



みどりの食料システム戦略実現技術開発・実証事業のうち
農林水産研究の推進（委託プロジェクト研究）現場ニーズプロジェクト
「果樹等の幼木期における安定生産技術の開発」

果樹胴枯細菌病（急性枯死症）対策技術 ガイドブック （2024 年度版）

「果樹等の幼木期における安定生産技術の開発」
果樹の幼木期安定生産コンソーシアム編



目 次

・ はじめに・免責事項	1
・ 総論	2
A. 果樹胴枯細菌病について	2
B. 果樹胴枯細菌病菌の生態	7
C. 基本的な防除戦略	10
・ 各論	12
・ モモ	12
A. 病徴について	12
B. 紛らわしい病徴・症状	14
C. 現地の発生状況	16
D. 感受性の品種間差異	19
E. 対策技術	19
・ ナシ	29
A. 病徴について	29
B. 紛らわしい病徴・症状	31
C. 現地の発生状況	32
D. 感受性の品種間差異	34
E. 対策技術	34
・ リンゴ	42
A. 病徴について	42
B. 紛らわしい病徴・症状	45
C. 現地の発生状況	48
D. 台木における感受性の品種間差異	49
E. 対策技術	50
・ 参考情報（果樹胴枯細菌病菌の検出法）	54
A. 生物学的手法	54
B. 遺伝子検出法	57

はじめに

近年になって、リンゴで顕在化した急性枯死症状が、モモの急性枯死症、ナシのさび色胴枯病と同じ病原細菌による病害であることが確認され、これらをまとめて果樹胴枯細菌病とした。本病の発生は増加傾向にあるが、登録薬剤がないことから、耕種的防除を主体とした対策を行う必要がある。また本病は類似の症状を持つ病害が存在し、凍害とも見分けがつきにくい場合があることから、しばしば診断時に混乱をきたす。

そこで、果樹胴枯細菌病の多発圃場において被害を3割減らすことを目標として、『みどりの食料システム戦略実現技術開発・実証事業のうち農林水産研究の推進(委託プロジェクト研究)「現場ニーズプロジェクト(果樹等の幼木期における安定生産技術の開発)」(JPJ008720)(2020～2024年)』のもと解析を実施し、その結果をここにとりまとめた。

本ガイドブックでは総論として病原体についてこれまでの知見を、各論としてリンゴ、モモ、ナシの樹種ごとに病徴および類似症状との見分け方、本病発生の低下に有効と考えられる対策をまとめた。また参考として菌の検出法を示した。

本ガイドブックは主に現場対策に関係する研究者、技術者向けを想定して作成した。生産者に対する指導あるいは対策の一助となれば幸いである。

免責事項

- ・本書中の成果は、「プロジェクトという限られた時間で有効性が確認された」ものであり、特に対策技術の長期的効果は今後の検討課題であることにご留意頂きたい。
- ・農研機構は、利用者がガイドブックに記載された技術を利用したこと、あるいは技術を利用できないことによる結果について、一切責任を負わない。
- ・試験は岩手県、福島県、岡山県、佐賀県で実施されたため、他の地域では異なる結果となることが想定される。
- ・同地域でも年次・気象条件等が異なる場合は異なる結果となることが想定される。
- ・簡易的な診断や対策案については、生産者・普及現場向けのリーフレットを参照して頂きたい(入手先は68ページ)。

総論

A. 果樹胴枯細菌病について

● 果樹胴枯細菌病とは

- ・果樹胴枯細菌病はナシ、モモ、リンゴの比較的樹齢の若い樹で発生し、夏季～初秋にアルコール臭を伴う褐色の樹液を漏出させ、その後衰弱・枯死させる病害である。
- ・モモ、ナシでは、それぞれモモ急性枯死症、ナシさび色胴枯病と呼ばれ全国的に発生が見られていた。2014 年頃からリンゴでも上述の症状が見られ、リンゴ急性枯死症と呼ばれていた。
- ・近年、これらは同じ病原細菌によって引き起こされていることが明らかとなったことから、「果樹胴枯細菌病」と総称し、ナシ、モモ、リンゴではそれぞれ「(果樹種) 胴枯細菌病 (例としてナシの場合「ナシ胴枯細菌病」) と呼称する。

● 病原細菌

・ 学名

- ・本病害を引き起こす病原は、*Dickeya* 属の植物病原細菌であり、その中でも *D. dadantii* が主である。
- ・*D. dadantii* は旧 *Erwinia chrysanthemi* に属する菌種群である。

・ *Dickeya dadantii* の細菌学的性状

- ・*D. dadantii* は桿状の細胞であり、複数の周鞭毛をもつ (総論図 1 左)。
- ・普通寒天培地 (YP 培地等) 上で白～透明の円形コロニーを形成し、コロニー中央部には窪みが見られる (総論 - 図 1 右)。



総論 - 図 1 果樹胴枯細菌病菌 *Dickeya dadantii* の電顕写真 (左) と YP 培地上でのコロニー (右) 右赤丸部分、コロニー中央に見える黒点がくぼみによるもの。

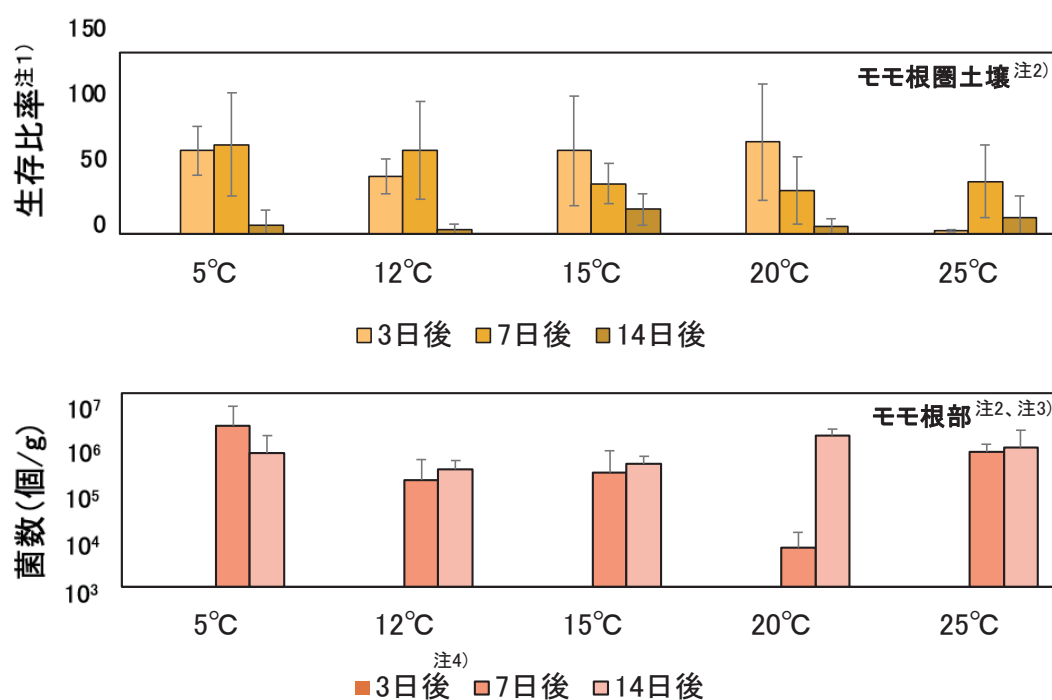
・ 生息場所

- ・ 本病原細菌は土壌伝染性であり、畑地だけではなく森林や山を切り開いた場所等でも広く生息し、地表から深さ 20 ～ 30cm 程度の土壌中で検出が多い傾向がある。

・ 菌が好む環境（モモを例とする）

・ 地温

- ・ モモや雑草等の宿主植物では、比較的低温条件（5℃）であっても根部周辺の土壌中で病原細菌が増殖し、根部への感染が生じる（総論 - 図 2）。
- ・ 宿主植物が存在しない土壌では、果樹胴枯細菌病菌が徐々に死滅していくものの、殺菌していない土壌では 10℃以下の地温で残存しやすく（総論 - 表 1）、秋季に発病した樹の罹病残渣中では、翌年の夏季まで越冬可能である（総論 - 図 3）。



総論 - 図 2 異なる地温条件の汚染土壌における果樹胴枯細菌病菌の動態
(上図：モモ根圏土壌、下図：モモ根部)

