

### 3) 主要な病原菌の検定法

5種の病原菌(グループ) ①*Botrytis*、②*Venturia*、③*Fusarium*、④*Colletotrichum*、⑤*Cercospora*・*Corynespora* について、既往の研究を基に標準的な検定法として以下のように取りまとめた。

なお、それぞれで紹介する標準的手法は、既往の情報を基にしながらも、必ずしも各グループの全体に適応できるものではない点、留意願いたい。

#### ①灰色かび病菌 *Botrytis cinerea*

本病菌は多犯性で、さらに植物遺体上で豊富に分生子を形成し、圃場内で速やかに世代を繰り返すため、薬剤耐性が発達しやすい病原菌である。さらに、圃場外も含めて伝染源が存在し、定期的な薬剤防除が必要なのはもとより、収穫物に直接被害を及ぼすことから、収穫期間が長い品目では、防除回数が多くなってしまふ。施設栽培では夜間に高湿度条件となる。このような病原菌の特性および薬剤防除回数の多さから、様々な薬剤に対する耐性菌の被害が顕在化している。

このため、薬剤耐性菌対策の必要性が高く、モニタリングやその対策の検証がすすめられている。その薬剤感受性検定は、薬剤を含む寒天培地上に菌叢ディスクを置き、その生育の状況から判定するのが常法であるが(木曾, 1994)、薬剤の種類によっては、①適切な培地の選択が必要なこと、②菌叢ディスクの代わりに孢子を含むペーパーディスクを用いる必要があること、③生物検定の併用が必要なことなどが明らかになっている。

そして、定期的なモニタリングを実施するため、それぞれの薬剤の判定基準が設定されるとともに、その工程管理、SOPが示され(鈴木ら, 2016; 川上ら, 2019)、これに倣った検定が実施されている(大森ら, 2019; 祖田ら, 2022; 浅野ら, 2024)。本章では、これをベースにしなが、一部に筆を入れて今日版の標準的検定法を示す(表①1)。

なお、FRACが、KRI、DMI、SDHI、QoI剤等の検定にマイクロプレートを用いる方法を提案しているが(<https://www.frac.info/knowledge-database/monitoring-methods>)、国内での実施例は少ない。また、生物検定でのみ評価しようとする試み(堀川ら, 2024)や、検定手法の改善(小島ら, 2021)が図られているところである。検定法には、それぞれ一長一短があり、改善しながら検定の目的に応じて使い分けていくのが、現実的であると考えられる。なお、感受性低下菌として判定された場合の指導上の対応や、実用上の薬効低下との関連について、継続的なモニタリングと協議が必要である。

本病菌の薬剤感受性低下に関与する遺伝子の変異は他の病原菌と同様に特定されつつあるが(表①2)、本病菌が様々な薬剤に耐性を示し、遺伝子の変異は多様なため、日常的なモニタリングの手段として活用するには、検出すべき変異を体系的に整理する必要がある。

表①-1 灰色かび病菌の標準的薬剤感受性検定法 (培地検定、生物検定)

