

ベルクート水和剤を用いた リンゴ黄腐病の防除対策について



秋田県果樹試験場
佐藤 裕
Yutaka Sato

1. はじめに

秋田県の果樹栽培は、リンゴ、オウトウ等の寒冷地果樹を主体とし、リンゴの栽培面積は1,100ha(全国6位)、国内最大の盆地と称される横手盆地に位置す



写真1. 問題となった小黑斑

る横手市は緩傾斜地と水田転換園を生産基盤とし、県内リンゴ生産額の過半を占める主産地である^①。

この横手市及びその近隣市町において、2011年10月中旬から県の主力品種‘ふじ’や県オリジナル品種‘秋田紅あかり’の果実表面に褐色から黒褐色の小斑点を生じる障害果が多発した(写真1)。実は、これに類似した障害果は2011年以前にも観察されたことはあったものの発生頻度が低く、程度も軽微であったことから重要視されなかったが、この年の発生量は無視できないほどで、半数近いリンゴに本症状を生じた園も見られた。

この果実表面に生じた小形の斑点(以下、「小黑斑」)には、いくつか特徴があり、多くが果点や毛耳痕に生じていた。最も被害が大きかった‘ふじ’では収穫の1ヶ月ほど前から見え始め、収穫期に近づくほど発生果実数は増加し、さらに1果当たりの斑点数も増えていった。また、斑点数は適熟果に多

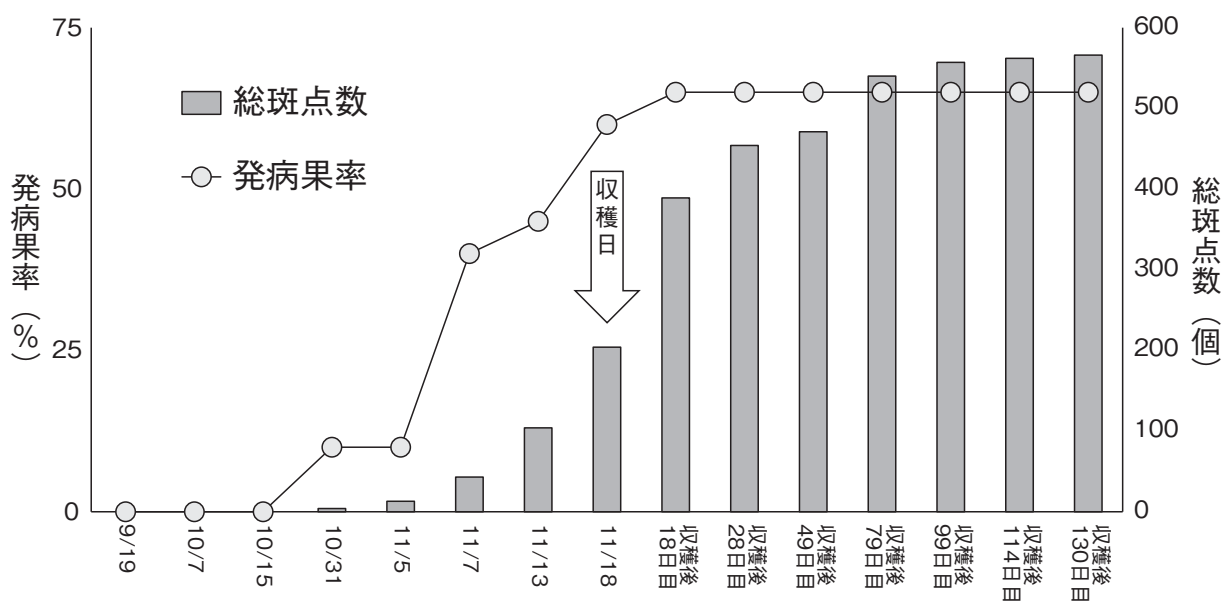


図1. 小黑斑の発生消長 (2018. 秋田県果樹試験場)



写真 2. 小黑斑から分離された白色糸状菌

く、未熟果では無いか極わずかで、熟度による差が見られた。小黑斑の発生部位には偏りがあり、陰向面よりも陽向面に、また果頂部に比較し赤道部から果柄側に多く見られた。さらに、収穫時には軽微な症状だった果実が、冷蔵貯蔵後に多数の小黑斑を生じ、商品価値を著しく損なう事例も見られた(図1)。