注 1) 接種 0 日目の菌数 (5×10^4 cfu/g) を 100%としたときの生存数の比率。

注 2) 3 反復の平均値、エラーバーは 95%信頼区間。

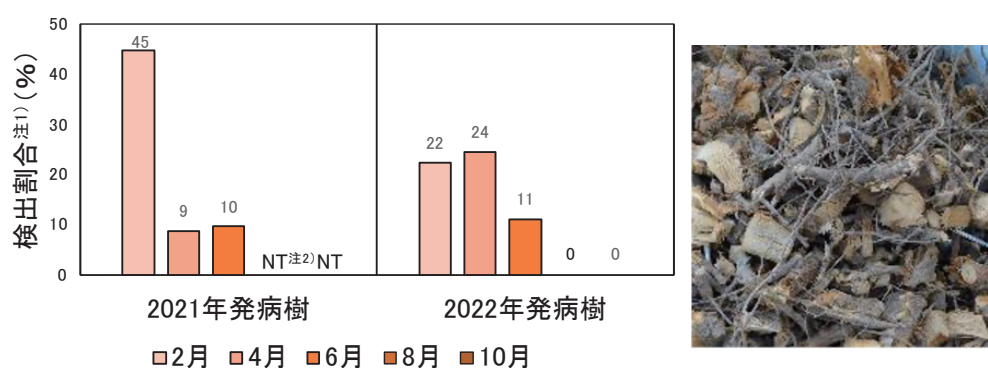
注 3) モモ根部からの検出は対数表示のため、正側のエラーバーのみ示した。

注 4) モモ根部からは、全温度条件で 3 日目では検出なし。

総論 - 表 1 異なる地温条件の土壌におけるモモ胴枯細菌病菌の生存期間

地温	殺菌した土壌					殺菌していない土壌				
	10 日	20 日	33 日	48 日	60 日	10 日	20 日	33 日	48 日	60 日
5℃	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+
10℃	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+
15℃	+	+	+	+	+	+	+	+	—	—
20℃	+	+	+	+	+	+	+	—	—	—
25℃	+	+	+	+	+	+	—	—	—	—
30℃	+	+	+	+	+	+	—	—	—	—

注) + : 検出、— : 非検出、NGM 培地での検出 (検出限界 10^3 個 /g)。



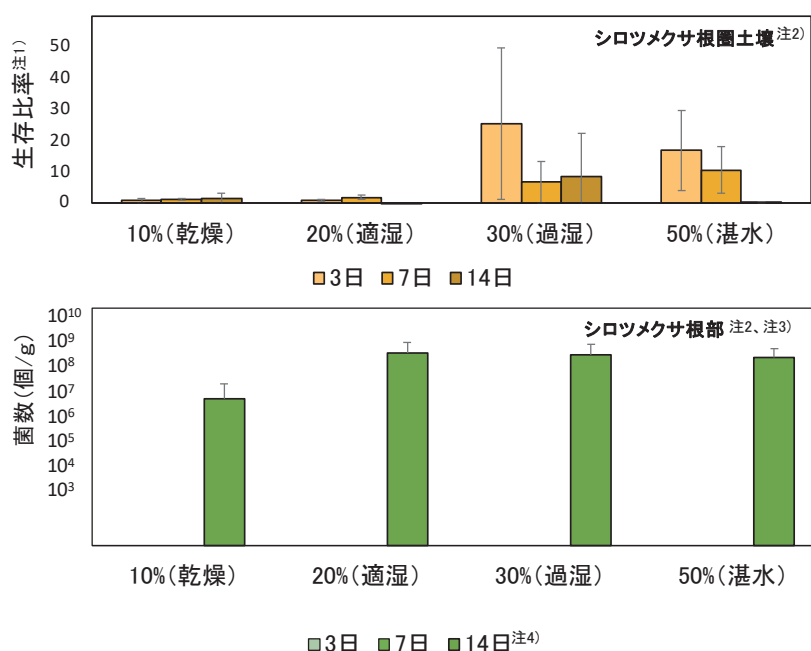
総論 - 図 3 土中に埋設した発病モモ樹根部における果樹胴枯細菌病菌の生存状況

注 1) 2021 年発病樹 (9 月発病) および 2022 年発病樹 (10 月発病) の根部残渣を当年 11 月に土壌中に埋設後の検出状況。調査日ごとに 2021 年発病樹では 114 個、2022 年発病樹では 90 個の残渣片を採取し、バイオアッセイと Bio-LAMP 法を組み合わせた検出法により調査。

注 2) NT : 調査なし。

・ 土壌水分

- ・ 宿主となる雑草の根周辺では、特に土壌水分が高い場合に果樹胴枯細菌病菌が増殖しやすく、その後の感染につながる可能性がある (総論 - 図 4)。



総論 - 図 4 異なる土壌水分条件の宿主植物根部周辺における果樹胴枯細菌病菌の動態
(上図：シロツメクサ根圏土壌、下図：シロツメクサ根部)

注 1) 接種 0 日目の菌数 (5×10^4 cfu/g) を 100 としたときの生存数の比率。

注 2) 3 反復の平均値、エラーバーは 95% 信頼区間。

注 3) シロツメクサ根部からの検出は対数表示のため、正側のエラーバーのみ示した。

注 4) 下図シロツメクサの根部からは全湿度条件で 0 日目および 7 日目では検出なし。

・ 宿主範囲

- ・ 果樹胴枯細菌病菌は、一般的に野菜の軟腐病菌として知られ、その宿主範囲は広範である。果樹においては、バラ科果樹（モモ、ナシ、リンゴ、ウメ、スモモ、アンズ等）での感染が報告されている。
- ・ 人工的に果樹胴枯細菌病菌を接種すると、キク科、シソ科、タデ科、ツユクサ科、ナス科およびマメ科といった圃場周辺に自生する広範囲の雑草に感染する。

・ モモ園での事例

- ・ 現地圃場ではシロツメクサ、ギシギシおよびツユクサといった一部の雑草で自然感染が確認されている（総論 - 表 2）。

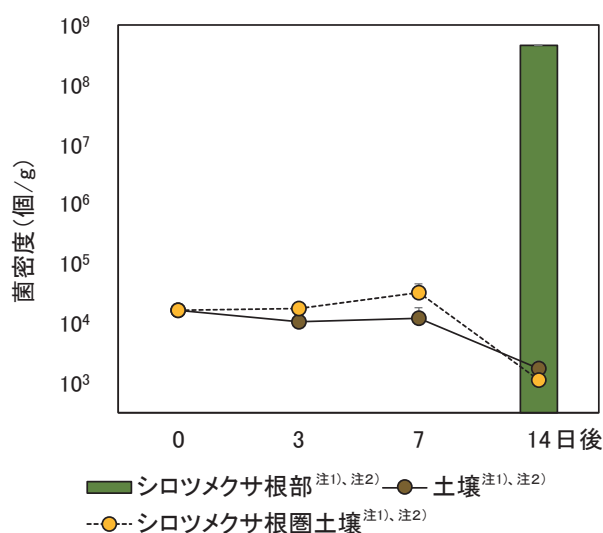
総論 - 表 2 果樹胴枯細菌病菌の感染状況を評価した雑草種と感染状況
(赤字：人工接種による感染^{注1)}、青字：自然感染^{注2)}、黒字：感染せず)

科	植 物 名	
	人工接種 ^{注1)}	自然感染 ^{注2)}
アカザ科	アカザ、シロザ	調査事例なし
イネ科	スズメノテッポウ、シマスズメノヒエ	メヒシバ
オオバコ科	オオイヌノフグリ	オオバコ、オオイヌノフグリ
カタバミ科	カタバミ	カタバミ
キク科	セイタカアワダチソウ、セイヨウタンポポ、ノゲシ	セイヨウタンポポ、ノゲシ、ハルジオン
シソ科	試験事例なし	ホトケノザ
タデ科	ギシギシ	ギシギシ、イヌタデ
ヒユ科	イヌビユ、センニチコウ	調査事例なし
ツユクサ科	ツユクサ	ツユクサ
ナス科	ワルナスビ	ワルナスビ
ナデシコ科	オランダミミナグサ	ウシハコベ
マメ科	シロツメクサ	シロツメクサ

注 1) 人工接種による感染：葉身への刺針接種による病斑形成を調査。

注 2) 自然感染：モモ胴枯細菌病発生圃場 24 圃場・発病樹 66 樹周辺に自生する雑草根を用いたバイオアッセイと Bio-LAMP 法を組み合わせた検出法により調査（2021 ～ 2023 年）。

- ・モモ園においては自然感染した雑草の多くは枯死、萎凋、腐敗といった外見上ははっきりと識別できるような病徴を示さないが、根圏土壌および根部では病原細菌の増殖がみられる（総論 - 図 5）。