薬剤系統	FRACコード	検定薬剤名	検定法	検定培地 検定植物	検定成分濃度 (mg/L)	培養温度 ℃	時間 日	判定基準 MICと菌叢生育阻止率の併用	参考文献
MBC	1*	ベノミル	菌叢ディスク法	PDA	1**	20	2	生育しない (感受性菌)	木曾・山田 (1998)
ジ <sup>+</sup> 加味 <sup>+</sup> ベンミド <sup>+</sup>	2	イプロジオン	菌叢ディスク法	PDA	5	20	2	菌叢生育阻止率 <20% (高度耐性)、20-99% (中度耐性)	木曾・山田 (1998)
SDHI	7	ボスカリド/ペンチオピラド	ペーパーディスク法 (蒸留水)	YBA	1	20	7	生育あり (感受性低下菌)	鈴木ら(2016)
			ペーパーディスク法 (1/2PDB)	生物検定: キュウリ子葉	常用濃度	20	3	上記で生育した菌株を評価 病斑形成抑制率が60%未満 (耐性菌)	
AP	9	メバニピリム	ペーパーディスク法 (蒸留水)	FGA	3	20	4	生育あり (感受性低下菌)	高垣 (2000)
			ペーパーディスク法 (1/2PDB)	生物検定: キュウリ子葉	常用濃度	20	3	上記で生育した菌株を評価 病斑形成抑制率が60%未満 (耐性菌)	川上ら(2017)
Qoi	11	アゾキシストロピン	菌叢ディスク法	PDA*** (SHAM1mM)	1, 100	20	3	100mg/Lの生育阻止率<80% (耐性菌)	間佐古(2009)
		ピリベンカルブ	菌叢ディスク法	同上	同上	同上	同上		尾崎・小野(2016)
PP	12	フルジオキシニル	菌叢ディスク法	PDA	0.2	25	2	生育あり (感受性低下菌)	平田(2000)
			ペーパーディスク法 (1/2PDB)	生物検定: キュウリ子葉	常用濃度	20	3	上記で生育した菌株を評価 病斑形成抑制率が60%未満 (耐性菌)	川上ら(2017)
			ペーパーディスク法 (蒸留水)	PDA	0.2	20	2	生育あり (感受性低下菌)	小島・渡辺(2021)
KRI (SBIクラス III)	17	フェンヘキサミド	ペーパーディスク法 (蒸留水)	FGA	1	20	4	生育あり (感受性低下菌)	沢田(2001)
			ペーパーディスク法 (1/2PDB)	生物検定: キュウリ子葉	常用濃度	20	3	上記で生育した菌株を評価 病斑形成抑制率が60%未満 (耐性菌)	川上ら(2017)

\* MBC剤とN-フェニルカーバメートの耐性菌が広く発生しているが、灰色かび病防除剤として使用されていない地域では、検定が行われないことが多い。

\*\* 中度耐性を重視しない地域では、1mg/Lは検定されていない。

\*\*\* SHAMの代わりにPG (没食子酸n-プロピル) を用いても良い。

表①2 灰色かび病菌の薬剤感受性に関与する遺伝子の変異

薬剤	FRACコード	遺伝子	変異
MBC	1*	$\beta$ -tub	E198A/G/K/V T351I F200Y
ジ <sup>o</sup> カホ <sup>o</sup> キ <sup>o</sup> イミト <sup>o</sup>	2	bos1	I365S I365N
QoI	11	cytb	G143A
SDHI	7	sdhB	P225F/L/T N220I H227R N230I H272L/R/V/Y I274V K283N
		sdhC	P80H A85G/V
		sdhD	H132R

#### 参考資料 (web 上で閲覧できるものを中心に抜粋)

##### ・検定手法

木曾 皓 (1994) 植物病原菌の薬剤感受性検定マニュアル(6)野菜類灰色かび病菌. 植物防疫.

48(1):42-46. [https://www.jppa.or.jp/archive/pdf/48\\_01\\_42.pdf](https://www.jppa.or.jp/archive/pdf/48_01_42.pdf)

高垣真喜一ら (2000) アニリノピリミジン系殺菌剤の灰色かび病菌に対する感受性検定法. 植物防疫

54(4):153-157. [https://www.jppa.or.jp/archive/pdf/54\\_04\\_23.pdf](https://www.jppa.or.jp/archive/pdf/54_04_23.pdf)

鈴木啓史ら (2010) 灰色かび病菌のペンチオピラドとボスカリドに対する感受性検定法. 関西病虫研報

52:45-51. <https://doi.org/10.4165/kapps.52.45>

鈴木啓史ら (2016) 植物病原菌の薬剤感受性検定マニュアル 2016 (6) 野菜類灰色かび病菌—SDHI 剤 (培

地・生物検定法) —. 植物防疫 70(9):610-615. [https://www.jppa.or.jp/archive/pdf/70\\_09\\_40.pdf](https://www.jppa.or.jp/archive/pdf/70_09_40.pdf)

尾崎剛一・小野友慈 (2016) 植物病原菌の薬剤感受性検定マニュアル 2016 (7) 野菜類灰色かび病—ピリ

ベンカルブ (培地・生物・遺伝子検定) —. 植物防疫 70(9):616-620.