小黑斑は‘ふじ’を含めた晩生品種には多く見られる一方で、早生種では見られず、中生品種でも一部の品種で見られる程度であった。しかし、晩生品種でも‘ふじ’と収穫期がほぼ同時期の‘王林’での発生は見られなかった。

小黑斑はリンゴ果実病害の炭疽病や輪紋病、褐斑病や黒星病の初期病斑あるいはカルシウム欠乏による生理障害ともよく似ており、病害診断に苦慮することも多かった。発生当初、小黑斑の発生地域は横手市に集中しているとみられたが、2011年以降も散発的にはあるが、繰り返し発生し、現在では、県内リンゴ園のほぼ全域で確認されている。

2011年以降に急増した小黑斑は適熟果に生じることが多く、JA秋田ふるさとへの聞き取り調査によると、被害果は良食味にもかかわらず加工用果実として出荷され、良品果に比較し7割程度安い取引額となった果実もあり、生産者の収益を大きく損ねる要因となった。2015年に秋田県果樹試験場が横手市内の共同選果場に出荷された果実を対象に抽出調査を実施したところ、小黑斑を原因とした2015年産リンゴの被害額は5,700万円と推定された。小黑斑が2011年から発生し続けていることから、小黑斑による被害額の累計は数億円規模になると考えられた。県内のリンゴ栽培面積の6割強が‘ふじ’であり、小黑斑がその主力品種に発生したことから



写真 3. 秋田 19 号への接種により再現された病徴



写真 4. 有傷接種によって生じた腐敗病斑

経済的影響も大きく、生産現場からは発生原因の解明と被害軽減技術の開発が強く求められた。

2. 主要因は何？

(1) 分離された糸状菌と病原性

小黑斑組織から糸状菌の分離を繰り返し試みたところ、培地上での菌叢が放射状にしわを生じ、菌糸伸長速度が遅い糸状菌(写真2)が高率で分離された(以下、白色糸状菌)。この白色糸状菌は既知のリンゴ病原菌には見られない特徴が多いものの、分離率の高さから、小黑斑に関与している可能性が考えられ、果実に対する病原性を検討した。

‘ふじ’の樹上果を用いた無傷接種試験を行ったところ、接種した部位には赤褐色から黒褐色で直径1mm程度の小さな病斑が形成された。また、黄色品種‘秋田19号’の樹上果への無傷接種試験では、赤褐色から黒褐色の小斑点が接種した部位に見られ、さらに一部の斑点の周囲には赤色を帯びたハローが観察された(写真3)。なお、他の黄色品種

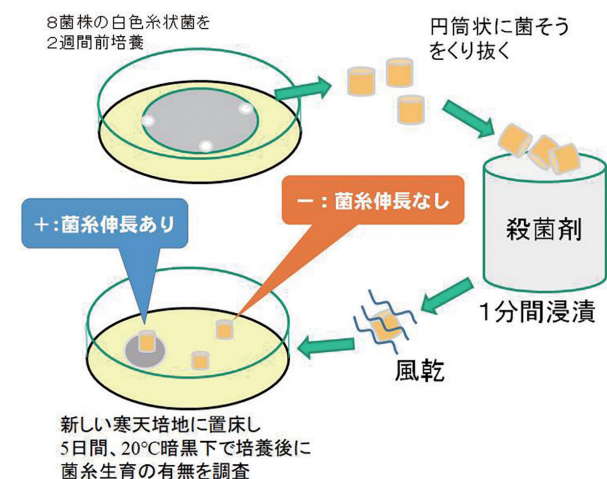


図2. 薬剤スクリーニング

でも同様のハローが見られており、ここからは同様の白色糸状菌が分離された事例がある。無傷接種により生じたこれらの小黑斑症状は、いずれも原病徴に酷似していた。またこれらの病斑からは、接種に用いたものと同様の糸状菌が容易に再分離された。

一方、有傷接種では、収穫果及び樹上果のいずれの場合でも小黑斑は発生せず、接種部位には直径3～5 cmの腐敗病斑が形成された(写真4)。この病斑は古くからリンゴの貯蔵病害として知られているリンゴ黄腐病(きぐされびょう)及び諸外国でbull's-eye rot(ブルズアイロット)とされる病気の症状に酷似していた。