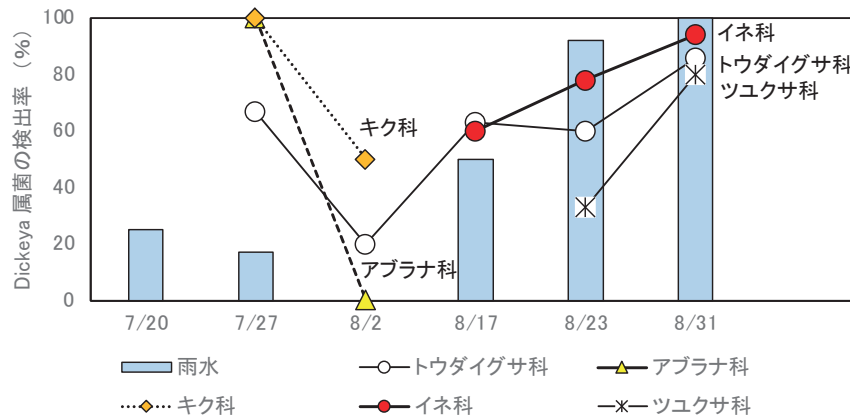
総論 - 図 5 汚染土壌に定植したシロツメクサ根部周辺における果樹胴枯細菌病菌の増殖（地温 25℃、土壌水分条件 20%）

注 1) 3 反復の平均値、エラーバー：95% 信頼区間。

注 2) 対数表示のため、正側のエラーバーのみ示した。

・リンゴ園での事例

- ・ 7月はキク科やアブラナ科、8月はイネ科雑草からの病原細菌の検出率が高かった（総論 - 図 6）。
- ・ 雑草下から採取した雨水中では7～8月に病原細菌が検出され、8月に高くなった（総論 - 図 6）。



総論 - 図 6 発生跡地に定植したリンゴ幼木（定植年）の周囲から採取した雑草（折れ線グラフ）および雨水（棒グラフ）からの *Dickeya* 属菌の検出率

キク科：ヒメジョオン、タンポポ、ノボロギク、アブラナ科：ナズナ、イヌガラシ、イネ科：メヒシバ、イヌビエ、トウダイグサ科：エノキグサ、カヤツリグサ科：カヤツリグサ。

B. 果樹胴枯細菌病菌の生態

● 樹体と圃場での細菌の挙動

・ 季節変動

- ・ 本病原細菌は果樹が越冬している冬～早春にかけては地下部残渣や雑草で生息していて、春～梅雨期にかけて、宿主の根や接ぎ木部に侵入する。既に侵入している場合には、樹体内で越冬する。
- ・ 細菌は導管の通水量の増加と共に、導管を介して樹体地上部に広がっていく。
- ・ 盛夏期には樹液漏出等は見られにくく、晩夏から秋雨期において、樹液漏出が激しくみられる。この時、樹液や樹体の複数の維管束部から本病原細菌が分離されるため、樹体内で活発に増殖していると考えられる。

・ 宿主植物への侵入

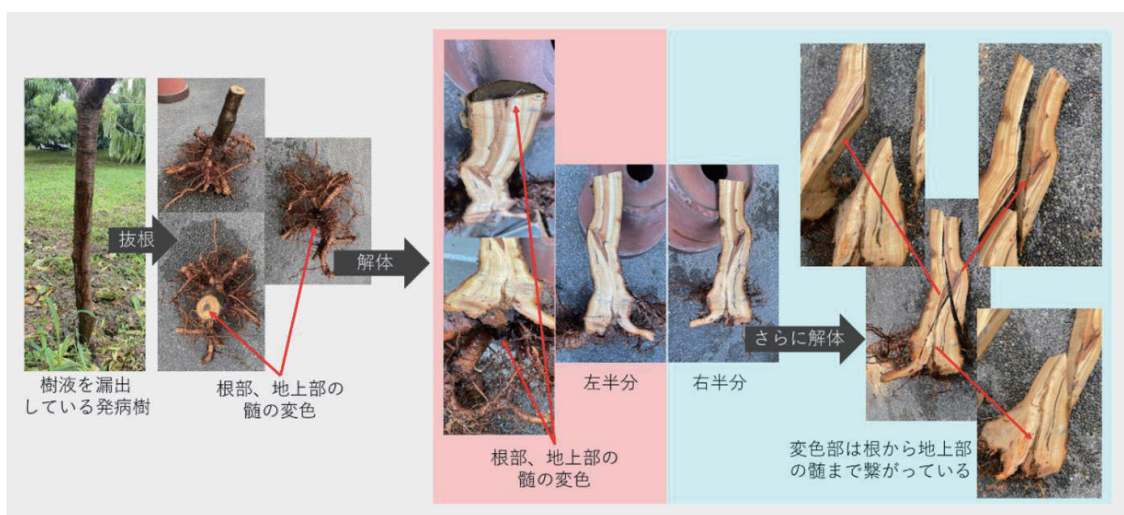
- ・ ナシ、モモでは本病原細菌は土壌中で根部にある傷口や虫害痕等から侵入する。根部に侵入した細菌は局所的な褐変を誘導する（総論 - 図 7、総論 - 図 8）。

- ・リンゴでは、地上部に生じた台木と穂木の接ぎ木部の傷口や根原基から侵入し、射出髄（放射組織）や髄に感染すると考えられる事例もある。



総論 - 図 7 果樹胴枯細菌病が発生したナシの根部

発病して間もないナシの根部では、本病原細菌によると思われる褐変が樹皮下（形成層・維管束部）で観察される（赤丸部位）。



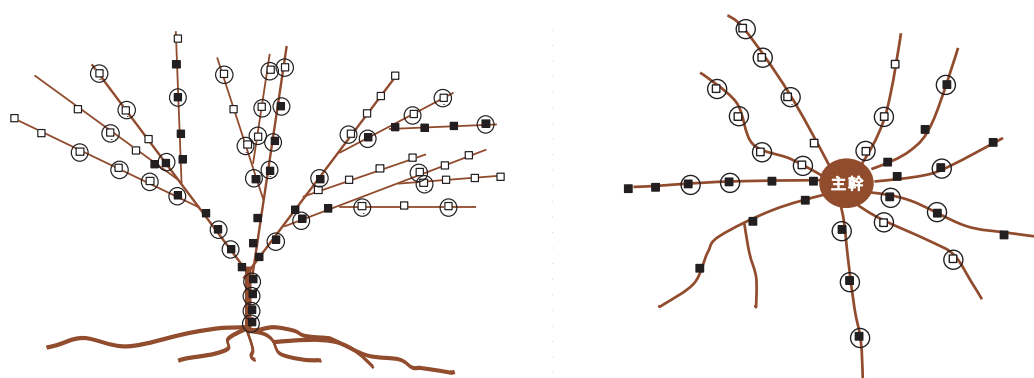
総論 - 図 8 モモ発病樹の樹体断面の変色状況

モモでは根部からの土壌伝染による地上部の急性枯死が主たる発病様式である。

・ 樹体内の菌の分布

- ・モモ、ナシ発病樹では、病原細菌は抜け落ちた細根を含む樹全体に存在しており、樹皮下に褐変がない部位であっても検出される（総論 - 図 9）。

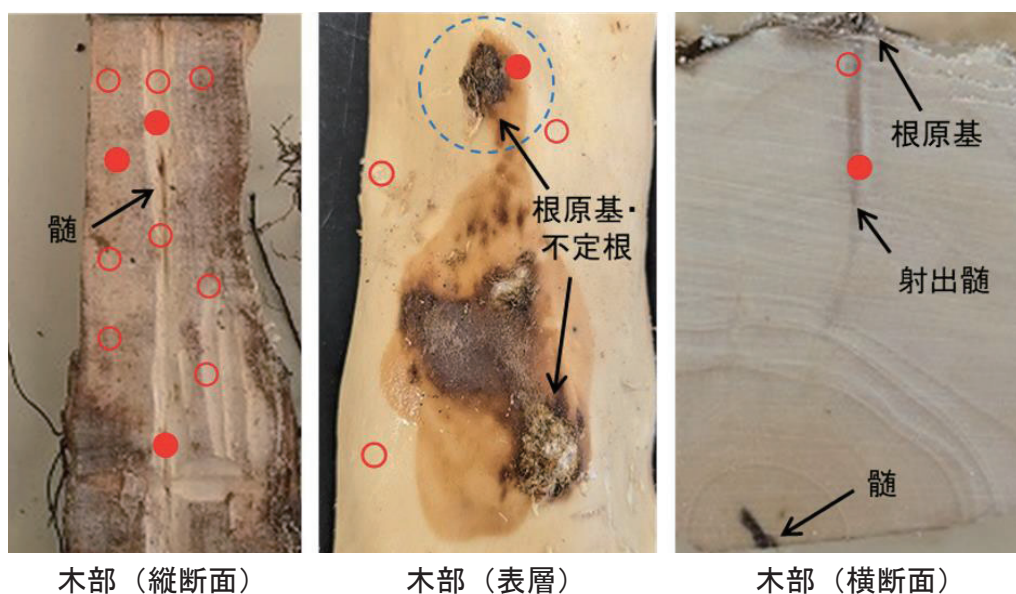
- ・感染樹では、病原細菌は一見無症状の枝であっても樹皮を削り取ると内部に褐変がみられた部分で検出される。
- ・枯死枝に着生した葉では、病原細菌は検出されないことから、発病時に地面に落ちた葉が感染源となるリスクは低いと考えられる。
- ・リンゴでは、病原細菌は形成層、根原基、射出髄や髄に潜在し、発病樹では地上部に生じた根原基の直上の褐変した形成層から検出される場合が多い（総論 - 図 10）。



