらず、黒星病の発生がみられるなど防除に苦慮していた。そこで、重点防除時期の再検討をはじめ、DMI 剤のような治療効果を有する薬剤を検索し、これら治療剤を重点防除時期に配置した新たな防除体系を構築した。

(1) 防除時期の再検討

子のう胞子の飛散は4月中旬～6月上旬頃であり、5月中旬頃が最も飛散量が多くなることから、青森県ではこれまで重点防除時期を「開花直前」(5月上旬頃)から「落花 15～20 日後頃」(5月下旬～6月上旬頃)として対策を講じてきた。しかし、黒星病の発生増加の要因解明のために防除時期を再検討したところ、子のう胞子の飛散は4月上旬頃から6月上中旬であり、4月下旬頃に最も飛散量が多くなった。このことから、黒星病の重点防除時期を早めて「ふじの展葉 1 週間後頃」(4月下旬頃)から「落花 20 日後頃」(6月上旬頃)とした。

(2) 治療効果を有する薬剤の検索

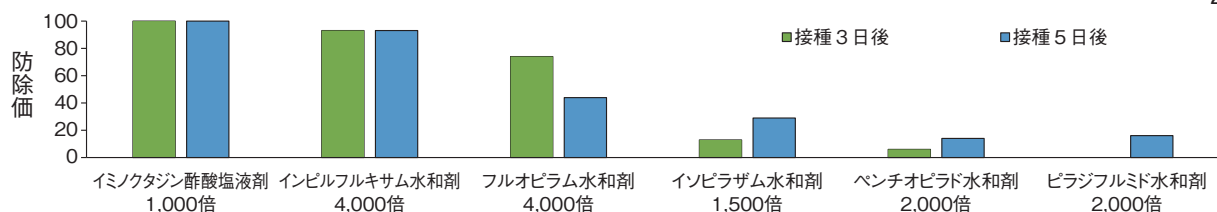
各種耐性菌(DMI 剤、QoI 剤および β -チューブリン重合阻害(MBC) 剤)が存在する園地から採集した黒星病菌を供試して試験を実施した結果、SDHI 剤やメチオニン生合成阻害(AP) 剤のほか、ジチオカーバメート剤等の多作用点接触活性剤はいずれも高い予防効果を示すことが明らかとなった(表 1)。また黒星病菌の接種 3 日後または 5 日後に薬剤を散布する方法で治療効果を検討したところ、程度に差はあるもののイミノクタジン酢酸塩液剤、

表 1. 黒星病に対する各種薬剤の予防効果

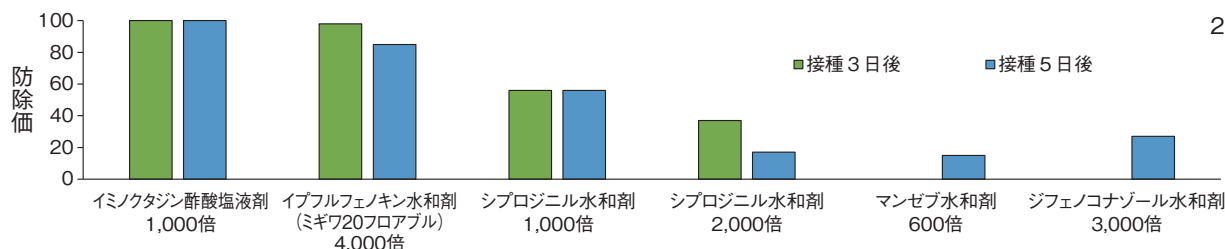
グループ	供試薬剤	希釈倍数	発病葉率	発病度	防除価
MBC	ベノミル水和剤	3,000 倍	54.2%	26.1	31
	チオファネートメチル水和剤	1,500 倍	75.8	45.5	0
SDHI	フルオピラム水和剤	4,000 倍	13.1	4.4	88
	インピラザム水和剤	1,500 倍	12.5	4.2	89
	ベンチオピラド水和剤	2,000 倍	21.4	7.1	81
Qol	クレソキシムメチル水和剤	3,000 倍	71.4	34.6	9
	トリフロキシストロビン水和剤	3,000 倍	64.2	33.1	13
	ピリベンカルブ水和剤	3,000 倍	15.6	5.5	86
AP	シプロジニル水和剤	1,000 倍	5.8	1.9	95
ジチオカーバメート	マンゼブ水和剤	600 倍	0.7	0.2	99
	プロピネブ水和剤	500 倍	3.1	1.0	97
	チウラム水和剤	500 倍	15.1	5.0	87
フタルイミド	キャプタン水和剤	800 倍	0.0	0.0	100
クロロニトリル	TPN 水和剤	1,000 倍	9.2	3.1	92
ビスグアニジン	イミノクタジン酢酸塩液剤	1,500 倍	0.0	0.0	100
	イミノクタジンアルベシル酸塩水和剤	2,000 倍	3.3	1.1	97
キノン	ジチアノン水和剤	1,000 倍	7.3	2.4	94
マレイミド	フルオリミド水和剤	1,500 倍	0.0	0.0	100
混合剤	有機銅水和剤	1,200 倍	11.5	3.8	90
	ピラクロストロビン・ボスカリド水和剤	2,000 倍	39.6	14.4	62
	キャプタン・ホセチル水和剤	800 倍	4.0	1.3	97
	キャプタン・有機銅水和剤	500 倍	2.2	0.7	98
	イミノクタジンアルベシル酸塩・キャプタン水和剤	1,000 倍	0.8	0.3	99
無散布		—	46.7	38.0	