(2) 病原菌の同定

そこで、bull's-eye rotの病原菌と白色糸状菌の形態を比較したところ、白色糸状菌の分生子の大きさや形状は、富樫(1950)⁽²⁾の黄腐病菌*Gloeosporium* sp.とは異なっており、一方で、bull's-eye rotの病原菌とされる4種とは、いずれの種とも大差がなかった。

次いで白色糸状菌の遺伝子(LSU領域、ITS領域及び*tub2*領域)の塩基配列について、相同性検索を行ったところ、いずれの領域においても白色糸状菌は*Phlyctema vagabunda* Desm.と最も高い相同性を示した。また、系統樹解析においても、白色糸状菌のいずれの菌株も*Phlyctema*属菌に最も近かった。白色糸状菌が形成した胞子を果実に有傷接種すると腐敗病斑を形成し、これはリンゴ黄腐病及び諸外国でbull's-eye rotと呼ばれる貯蔵病害の症状と酷似していた。これらのことから、小黑斑は新

病害ではなく、既報であるリンゴ黄腐病の症状の一つと考えられ、小黑斑から分離された白色糸状菌*P. vagabunda*は黄腐病の新たな病原菌であると結論づけた⁽³⁾。

3. 手探りだった防除法の検討

国内において、貯蔵中のリンゴ果実に腐敗を生じる黄腐病を対象とした防除試験を行った報告は見当たらなかった。さらに、諸外国ではbull's-eye rotに対する防除剤についていくつかの報告はあるが、秋田県で問題となっている小黑斑の発生そのものの報告が無いことから、小黑斑への防除対策は有効薬剤、散布時期がまったくわからない状況からのスタートとなった。

(1) 薬剤の選抜

前述のとおり、有効薬剤の報告が無いことから、まずは薬剤スクリーニングを行った。秋田県のリンゴ病害防除剤として使用されている殺菌剤32剤を用い、PDA平板培地で培養した菌そうから得た直径5 mmの菌そうディスクを薬液浸漬させた後、風乾してPDA培地に置床し、菌そう伸長の有無を観察した(図2)。殺菌剤処理を行ったほとんどの菌そうディスクが旺盛な菌そう伸長を示すなかで、グアニジン系剤は常用濃度、さらにその1/10、さらには1/100希釈液でも、菌糸伸長を阻害する効果が認められた。この試験結果を基に、本病害の防除剤としてベフラン液剤25が有望視された(表1)。

(2) 圃場での薬剤効果試験

スクリーニングにより選抜されたベフラン液剤25を用い、小黑斑が例年発生する秋田県内の農家圃場及び秋田県果樹試験場圃場(供試品種はいずれも'ふじ')において、自然発生条件下で防除試験を行った。防除試験開始の前年までに行った果実への時期別袋掛け試験により、本病の主な感染は9～10月と推測されたことから、薬剤散布区では9月上旬、中旬、下旬のいずれかに1回供試薬剤を散布し、小黑斑の発病果率を無散布区と比較した試験を7年間行った。その結果、いずれの試験においても、同剤散布区の発病果率は無散布区と比べて明らかに低くなり(防除価43.6～100)、本剤散布による防除の有効性が示された(表2)。このうち少発

表 1. 黄腐病菌に対する各殺菌剤の生育阻止効果(2014~2020. 秋田県果樹試験場)