総論 - 図 9 モモ発病樹における果樹胴枯細菌病菌の分布（左図：地上部、右図：根部）

■：褐変、□：非褐変、○：病原細菌検出。

バイオアッセイと Bio-LAMP 法を組み合わせた検出法により調査。



木部（縦断面）

木部（表層）

木部（横断面）

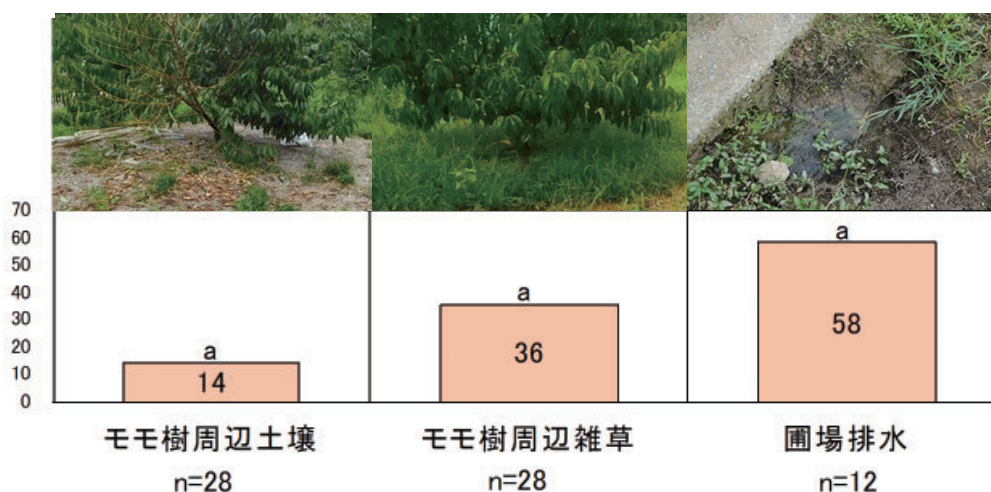
総論 - 図 10 リンゴの発病幼木（軽症樹）における内部症状と果樹胴枯細菌病菌の分布

●：病原細菌検出、○：病原細菌非検出。Bio-PCR 法により調査。

接木部を中心に切り出し、形成層を剥ぎ取り木部を露出した。写真左は点線部の横断面。

・ 圃場での菌の分布

- ・ 発病した樹の周辺では、病原細菌は土壌、マメ科（シロツメクサ等）、タデ科（ギシギシ等）等の雑草根部または明渠等にたまった排水（以下、圃場排水）等に存在している（総論 - 図 11）。



総論 - 図 11 果樹胴枯細菌病発生圃場における病原細菌の分布状況（2022-2023 年）

注）Ryan 検定による有意差は見られなかった（5 %水準の検定で、すべて a）。バイオアッセイと Bio-LAMP 法を組み合わせた検出法により調査。

C. 基本的な防除戦略

● 推定される発病様式

※果樹胴枯細菌病菌の感染経路および発病のメカニズムについては現状未解析の部分が多く、圃場での観察事項から「このようなことが考えられる」という推定である。これらについては今後さらなる検討が必要である。

※発病を助長する環境等の要因については各論での記載も参照のこと。

・ 果樹胴枯細菌病菌の感染経路

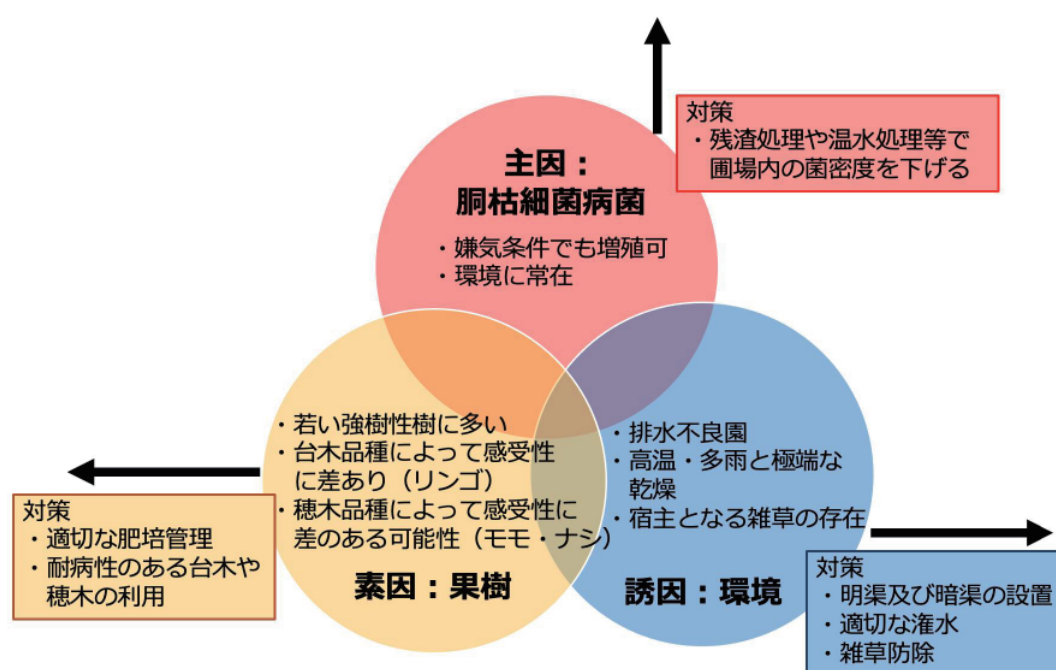
- ・ 感染源：樹冠下の土壌や雑草内で生存する場合と（モモ、リンゴ）、発病樹跡地の残根等の罹病残渣中の菌（モモ、リンゴ、ナシ）である場合がある。
- ・ 感染経路：水媒により根から感染する場合と（モモ、ナシ、リンゴ）、接ぎ木部（癒合部や根原基）から雨水を介して主幹の髓部に感染する場合（リンゴ）があると想定されている。

・発病メカニズム

- ・主根に感染した病原細菌が、発病時に導管を通じて樹全体に広がっている場合と（モモ、ナシ）、感染部近傍の木部の髄や射出髄に潜在し、夏季以降に発病する場合（リンゴ）がある。
- ・圃場での発病状況から、発病を助長する気象条件が「初夏の乾燥や盛夏期の多雨等、土壌の乾湿差」であり、発病を助長する樹体条件が「植樹した苗木の樹齢の増加や強樹勢に伴う過蒸散による樹液にかかる張力の増加」であると考えられる。
- ・気温と水分量の上昇に伴う菌量の増加と蒸散に伴う樹体内の菌の移動が連動し、形成層部の壊死に伴って樹液漏出を引き起こすと推定される。

●防除の考え方

- ・上述の発生生態を踏まえ、病気の起こる原因を、「主因（病原細菌）」、「素因（植物体）」、「誘因（環境）」の3要素と考えると、防除はこれらの要因の重なりを縮小する総論 - 図 12 のような考え方となる。



総論 - 図 12 果樹胴枯細菌病防除の考え方

各論

モモ

A. 病徴について

● 外部病徴

- ・感染した樹では、初期に早期落葉が認められ（モモ - 図 1）、その後速やかに枯死する（モモ - 図 2）。
- ・枯死症状は樹全体に及ぶ場合が多いが、まれに一部の主枝のみの場合もある。
- ・発病樹では広範囲で（株元から一年生枝の先端まで）、樹皮亀裂部や切断面からの赤褐色のアルコール臭のある樹液の漏出がみられる（モモ - 図 3、4）。
- ・発病直後の樹液は粘性が低く無色透明で、気泡とともに勢いよく漏出するが（モモ - 図 5）、時間の経過とともに赤褐色に変色し、やがて止まる。多くの場合、発病に気づいた時点で樹液の漏出は止まっており、樹液の痕が表皮に薄く残っている（モモ - 図 6）。
- ・冬季～春先や夏季の発病樹では樹液の漏出が認められず、樹皮亀裂部から赤褐色、玉状の樹脂が噴き出している（モモ - 図 7）。
- ・主に夏季～秋季（8～11月）にかけて発病が認められるが、まれに冬季や春先に発病する場合がある。
- ・冬季や春先に発病する場合はすでに落葉しているため発生に気づきにくく、樹体表面の樹液漏出痕も目立たない。
- ・春先に発生する場合、主幹部の亀裂、樹皮下の褐変および小黑点等（モモ - 図 8）が認められ、モモ胴枯病や凍害の症状に類似している。