[https://www.jppa.or.jp/archive/pdf/70\\_09\\_46.pdf](https://www.jppa.or.jp/archive/pdf/70_09_46.pdf)

小島一輝ら (2021) 灰色かび病菌のフルジオキシニル感受性検定法の改良と岐阜県内トマト産地におけ

る感受性の状況. 関西病虫害研究会報 63:109-113. <https://doi.org/10.4165/kapps.63.109>

川上 拓ら (2020) トマト灰色かび病菌の主要殺菌剤に対する耐性菌の発生動向. 植物防疫

74(6):333-337. [https://www.jppa.or.jp/archive/pdf/74\\_06.pdf#page=17](https://www.jppa.or.jp/archive/pdf/74_06.pdf#page=17)

##### ・モニタリング事例

川上 拓ら (2019) トマト栽培圃場における灰色かび病菌の主要殺菌剤に対する耐性菌の発生動向. 関西

病虫研報 61:15-22. <https://doi.org/10.4165/kapps.61.15>

大森 雅子ら (2019) 栃木県におけるトマト, イチゴの灰色かび病菌の薬剤感受性. 関東東山病虫研報

66:7-11. <https://doi.org/10.11337/ktpps.2019.7>

祖田 嘉教ら (2022) 大分県におけるイチゴ灰色かび病菌の殺菌剤感受性. 九病害虫研報 68:36-43.

<https://doi.org/10.4241/kyubyochu.68.36>

堀川 英則ら (2024) 愛知県におけるトマト・イチゴ等灰色かび病菌の QoI・SDHI 剤等 16 殺菌剤に対する感受性検定結果. 関西病虫研報 66 : 37-45. <https://doi.org/10.4165/kapps.66.37>  
浅野 峻介ら (2024) 奈良県での感受性検定に基づくトマト灰色かび病に対する有効な薬剤の探索. 関西病虫研報 66:11-16. <https://doi.org/10.4165/kapps.66.11>

## ② *Venturia* 属菌

ナシ黒星病菌 *Venturia nashicola*

リンゴ黒星病菌 *Venturia inaequalis*

果樹病害は、圃場に伝染源が残存しやすく、病害の発生が当年ばかりか次年度以降にも影響が残るため、高い水準の防除対策が求められる。さらに、草本植物よりも生育期間は長く、期間を通じて薬剤が散布されるため、薬剤散布回数が多くなる傾向にある。このため、耐性菌が惹起される機会は多く、その被害は慢性的となる。

こうしたなか、*Venturia* による黒星病は、MBC 剤（メチルベンゾイミダゾールカーバメート剤）耐性菌が発生して以降、様々な薬剤に対する耐性菌が顕在化し、時にこれによる大きな被害が生じている。使用できる薬剤が限定される方向にあり、継続的な薬剤感受性のモニタリングとマネジメントが必要な病害となっている。

黒星病菌は培地上での生育が遅いため、新鮮な病斑のある標本から（単孢子）分離して、雑菌の混入を防ぐ必要があり、分離しやすい標本（幼果や果梗）を採集したら、できるだけ早く分離作業に取り掛かる必要がある。

用いられている検定法について、表②1 に標準的手法として取りまとめた。

QoI 剤、MBC 剤は、他の野菜類病害の検定法と共通するが、DMI 剤については、以下示す理由から生物検定が信頼できる検定法とされている。すなわち、ナシ黒星病菌の場合、培地検定の結果と防除効果が一致しないケースがあり、さらに培養保存中に薬剤感受性が変化することが確認されている（石井・菊原, 2007）。このため、ナシの場合は、生物検定による評価が推奨されている（Ishii et al., 2021 ; 菊原ら, 2018）。一方、近年、国内で顕在化したリンゴの黒星病の DMI 耐性菌では、今のところ薬剤感受性検定と圃場での防除効果の結果がおおむね一致している。両者でこのような違いが生じる理由は定かではないが、今後、リンゴの場合もナシと同様状態となる可能性がある。

DMI 剤耐性は、①ステロール脱メチル化酵素遺伝子 CYP51 の突然変異、②本遺伝子及び酵素の過剰発現、③ABC トランスポーターの活性化による薬剤の細胞外排出であることが知られており、さらに耐性に係わる①の変異箇所は複数ある。一般に、いくつかの変異が重なりながら感受性の低下は徐々に進むとされており、ナシの場合は CYP51 の特定の変異のみで耐性の有無を評価できない状況にある。一方、近年、国内で顕在化したリンゴの黒星病菌では、CYP51A1 遺伝子の 133 番目の変異が関与しているケースが認められるが（Yaegashi et al., 2020）、海外では③によるケースが知られており、北海道では本変異を確認できない感受性低下菌が確認されている。将来、その他の変異が伴う耐性菌の発生も予想されることから、遺伝子診断で薬剤感受性を判定する際はこの点に留意する必要がある。