供試薬剤	希釈倍数	供試菌株 ^{b)}							
		A*	B*	C*	D**	E**	F**	G***	H***
塩基性硫酸銅(58.0%)	500	+ ^{c)}	+	+	+	+	+	+	+
硫黄(52.0%)	500	+	+	+	+	+	+	+	+
クレソキシムメチル水和剤(50.0%)	2,000	+	+	+	+	+	+	+	+
アゾキシストロビン水和剤(10.0%)	1,000	+	+	+	+	+	+	+	+
ピリベンカルブ水和剤	3,000	+	+	+	+	+	+	+	+
トリフロキシストロビン水和剤	2,000	+	+	+	+	+	+	+	+
ピラクロストロビン・ボスカリド水和剤	2,000	+	+	+	+	+	+	+	+
イソピラザム水和剤	1,500	+	+	+	+	+	+	+	+
ペンチオピラド水和剤	3,000	+	+	+	+	+	+	+	+
ヘキサコナゾール水和剤	1,000	+	+	+	+	+	+	+	+
テブコナゾール水和剤	2,000	+	+	+	+	+	+	+	+
ミクロブタニル水和剤	3,000	+	+	+	+	+	+	+	+
フェナリモル水和剤	3,000	+	+	+	+	+	+	+	+
ジフェノコナゾール水和剤	3,000	+	+	+	+	+	+	+	+
イミペンコナゾール水和剤(30.0%)	4,000	+	+	+	+	+	+	+	+
マンゼブ水和剤	600	+	+	+	+	+	+	+	+
プロピネブ水和剤	500	+	+	+	+	+	+	+	+
チウラム水和剤	500	+	+	+	+	+	+	+	+
メパニピリム水和剤	2,000	+	+	+	+	+	+	+	+
シプロジニル水和剤	1,000	+	+	+	+	+	+	+	+
T P N水和剤	1,000	+	+	+	+	+	+	+	+
フルオルイミド水和剤	1,500	+	+	+	+	+	+	+	+
ジチアノン水和剤	1,000	+	+	+	+	+	+	+	+
フルアジナム水和剤(39.5%)	2,000	+	+	+	+	+	+	+	+
イプロジオン水和剤(40.0%)	1,500	+	+	+	+	+	+	+	+
有機銅(35.0%)	800	+	+	+	+	+	+	+	+
キャプタン・有機銅水和剤	600	+	+	+	+	+	+	+	+
キャプタンホセチル水和剤	800	+	+	+	+	+	+	+	+
キャプタン水和剤	800	+	-	+	+	+	+	+	+
	1,000	-	-	-	-	-	-	-	-
ダイパワー水和剤	10,000	-	-	-	-	-	-	-	-
	100,000	+	+	-	+	-	+	+	-
	1,000	-	-	-	-	-	-	-	-
ベフラン液剤25	10,000	-	-	-	-	-	-	-	-
	100,000	+	+	+	+	-	-	-	-
	1,000	-	-	-	-	-	-	-	-
ベルコート水和剤	10,000	-	-	-	-	-	-	-	-
	100,000	+	+	+	+	-	+	+	+
滅菌水	-	-	+	+	+	+	+	+	+

a) 供試菌株の含菌寒天を、所定の濃度とした各薬剤に1分間浸漬した後、風乾させ、PDA平板培地に置いた。その後、20℃で5日間培養し、菌糸生育の有無を調査した。

b) *：収穫果に生じていた小黑斑から分離された菌株、**：収穫後の貯蔵果に生じた黄腐病から分離された菌株、***：収穫前の樹上果実に生じた黄腐病から分離された菌株。

c) +：PDA培地上に菌糸生育が認められた。-：PDA培地上に菌糸生育が認められなかった。試験は3回繰り返し、菌糸生育が1回でも認められれば+とした。

表 2. リンゴ黄腐病(小黑斑)に対するベフラン液剤25散布の防除効果

試験年次	防除価 ^{a)}			無散布区の 発病果率(%)
	9月上旬散布	9月中旬散布	9月下旬散布	
2014	ND ^{b)}	ND	82.4	56.9
2015	85.6	78.4	91.9	62.0
2016	88.2	97.0	88.2	33.1
2017	92.5	67.9	59.4	21.2
2018	ND	ND	100.0	4.9
2019	43.6	95.1	49.0	20.4
2020	75.4	78.9	82.4	76.8