● 病徴写真



モモ - 図 1 初期にみられる早期落葉
（2021 年秋 岡山県）「清水白桃」



モモ - 図 2 急性枯死症状
（2021 年秋 岡山県）「浅間白桃」



モモ - 図 3 樹液の漏出痕（主幹）
（2020 年秋 岡山県）「さきがけはくとう」



モモ - 図 4 樹液の漏出痕（枝）
（2023 年夏 岡山県）「おかやま夢白桃」



モモ - 図 5 発病直後の樹液漏出
（2017 年秋 岡山県）「岡山 PEH9 号」



モモ - 図 6 うっすらと残る樹液の漏出痕
（2021 年秋 岡山県）「浅間白桃」



モモ - 図 7 主幹亀裂部に認められる樹脂
（2022 年秋 岡山県）「清水白桃」



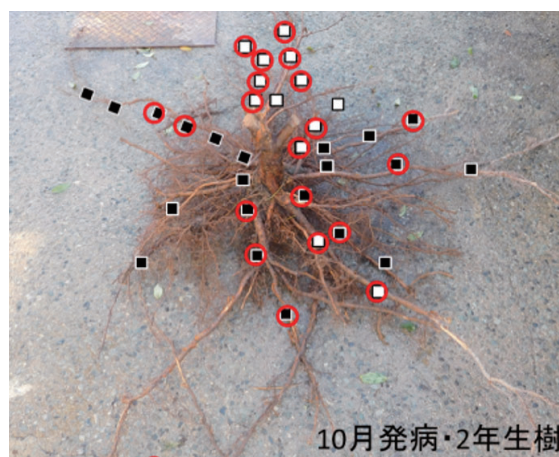
モモ - 図 8 樹皮下に認められる褐変症状および小黑点
（2022 年春 岡山県）「清水白桃」

● 内部病徴

- ・発病樹の地上部では樹皮下の皮層部が褐変しており（モモ - 図 9）、顕著なアルコール臭を発する。
- ・地上部樹皮下の褐変症状は、地際部を中心に現れる傾向があるが、病原細菌は褐変部位とは関わりなく検出される（先端の枝に至る樹全体から検出される場合もある一方で、地上部からは全く検出されない場合もある（総論 - 図 9 参照）。
- ・根部樹皮下における皮層部ではわずかにアルコール臭をとまなう褐変がみられる場合があり、地際部を中心に特定の根に集中して現れる傾向がある。病原細菌は地上部と同様、褐変部位とは関わりなく検出され（モモ - 図 10）、脱落した細根の一部からも検出される。



モモ - 図 9 皮層部の褐変
(2021 年秋 岡山県)「清水白桃」



モモ - 図 10 現地発病樹根部における内部病徴
およびモモ胴枯細菌病菌の分布例

■：褐変、□：健全、○：検出、バイオアッセイと
遺伝子検定を組み合わせた検出法により調査。

B. 紛らわしい病徴・症状

・ モモ胴枯病

- ・病徴：枝や幹に発病する。凍害、せん定傷口や日焼け部位から褐変が始まり（これらの部位から病原糸状菌が侵入していると考えられる）、激しくなると、枝や樹全体が枯死に至る場合がある（モモ - 図 11）。感染した樹は皮層部が褐色に変色し、アルコール臭を発する点は胴枯細菌病に類似する。
- ・見分け方：枯死した枝や幹は、健全部よりもやや凹み、表皮上に鮫肌状の小黑点（柄子殻）を多数形成している（モモ - 図 12）。
- ・鮫肌状部分の樹皮を剥ぐと、樹皮の裏に黒色・楕円形の子座殻がみられる。枯死した部位からの樹液漏出は見られない。

- ・モモ胴枯病による樹勢衰弱は凍害と同様に落花 30 日頃（5 月～6 月）に現れることが多いが、モモ胴枯細菌病は収穫後（8 月中旬～11 月）にかけて発病が多い。



モモ - 図 11 モモ胴枯病による生育不良
（2022 年春 福島県）「あかつき」



モモ - 図 12 モモ胴枯病の病斑部に生じた
鯨肌状の柄子殻
（2022 年春 福島県）「あかつき」

・凍害

※凍害についての詳細は同プロジェクト成果、「凍害の発生要因と対策技術マニュアル」を参照。

- ・症状：春先に 2 ～ 6 年生の若木を中心に樹が衰弱・枯死する（モモ - 図 13）。多くは開花前に衰弱が認められるが、展葉後に新梢が伸長せず、著しく樹勢が弱り、枯死に至る場合もある。凍害症状のある樹の主幹部には亀裂が見られ（モモ - 図 14）、表皮の亀裂や樹皮下の形成層を中心とした褐変がみられる（モモ - 図 15）。
- ・見分け方：胴枯細菌病と異なり、症状の進行は緩やかで、樹皮表面に樹液漏出痕や樹脂の漏出は認められない。凍害による樹勢衰弱は落花 30 日頃（5 月～6 月）に現れることが多いが、胴枯細菌病は収穫後（8 月中旬～11 月）にかけて発症する。また冬季の強剪定により発生が助長される。



モモ - 図 13 凍害による生育不良樹
（2022 年春 福島県）「あかつき」



モモ - 図 14 凍害による樹幹部の亀裂
（2022 年春 福島県）「あかつき」

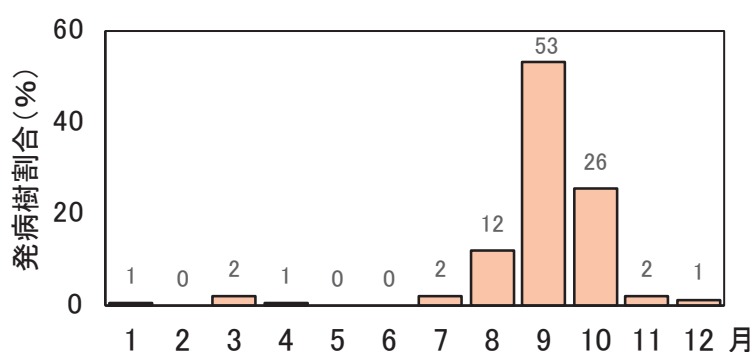


モモ - 図 15 健全樹の主枝の横断面（左側）と凍害により衰弱を生じた樹の主枝の横断面（右側）
（2013 年春 岡山県）「清水白桃」

C. 現地の発生状況

●発生しやすい時期

- ・主に夏季～秋季（8～11月）の収穫後にかけて発生が多いが、まれに梅雨明け頃や冬季、春先にも発生する（モモ - 図 16）。

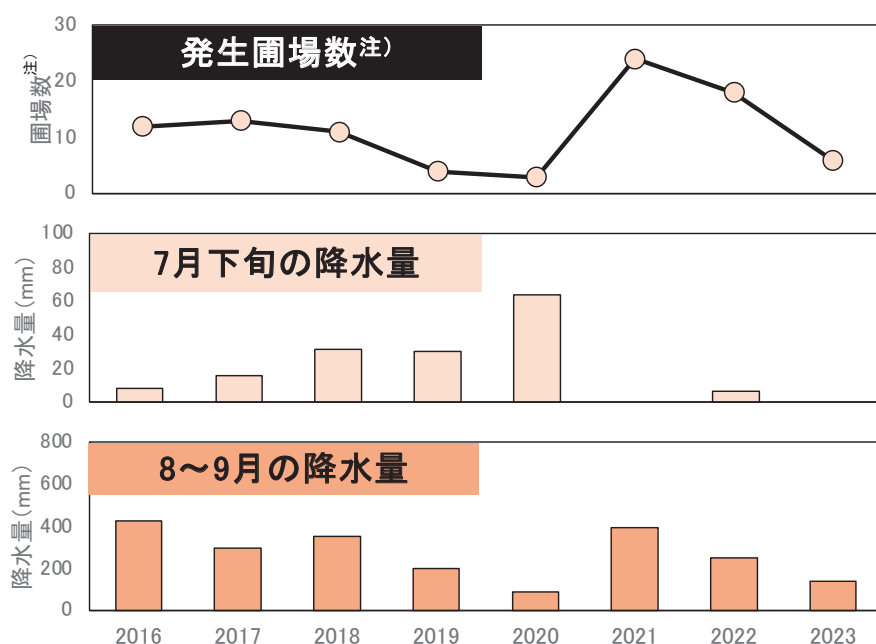


モモ - 図 16 モモ胴枯細菌病菌の発生時期
（2016～2023 年、岡山県）

注）棒グラフ上の数字は発病樹割合（グラフ縦軸数値）。

●発生が多い年の特徴

- ・本病の発生には年次変動があり、特定の年に集中する傾向がみられる。多発生した年は7月下旬～8月（梅雨明け後）に降雨が少なく圃場が乾燥状態となった後に、8～9月にまとまった降雨がみられる場合が多い（モモ - 図 17）。