なお、ナシでは耐性菌のモニタリング手段として、薬剤を処理したポット苗を圃場に暴露し、発病の有

無から感受性の変化を捉えようとする試みも行われている（青木，2021）。健全苗を準備する手間は生じるものの、現地での迅速な意思決定をするための有力な手段になると期待される。

ナシ黒星病菌の場合、培地検定や遺伝子診断でのDMI 剤耐性菌の評価の困難さが指摘されている（Ishii et al., 2021）。いずれにせよ、黒星病菌の培地上での生育は遅く、培養日数を要することは、薬剤の種類を問わず判定の合理性に強く影響すると考えられる。

同様に菌叢生育の遅いトマト葉かび病菌では、菌叢破砕液を検定培地にスポットすることにより、各種薬剤の感受性が評価されている（渡辺，2016）。黒星病菌も同様に、湯谷ら（2020）がSDHI 剤であるペンチオピラドの薬剤感受性を調査する際、菌叢破砕液を検定培地にスポットし、MIC を測定している。菌糸片を破砕するという煩雑な手間は生じるものの、本法の黒星病菌での応用を探るべきであると考えられる。併せて、さらに簡便で適切な評価法の開発が望まれる。それまでは、最終的な判断は、生物検定をベースにせざるを得ない。

表②1 *Venturia*属菌（黒星病）の標準的薬剤感受性検定法（培地検定） \*DMI, QoIについては手法の検証が必要

薬剤系統	FRACコード	検定薬剤名	検定法	検定培地	検定成分濃度* (mg/L)	培養温度 (°C)	時間 (日)	判定基準
MBC	1	ベノミル	MIC (菌叢ディスク)	PDA	1**	20	10	生育しない (感受性菌)
DMI***	3	ジフェノコナゾール (コエチリモル)	EC <sub>50</sub> (菌叢ディスク)	PDA	0.01, (0.03), 0.1, (0.3), 1, (3), 10, (30), (100)	20	21	上記で生育した菌株で、生育しない (中度耐性)、生育あり (高度耐性)
		ミクロブタニル	RG (相対生育度)	PDA	0.3****	20	21-28	ジフェノコナゾール (EC <sub>50</sub> : 0.1-0.2mg/L以上) 感受性低下菌 (数値は目安) ****
QoI	11	クレンキシムメチル	RG (相対生育度)	PDA† (PG4mM含)	100	20	21	RG30以下感受性、70以上耐性、その間は混在
SDHI	7	ペンチオピラド	MIC (菌叢破砕液) / 湯谷ら(2020)	YBG	0.1, 1, 5, 10, 50	20	10	10mg/L以上で生育 (感受性低下菌)

\* 対照に薬剤無添加培地も用意する

\*\* 中度耐性を重視しない地域では、1mg/Lは検定しない

\*\*\* *V. nashicola* はDMI剤の感受性を培地検定で評価することが難しいため、生物検定で判定する

\*\*\*\* 国内での検証事例はない

† 50°Cに冷えたPDAにPG (没食子酸n-プロピル) を4mMになるよう添加し、次いで薬剤を加える  
DMSOに溶解しておく。PGの代わりにSHAMを使用してもよい。

EC<sub>50</sub>を求める際の注釈点:

- ・初めて検定を行う際は、0, 0.01, 0.03, 0.1, 0.3, 1, 3, 10, 30, 100mg/Lで検定
- ・その後、必要な濃度の濃度を設定して省力化を図る(薬剤によっては40.003mg/Lを設定)
- ・培養温度と日数を厳守する
- ・阻止率をプロビット変換し、濃度を対数としてEC<sub>50</sub>を求める
- ・感受性低下菌のEC<sub>50</sub>値の目安は示されているが、研究者によって異なる点に留意する
- ・対照に、感受性種と耐性種を加えると判定の参考となる
- ・複数の菌株を併試し、感受性程度の分布を概観し、総合的に判断する

表② 黒星病菌 (*Venturia*) の標準的薬剤感受性検定法 (生物検定)