- a) ポット植え「ふじ」を1区3樹、2～5本/樹の新梢を供試し、各新梢先端部の未展開葉と展開葉の間にラベルを付けた。樹全体に供試薬剤を散布・風乾した後、樹全体に分生子懸濁液を噴霧接種し、18℃、多湿条件に2日間静置した。接種源はりんご研究所内は場由来の個体群とした。
- b) 接種時に付けたラベルを基準に下位10葉について発病指数別に発病の有無を調査し、発病葉率、発病度および防除価を求めた。赤平知也・平山和幸・花岡朋絵・十川聡子(2021)より一部改変して転載。

2017年



2019年



- a) ポット植え「ふじ」/マルバカイドウを2017年は2樹/区、3～6本/樹の新梢を供試し、2019年は3樹/区、1～4本/樹の新梢を供試して各新梢先端部の未展開葉と展開葉の間にラベルを付けた。その後、樹全体に分生子懸濁液を噴霧接種し、18℃、多湿条件に2日間静置した後、接種3日後または5日後に供試薬剤を散布した。
- b) 接種時に付けたラベルを基準に上位3葉および下位7葉について発病指数別に発病の有無を調査し、発病葉率、発病度および防除価を求めた。赤平知也・平山和幸・花岡朋絵・十川聡子(2021)より改変して転載。

図 1. 黒星病に対する各種薬剤の治療効果

表 2. 重点防除時期に使用する各種薬剤の耐性リスクと薬効評価

薬剤名	希釈倍数	FRAC コード	耐性リスク	予防効果	治療効果
イミノクタジン酢酸塩液剤	1,000 倍	M7	低	○	○
フルオピラム水和剤	4,000 倍			○	○
イソピラザム水和剤	1,500 倍			○	
SDHI 剤	ペンチオピラド水和剤	7	中～高	○	
	インピルフルキサム水和剤			○	○
	ピラジフルミド水和剤			○	
イブフルフェノキン水和剤（ミギワ 20 フロアブル）	4,000 倍	52	中～高	○	○
シプロジニル水和剤	2,000 倍	9	中	○	○
チウラム水和剤	500 倍	M3	低	○	
マンゼブ水和剤	600 倍	M3	低	○	
ジチアノン水和剤	1,500 倍	M9	低	○	

a) ○：効果あり、空欄：効果なし

赤平知也・平山和幸・花岡朋絵・十川聡子（2021）より転載。

表 3. 春季の新たな防除体系とこれまでの防除体系

新たな防除体系（2021～）				DMI 剤を利用しない防除体系（2017～）			DMI 剤を利用した防除体系（～2016）		
回数	散布時期	基準薬剤（殺菌剤）	希釈倍数	回数	散布時期	基準薬剤（殺菌剤）	回数	散布時期	基準薬剤（殺菌剤）
1	展葉 1 週間後頃	イミノクタジン酢酸塩液剤	1,000 倍	1	展葉 1 週間後頃	イミノクタジン酢酸塩液剤	1	展葉 1 週間後頃	イミノクタジン酢酸塩液剤
2	開花直前	フルオピラム水和剤 SDHI 剤 インピルフルキサム水和剤 ペンチオピラド水和剤 ピラジフルミド水和剤	4,000 倍 1,500 倍 2,000 倍 4,000 倍 2,000 倍	2	開花直前	SDHI 剤 ペンチオピラド水和剤	2	開花直前	DMI 単剤
3	落花直後	イブフルフェノキン水和剤 (ミギワ 20 フロアブル) + ジチアノン水和剤 又はチウラム水和剤 又はマンゼブ水和剤	4,000 倍 1,500 倍 500 倍 600 倍	3	落花直後	シプロジニル水和剤 + チウラム剤 又はマンゼブ剤	3	落花直後	DMI 混合剤
4	落花 10 日後頃	シプロジニル水和剤 + チウラム水和剤 又はマンゼブ水和剤	2,000 倍 500 倍 600 倍	4	落花 10 日後頃	チウラム剤 又はマンゼブ剤	4	落花 15 日後頃	DMI 混合剤
5	落花 20 日後頃	ジチアノン水和剤 又はチウラム水和剤 又はマンゼブ水和剤	1,500 倍 500 倍 600 倍	5	落花 20 日後頃	チウラム剤 又はマンゼブ剤			

a) 新たな防除体系の中の下線は黒星病に対して治療効果を有する薬剤

赤平知也・平山和幸・花岡朋絵・十川聡子（2021）より転載。

SDHI 剤のインピルフルキサム水和剤とフルオピラム水和剤、イブフルフェノキン水和剤（ミギワ®20 フロアブル）およびシプロジニル水和剤は効果が認められた（図 1）。このことから、黒星病の重点防除時期にこれらの薬剤を選択することで、より安定した防除効果が期待できる。