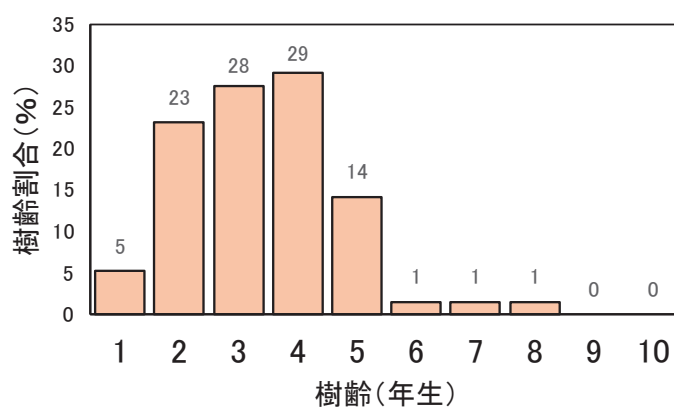


モモ - 図 17 モモ胴枯細菌病の発生状況と気象条件との関連
(2016 ～ 2023 年、岡山県)

注) 発生圃場数は 1 樹でも見られた場合 1 としてカウントした。

●発生が多い樹齢

- ・モモ胴枯細菌病は 1 ～ 12 年生で発生が認められており、2 ～ 5 年生樹での発生が多い（モモ - 図 18）。



モモ - 図 18 モモ胴枯細菌病が発病した樹齢の分布
(2016 ～ 2023 年、134 樹、岡山県)

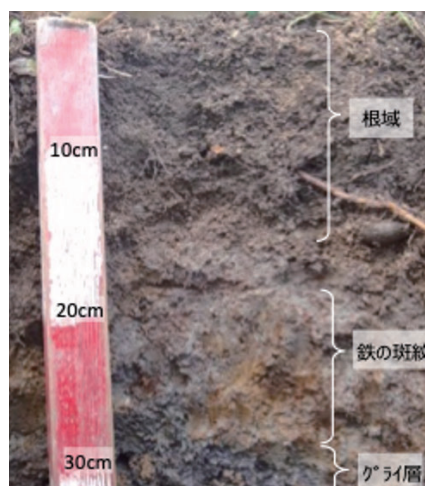
注) 棒グラフ上の数字は発病樹齢割合（グラフ縦軸数値）。

●発生圃場の特徴

- ・一度発生した圃場では発生が続く傾向がある。2016 ～ 2023 年に岡山県で調査されたモモ胴枯細菌病

菌病の発生事例（92 例）によると、同一圃場で 2 回以上発生した事例が調査した 67 園のうち 17 園を占めた。

- ・発生圃場では、排水不良の傾向がみられ（モモ生産者へのアンケート調査）、20mm 以上の降雨 2 日後の土壌水分量（体積含水率）は、発生圃場で高く排水不良傾向が確認された。
- ・発生圃場の土壌断面では、排水が良くないことを示す鉄の斑紋やグライ層が見られ、根域はやや浅い状態にある（モモ - 図 19）。



モモ - 図 19 発生圃場の土壌断面（岡山県）
根域下の土壌に鉄の斑紋やグライ層が見られる。

●肥培管理

- ・生育期間中の頻繁な追肥により多肥状態とした樹では、樹勢が過度に強くなり、モモ胴枯細菌病の発生が多い傾向がみられた（モモ - 表 1）。
- ・福島県で 2020 ～ 2023 年に胴枯細菌病発生圃場およびその近隣の未発生圃場にて、発病樹と健全樹の樹勢を達観で評価し比較したところ、発病樹では健全樹より樹勢が「やや強い」および「強い」樹の割合が多い傾向にあった。

モモ - 表 1 追肥の有無が胴枯細菌病の発病に及ぼす影響（2023 年）（岡山県）

台木	追肥の有無 ^{注 2)}	樹勢 ^{注 3)}	供試樹数	発病樹数
おはつもも ^{注 1)}	有	強	5	2
	無	中庸	5	1
野生山桃 ^{注 1)}	有	強	5	3
	無	中庸	5	0

注 1) 穂木はともに「清水白桃」。

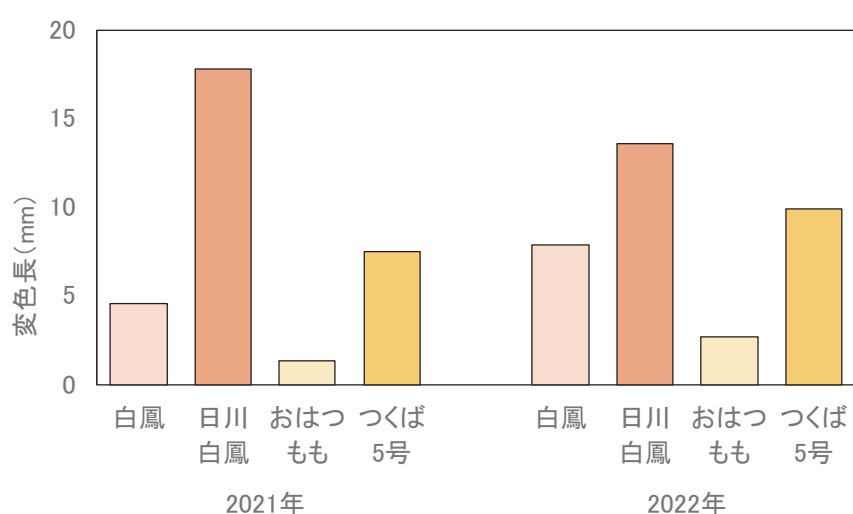
注 2) 追肥あり区は生育期間中（5 ～ 9 月）に燐硝安加里 S604 号を 20g/ 樹ずつ 2 回 / 月を目安に計 9 回施用した。いずれの区とも、培土として育苗培土（タキイ種苗㈱）（50L）、ネニサンソ（13L）および LP120（20g）の混合培土を用いた。

注 3) 「清水白桃」における樹勢診断指標（岡山県果樹栽培指針）による評価。

D. 感受性の品種間差異

※圃場での品種間差は未試験のため、参考情報とする。

- ・切り枝を用いた手法で、穂木品種「白鳳」、「日川白鳳」、および台木品種「つくば5号」、「おはつも」に接種を行ったところ、穂木品種では「日川白鳳」が「白鳳」と比べて枝の変色が進む傾向にあり（モモ - 図 20）、樹液漏出も多かった。台木品種では「つくば5号」が「おはつも」より枝の変色が進む傾向にあった。
- ・ポット植え台木を用いた接種試験については、切り枝と同様に「つくば5号」が「おはつ」と比べて枝の変色が進み、樹液漏出が多かった（データ省略）。



モモ - 図 20 切り枝接種による品種ごとの変色長（n=20）

2021 年、2022 年とも 5、6、7、8 月に各品種の切り枝 5 本に対して接種を行った。接種 2 日後の枝の変色長を計測し、5～8 月通しての平均変色長を算出した。