植物体	鉢植えのリンゴまたはナシ苗木 (感受性品種) 接種のタイミングにあわせて感染しやすいやわらかい新生葉が展開するように苗木を育成する 方法: 苗木を冷蔵保存あるいは強剪定により、展葉時期を遅らせる。遮光して栽培する。 接種後の保管スペースに応じて、草高を調整する
接種源	主に①と②が用いられている ① 圃地の罹病葉、幼果上の分生子を回収 (水に懸濁) し、直ちに接種源として使用* ② 圃地の罹病葉、幼果上の分生子を筆でシャーレ上に払落し、風乾後に凍結保存、要時に懸濁使用 ③ 分離した保存菌株を培養し、形成された分生子を使用 菌株によっては、培地上で分生子を形成しない
検定**	① 植物体に常用濃度の薬剤を噴霧し、完全に乾くのを待つ (対照区には水を噴霧する) 注: 当日時間がなければ翌日まで置く ② 分生子を水に懸濁し (約10 <sup>5</sup> 個/ml)、葉に噴霧接種する ③ 接種後は乾かないように、ポリ袋などで覆うか、高湿度条件の装置内に移す*** ④ 20~25℃で、1ないし2日間おいた後、雨除け条件で栽培する ⑤ 必要に応じ寒冷紗で遮光するとともに、栽培温度が高温にならないよう留意する ⑥ 接種28日後 (発病状況に応じて変更) に、発病調査を行い、無接種区との対比から防除効果を確認する
判定	① 病斑数/葉 (または、これに対応した発病度) から求めた防除価で、80以上あれば、感受性菌、50程度であれば中等度の耐性、30以下であれば高等度の耐性菌と判定する ② なお、薬剤の活性には薬剤間に差があることから、薬剤の種類に応じて、上記の判定を補正する

\* ナシ黒星病の場合、自然発病標本から回収した分生子を遠心分離機で濃縮・再懸濁して接種することがある  
濃縮したものは-80℃で数年間保存可能  
\*\* 必ず無接種区を設け、自然発病の有無を確認する

表③ *Venturia* 属菌の薬剤感受性関連遺伝子

菌種	系統	コード	遺伝子	変異*	EPPOcode	未記載はFRAC報告または参考資料参照
<i>Ventria</i> spp.	MBC	1	β2-tubulin	E198A/K	VENTIN	
				L240F	VENTIN	
				F200Y	VENTIN	
DMI	3	CYP51A1	Y133F	VENTIN	Yaegashi et al. 2020	森ら2022
			CYP51A1の過剰発現	VENTIN	Schnabel and Jones 2001	
QoI	11	Cytochrome b	G143A	VENTIN		
			F129L	VENTIN		
			G143R	VENTIN		

\* 太文字は国内も含め主体的な変異

注) *V. nashicola*のCYP51の変異についてはIshiiら(2021)を参照

## 参考資料 (web 上で閲覧できるものを中心に選定)

### (検定法)

石井英夫 (1994) 植物病原菌の薬剤感受性検定マニュアル(14)ナシ黒星病菌. 植物防疫 48(10):442-444. [https://www.jppa.or.jp/archive/pdf/48\\_10\\_38.pdf](https://www.jppa.or.jp/archive/pdf/48_10_38.pdf)

石井英夫 (2007) DMI 剤耐性菌をめぐって. 植物防疫 61(8):407-409.  
[https://www.jppa.or.jp/archive/pdf/61\\_08\\_01.pdf](https://www.jppa.or.jp/archive/pdf/61_08_01.pdf)

石井英夫・菊原賢次 (2007) ナシ黒星病菌の DMI 剤耐性. 植物防疫 61(8):426-429.  
[https://www.jppa.or.jp/archive/pdf/61\\_08\\_20.pdf](https://www.jppa.or.jp/archive/pdf/61_08_20.pdf)

平野泰志ら (2016) DMI 剤耐性遺伝子(CYP51)の解析と機能性を活用したナシ黒星病発生リスクの低減技術. 埼玉農総研報 15:1-7. <https://www.pref.saitama.lg.jp/documents/32295/15-1-1.pdf>

湯谷 智ら (2020) ペンチオピラドのリンゴ黒星病菌に対する感受性検定法. 植物防疫 74(7):412-417. [https://www.jppa.or.jp/archive/pdf/74\\_07.pdf#page=40](https://www.jppa.or.jp/archive/pdf/74_07.pdf#page=40)

### (モニタリング)

富田恭範ら (2011) 茨城県におけるナシ黒星病に対する薬剤防除. 植物防疫 65(2):131-133.