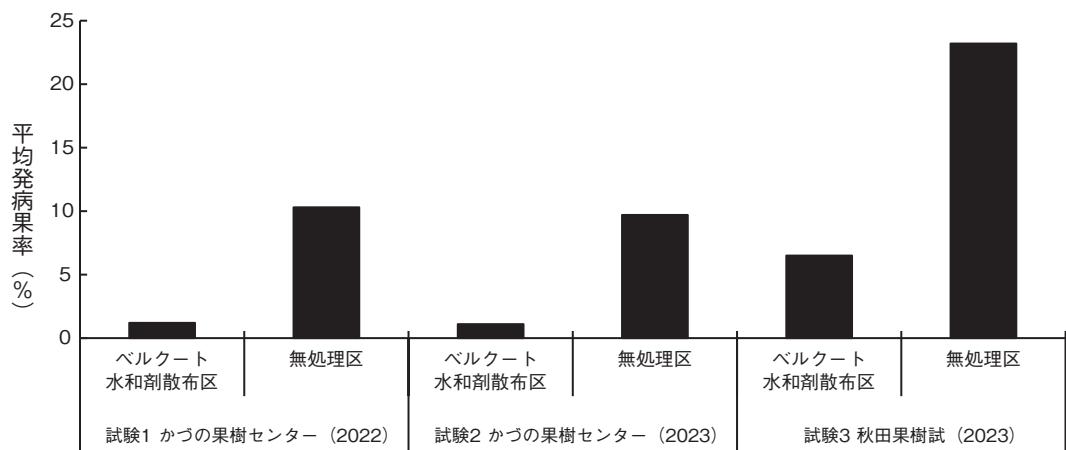
a) 防除価= 100 - (薬剤散布区の発病果率 / 無散布区の発病果率) × 100

b) 試験区の設定なし

生年を除いた5か年の試験結果を統合解析したところ、9月に本剤を1回散布することによって小黑斑の発病果率を無処理区に比較し、8割程度減少できることが示された。

本病に対する防除効果が優れるベフラン液剤25の試験例数を積み重ね、適用拡大も間近と思われたが、その後、本剤は「再評価」の壁によって残念ながら日の目を見ずに終幕となった。しかし、幸いにも同系統のベルコート水和剤も黄腐病菌には強い菌糸伸長抑制効果を示していたことから、引き続き、自然条件下で、ベルコート水和剤による防除効果試験を開始した。

試験はベルコート水和剤1,000倍を用い、2022年



供試品種：ふじ、処理方法：試験1は9/16、26、10/6の3回散布し11/18に収穫、12日間冷蔵後に調査、試験2は9/15、27の2回散布し11/8に収穫、9日冷蔵後に調査、試験3は9/10、18、29の3回散布し11/8に収穫、13日間冷蔵後に調査した。いずれの試験も1区1樹3反復とし、8月までの病害虫防除は各試験とも一律に実施した。

図3. リンゴ黄腐病（小黑斑症状）に対するベルクート水和剤散布の防除効果

かつの果樹センター圃場、2023年にはかつの果樹センターに秋田県果樹試験場の圃場も加えて行った。いずれの試験も品種は‘ふじ’を用いた。8月までは両区とも病害虫防除を含め一律に管理し、ベルクート水和剤は9～10月に2回または3回散布し、その後一定期間冷蔵し発病状況を調査した。その結果、いずれの試験でも本剤散布による防除効果が認められた（図3）。

以上の結果を元に、2024年12月25日付けでベルクート水和剤1,000倍がリンゴ黄腐病の防除剤として初めて農薬登録された。

本剤使用時の注意点として、①散布時期が9月中旬頃になるため、晩生品種の着色管理で枝支柱や反射マルチを利用する時期と重なる場合は、先に本病防除を行う、②散布の効果が十分発揮できるよう薬液は果実全面に付着させる、③リンゴ病害の基幹剤として広く普及しているダイパワー水和剤も含め、イミノクタジナルベシル酸塩のリンゴでの使用回数は開花期以降の散布は3回以内（2025年12月現在）であり、1年を通じて計画的に使用する。

4. おわりに

秋田県南部で2011年に多発して以降、長らく原因が不明であったリンゴ果実の小黑斑の主因については、黄腐病の新病原である *P. vagabunda* による病害と判明した。防除対策は、紆余曲折したもの、ベルクート水和剤が本病防除剤として農薬登録され、防除指導体制もようやく整った。

黄腐病は国内のリンゴ産地で古くから知られている病害であり、本病原菌 *P. vagabunda* も2011年以前から国内にあったと考えられ、秋田県以外のリンゴ産地でも本症状の発生する可能性は十分にある。類似する病害が複数あることから、的確な診断を行い、黄腐病菌が関与していると診断された場合は、ベルクート水和剤を活用し、被害軽減に役立てていただきたい。

参考文献

- (1) 農林水産省, (2025). 農林水産省統計 作物統計調査. 令和6年 リンゴの作付面積.
- (2) 富樫浩吾, (1950). 果樹病学, p.60.
- (3) 佐藤裕ら, (2021). 日植病報, 87, pp.133-145.