E. 対策技術

● 対策の考え方

- ・モモ胴枯細菌病対策には、すでに圃場にある樹の「発生を抑える対策」、さらに、これから定植する「次作の樹への感染を抑える対策」が重要である。

●発生を抑える対策

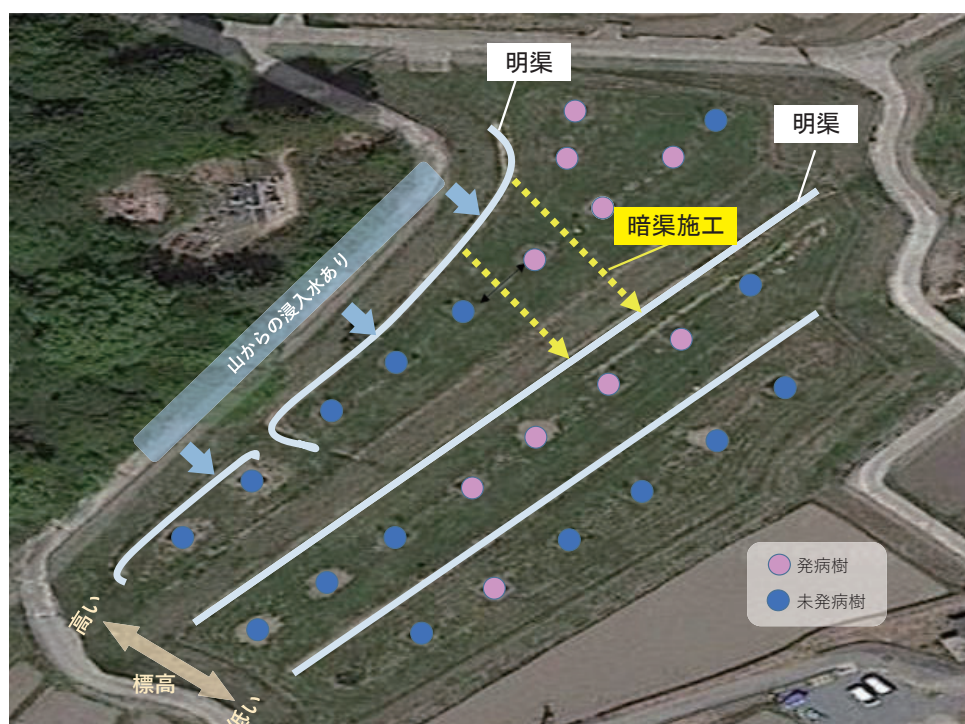
・排水対策

- ・排水対策は、モモ胴枯細菌病の対策になるだけでなく、モモの良好な生育を確保する上で非常に重要となる。
 - ・特に、水田転換園では、すき床層が残っている等、排水不良が生じやすいため、明渠および暗渠の施工、すき床層の破碎等の排水対策を実施する必要がある。
- ※参考情報：岡山県の場合は「pF1.5 気相率が 15% 以上」を改善の目安としている。

・【実施例 1】明渠はあるものの排水不良を起こした園に暗渠を追加した排水対策

※圃場全体図はモモ - 図 21。

- ①発生樹付近に傾斜をつけた深さ 70 ～ 90cm 程度の溝を掘る（モモ - 図 22 左）。
- ②溝の底に砕石を敷き直径 50mm のコルゲート管を埋設する（モモ - 図 22 右）。
- ③その上に透水性の大きい真砂土を充填した暗渠を設置する。
- ④明渠出口の排水樹を深くする。



モモ - 図 21 排水対策事例の圃場図（岡山県）



モモ - 図 22 暗渠の設置作業の様子（岡山県）

左：説明①、右：説明②。

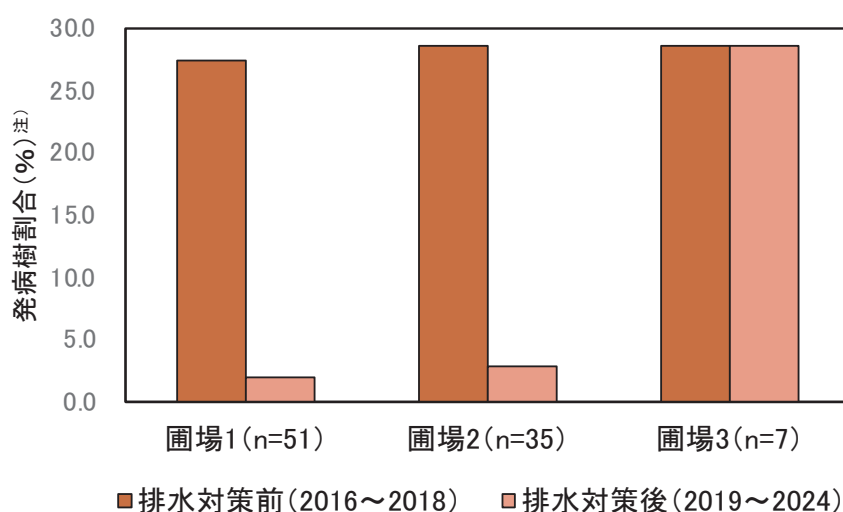
- ・ 10 a（設置長 100m）当たりの暗渠を 7 名程度で施工した場合、作業時間は約 23 時間、資材費は約 5 万円程度と試算された（モモ - 表 2）。

モモ - 表 2 暗渠設置に要する費用

資材名	規格	費用
コルゲート管	100m（ ϕ 50mm）	22,500
集水管など		12,300
継手類	エルボ、チーズ、ソケット	2,400
排水枡	1 個	2,200
碎石	100 m ³	10,000
計		49,400

【排水対策による効果 1】発生状況への影響

- ・ 圃場 1、2 では暗渠設置が所付近の土壌水分は低下し、排水対策実施後は発病樹数が減少する傾向がみられた（モモ - 図 23）。
- ・ 圃場 3 では、排水対策前後で発病率が等しくなったが、原因としては、面積が小さく植樹数が少ないこと、夏季の過乾燥が発病を促進した可能性があることが考えられた。



モモ - 図 23 排水対策を実施した園におけるモモ胴枯細菌病の発生への影響（岡山県）
注）期間中の累計栽植樹数における発病樹の割合。

【排水対策による効果 2】暗渠区設置が土壌からの病原細菌の検出頻度に及ぼす影響

- ・モモ胴枯細菌病多発場の土壌を定期的にサンプリングし、*Dickeya* 属菌に特異的なプライマー（ADE1 と ADE2）を用いた PCR を行った結果、暗渠未設置区では未設置区 1 で 9 月 11 日～10 月 4 日まで長期的に病原細菌が検出された（モモ - 表 3）。
- ・暗渠設置区では、設置区 1 で 9 月 11 日、設置区 2 で 9 月 20 日に若干の検出が見られたが、検出は散発的で、長期的な検出は見られなかった（モモ - 表 3）。

モモ - 表 3 暗渠設置区と暗渠未設置区での菌の検出（福島県）

地点 No	土壌採取日						
	8月10日	8月16日	8月30日	9月11日	9月20日	10月4日	10月20日
暗渠設置区 1	－	－	－	(+)	－	－	－
暗渠設置区 2	－	－	－	－	(+)	－	－
暗渠設置区 3	－	－	－	－	－	－	－
暗渠未設置区 1	－	－	－	+	+	+	－
暗渠未設置区 2	－	－	－	－	－	－	－
暗渠未設置区 3	－	－	－	－	－	－	－

－は増幅なし、＋は増幅あり、(＋) はやや増幅が見られたものを示す。
土壌は、樹の幹からおおよそ 30cm の位置、深さ 20cm の位置から採取し、DNA を抽出するまで－20℃で保管した。

・【実施例 2】簡易暗渠による排水対策

・簡易暗渠とは、排水のための溝を掘削した土壌の中に設置するコルゲート管等の代わりにもみ殻等の疎水材を充填した補助的な暗渠のことで、地下水位が高い場合や 50cm 程度の有効土層を確保できない等、通常の暗渠を設置できない園地において有効な方法である。

①改植予定の土壌を掘削して植え穴を 2m × 2m × 深さ 20cm 程度に広げ（モモ - 図 25）、園地土壌を根圏制御栽培用培土（赤玉土：バーク堆肥 = 2：1）、山砂と混和する（モモ - 図 24 左）。

②傾斜の下段側に向けて排水のための溝を掘削し、植え穴と連結する（モモ - 図 24 右）。

③もみ殻を疎水材として植え穴から溝にかけて投入する。

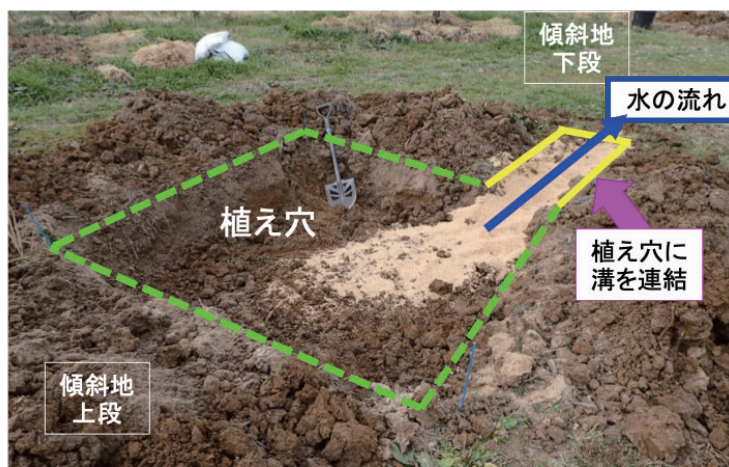
※もみ殻の腐植化や、土壌の重さで鎮圧されることで溝が埋没して排水機能が損なわれることがあるため、状況に応じてもみ殻の再充填を行ったり、排水溝部分にコルゲート管を補助として埋設したりする。

④植え穴を埋め戻し、苗を定植する際には盛土（30cm）にする（モモ - 図 26）。

※全体のイメージ図はモモ - 図 27。



根圏制限栽培用培土
(赤玉土：バーク堆肥＝2：1)



傾斜地を利用した簡易暗渠(もみ殻投入後)