[https://www.jppa.or.jp/archive/pdf/65\\_02\\_61.pdf](https://www.jppa.or.jp/archive/pdf/65_02_61.pdf)

雪田金助 (2017) 青森県由来のリンゴ黒星病菌にみられた DMI 剤, QoI 剤および MBC 剤への感受性低下. 北日本病虫研報 68:102-107. [https://doi.org/10.11455/kitanihon.2017.68\\_102](https://doi.org/10.11455/kitanihon.2017.68_102)

赤平知也ら (2017) 青森県における DMI 剤耐性リンゴ黒星病菌の発生と防除対策. 植物防疫 71(9):604-609. [https://www.jppa.or.jp/archive/pdf/71\\_09.pdf#page=44](https://www.jppa.or.jp/archive/pdf/71_09.pdf#page=44)

平山和幸・雪田金助 (2018) 青森県で発生したリンゴ黒星病の QoI 剤耐性菌とその分布. 植物防疫 72(6):364-368. [https://www.jppa.or.jp/archive/pdf/72\\_06.pdf#page=22](https://www.jppa.or.jp/archive/pdf/72_06.pdf#page=22)

菊原賢次 (2018) 福岡県におけるナシ黒星病 DMI 剤感受性低下と防除対策. 植物防疫 72(6):369-372. [https://www.jppa.or.jp/archive/pdf/72\\_06.pdf#page=27](https://www.jppa.or.jp/archive/pdf/72_06.pdf#page=27)

菊原賢次ら (2018) ナシ赤星病の多発生と DMI 剤の効果減退との関連—福岡県八女地域での後ろ向きコホート研究—. 日植病報 84(2):98-104. <https://doi.org/10.3186/jjphytopath.84.98>

青木 由 (2021) 千葉県における DMI 剤耐性ナシ黒星病菌の発生リスク軽減に向けた取り組み. 植物防疫 75(10):535-541. [https://www.jppa.or.jp/archive/pdf/75\\_10.pdf#page=13](https://www.jppa.or.jp/archive/pdf/75_10.pdf#page=13)

武田知明ら (2023) 和歌山県における QoI 剤耐性ウメ黒星病の発生. 植物防疫 77(6):332-335. (web 未公開)

森 万菜実・山名利一 (2022) 北海道におけるリンゴ黒星病菌 DMI 剤耐性菌の発生. 北日本病虫研報 73:76-80. [https://doi.org/10.11455/kitanihon.2022.73\\_76](https://doi.org/10.11455/kitanihon.2022.73_76)

森 万菜実 (2023) 北海道で採取したリンゴ黒星病のピリベンカルブ水和剤に対する感受性. 北日本病虫研報 74:32-34. [https://doi.org/10.11455/kitanihon.2023.74\\_32](https://doi.org/10.11455/kitanihon.2023.74_32)

#### (薬剤感受性遺伝子)

Schnabel, G. and Jones, A. L. (2001) The 14a-demethylase (CYP51A1) gene is overexpressed in *Venturia inaequalis*. *Phytopathology* 91:102-110.

<https://doi.org/10.1094/PHTO.2001.91.1.102>

Wesley, M. W. et al. (2016) Proposal for a unified nomenclature for target-site mutations associated with resistance to fungicides. *Pest Manag Sci.* 72(8):1449-59.

<https://doi.org/10.1002/ps.4301>

Yaegashi, H. et al. (2020) Point mutation in CYP51A1 of *Venturia inaequalis* is associated with low sensitivity to sterol demethylation inhibitors. *JGPP* 86(4):245-249.

<https://doi.org/10.1007/s10327-020-00924-4>

Ishii, H. et al. (2021) DMI-Fungicide Resistance in *Venturia nashicola*, the Causal Agent of Asian Pear Scab—How Reliable Are Mycelial Growth Tests in Culture? *Microorganisms* 9:1377.

<https://doi.org/10.3390/microorganisms9071377>

Oliver, R. et al. (2024) The 2023 update of target site mutations associated with resistance to fungicides and a web-tool to assist label designations. *J Plant Dis Prot* 131:1265-1270.

<https://doi.org/10.1007/s41348-024-00872-7>