(3) 耐性発達の回避を考慮した防除体系

治療効果を有する薬剤を利用した防除体系を作成するに当たっては耐性発達の回避を考慮する必要があるため、系統の異なる薬剤の配置を念頭に防除体系を構築した。FRAC（殺菌剤耐性菌対策委員会）

の作用機構による分類によると前節で評価した薬剤のうち、SDHI 剤、イブフルフェノキン水和剤（ミギワ 20 フロアブル）及びシプロジニル水和剤は耐性リスクが高い薬剤（中～高）となる（表 2）。そのため、新たな防除体系（表 3）は系統の異なる治療薬剤を配置することで、耐性発達を回避しながらも黒星病に対して安定した防除効果を発揮できる。

5. 効率的な耕種的防除技術の開発

リング黒星病の防除は耕種的防除すなわち発生源となる被害落葉や被害葉、被害果の除去を行ったう

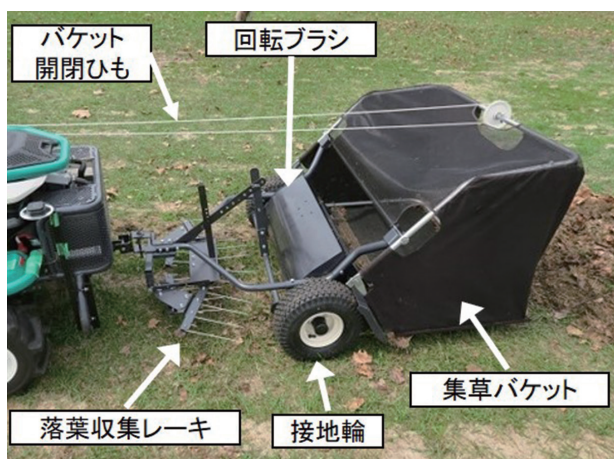


写真 4. 開発した落葉収集機

えで、薬剤散布を行うのが最も効果的である。特に一次伝染源として重要な被害落葉は、園地内から除去するか、土に鋤き込むことで、リンゴ黒星病の発生を低減できる。そのため、前年の被害落葉はなるべく早い時期にかき集めて処分し、越冬伝染源量を少なくする必要がある。一方、本県では積雪後に落葉することが多いため、この作業は春に実施しなければならない。雪解け後に地面に張り付いた落葉を除去する必要がある。また、既存の機械では除去が困難であること、手作業による落葉収集は作業能率が低いことから、生産現場ではほとんど実施されていない状況にある。そこで、当研究所は農研機構と(株)オーレックと共同で、乗用草刈り機で牽引する簡易で省力的に落葉を収集できる落葉収集機を開発した(写真4)。本機は乗用草刈り機の刈り刃を上げた状態で牽引し、落葉収集レーキ(以下収集レーキ)が張り付いた落葉を掻き起こす。それを接地輪の動力で回転するブラシがバケットに回収し、回収した落葉は開閉ひもの操作により運転席に座ったまま排出できる。収集レーキを装着した場合、同一箇所での2回走行で約9割の落葉を収集でき、園地条件によるが、作業能率は手作業の16～34倍と非常に効率的である。落葉収集することでリンゴ黒星病の孢子飛散量を低減し、発病を抑制するほか、落葉で越冬する病害虫(褐斑病やキンモンホソガなど)の密度低

下にも寄与できるため、今後活用されることが期待される。

6. おわりに

リンゴ黒星病はDMI剤耐性菌の発生により毎年のように多発して大きな問題となったが、ここ数年は発生が少なく、生産現場でも安堵感が広がっている。しかし、油断は禁物である。今後も青森県が高品質リンゴの安定生産を確保していくためには、耐性菌発生の兆候を捉えるための薬剤感受性モニタリングを頻繁に実施する必要がある。また、現状の少ない発生状況を維持するためだけでなく、現在の防除体系を長く維持していくためにも発生源となる被害落葉の除去や被害葉・被害果の摘み取りといった耕種的防除は今後も継続していかなければならない。

なお、これまでに述べた成果の一部は農研機構生研支援センター「イノベーション創出強化推進事業」、農林水産省「病害虫の効率的防除体制再編委託事業」、農研機構農業機械部門「農業機械技術クラスター事業」の支援を受けて実施した。

参考文献

- (1) 赤平知也・平山和幸・花岡朋絵・十川聡子, (2021). 植物防疫, 75: 242-247.
- (2) 赤平知也・大西正洋・谷山英世, (2020). 日植病報, 86: 187 (講要).
- (3) 平山和幸・花岡朋絵・新谷潤一・對馬由紀子・赤平知也, (2017a). 北日本病虫研報, 68: 108-114.
- (4) 平山和幸・赤平知也・花岡朋絵, (2017b). 北日本病虫研報, 68: 115-119.
- (5) 平山和幸・十川聡子・赤平知也, (2019). 日植病報, 85: 42 (講要).
- (6) 西野茂樹・栗原頼人・藤井孝行・西野千尋・佐野 博, (2021). 日植病報, 87: 197 (講要).