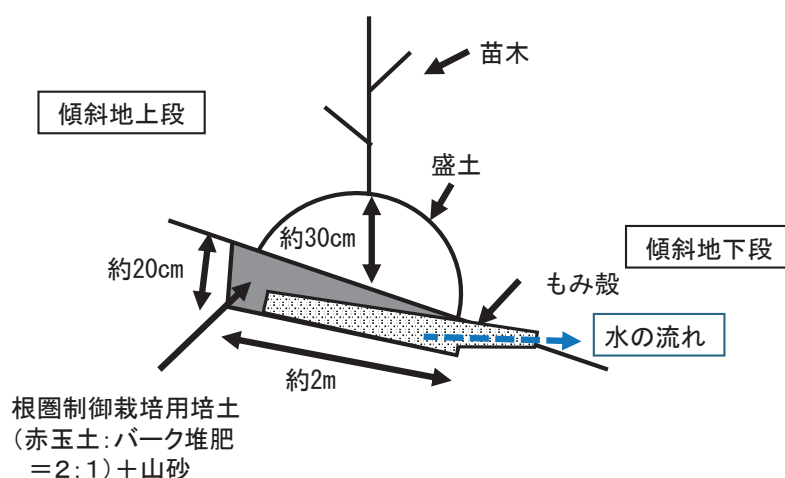
モモ - 図 24 傾斜地を利用した簡易暗渠（もみ殻投入後）



モモ - 図 25 傾斜下側から見た植穴



モモ - 図 26 苗木定植時には盛土にする



モモ - 図 27 簡易暗渠のイメージ図（福島県）

- ・ 1 樹あたりの簡易暗渠設置コストはモモ - 表 4 の通り。

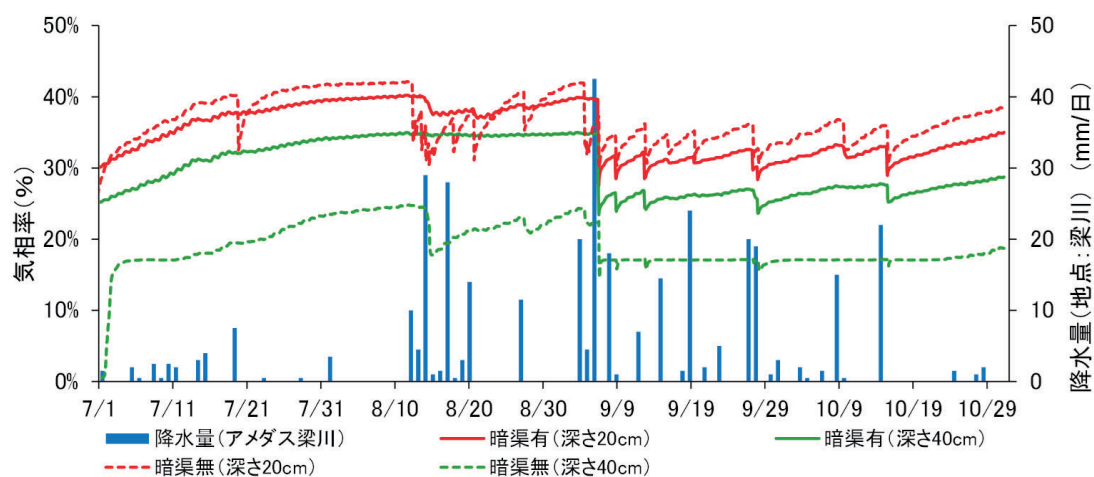
モモ - 表 4 簡易暗渠の設置コスト（1 樹当たり）

資材名	植え穴あたり投入量	費用(円)
赤玉土	160L	6,360
バーク堆肥	80L	5,180
計		11,540

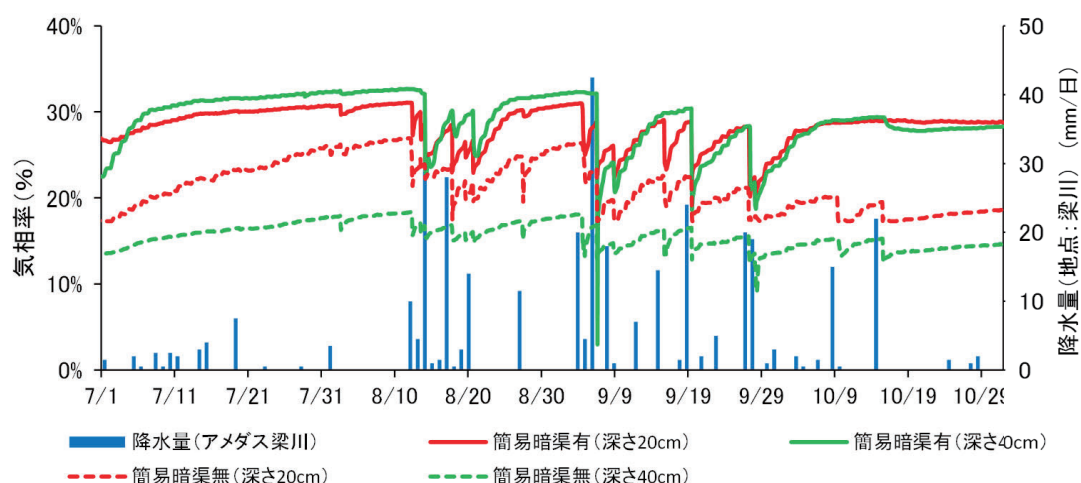
注) もみ殻は研究所から持ち込んだため費用に含めない。

【排水対策による効果 3】 土壌気相率の変化（実施例 1, 2）

- ・ 暗渠設置ほ場（実施例 1）の土壌の気相率は、深さ 20cm は暗渠の有無による差はわずかであったが、深さ 40cm は暗渠有が暗渠無よりも高かった（モモ - 図 28）。また、地温は暗渠の有無による差はわずかであり、10 月以降に大きく低下した（データ省略）。
- ・ 簡易暗渠設置ほ場（実施例 2）の土壌の気相率は、深さ 20cm、40cm とともに暗渠有が暗渠無よりも高かった（モモ - 図 29）。また地温は、9 月中旬までは未設置区よりは高く推移したが、9 月 20 日以降、暗渠有が暗渠無と比較して低い傾向が見られ、特に 10 月以降に大きく低下した（データ省略）。



モモ - 図 28 暗渠の有無による土壌中の気相率の変化（2023 年 7 ～ 10 月）（福島県）



モモ - 図 29 簡易暗渠の有無による土壌中の気相率の変化（2023 年 7 ～ 10 月）（福島県）

【排水対策による効果 4】 土壌物理性（実施例 1, 2）

- ・ 暗渠設置ほ場（実施例 1；A、C 園地）では、深さ 20cm、40cm の土壌硬度は暗渠無の方が高く、仮比重は暗渠有で低い傾向が見られた。三相分布は、暗渠有の気相率が深さ 40cm において高かった（モモ - 表 5）。
- ・ 簡易暗渠設置ほ場（実施例 2；B 園地）では、土壌硬度、仮比重、三相分布ともに、簡易暗渠の有無による効果は判然としなかった（モモ - 表 5）。

モモ - 表 5 各園地の土壌物理性（2024 年）（福島県）

区	調査園地	深さ	山中式	三相分布（%）			仮比重 (g/cm ³)	孔隙率 (%)
			土壌硬度(mm)	気相	液相	固相		
暗渠有	A 園地	20cm	24.0	22.1	28.1	49.8	1.32	50
		40cm	25.0	15.4	33.7	51.0	1.37	49
暗渠無		20cm	14.0	20.7	32.4	46.9	1.26	53
40cm		16.3	4.5	38.1	57.4	1.53	43	
簡易	B 園地	20cm	24.3	8.9	36.4	54.7	1.45	45
暗渠有		40cm	25.3	7.8	39.1	53.1	1.42	47
簡易		20cm	24.3	20.1	29.8	50.1	1.34	50
暗渠無		40cm	23.0	2.3	39.0	58.7	1.52	41
暗渠有	C 園地	20cm	24.5	29.7	25.6	44.7	1.17	55
		40cm	26.3	26.7	26.2	47.1	1.25	53
暗渠無		20cm	26.5	24.5	28.8	46.8	1.18	53
		40cm	27.0	19.0	30.8	50.2	1.32	50

注) 調査樹の主幹から 1.5m の位置で、採土器 (DIK-1601, 大起理化工業) を用いて土壌を採取し、実験室内で計測した。

・ 過乾燥を防ぐ対策および樹勢の管理

- ・ 極端な乾燥や多肥による強樹勢化はモモ胴枯細菌病の発生を助長することから、かん水と施肥は適切な管理が必要である。これらは樹のステージ、地域、あるいはその年次の降雨量によって異なることから、各地の指導機関の指示に従う。

● 次作の感染を抑える対策

・ 残渣の除去・分解・土壌消毒

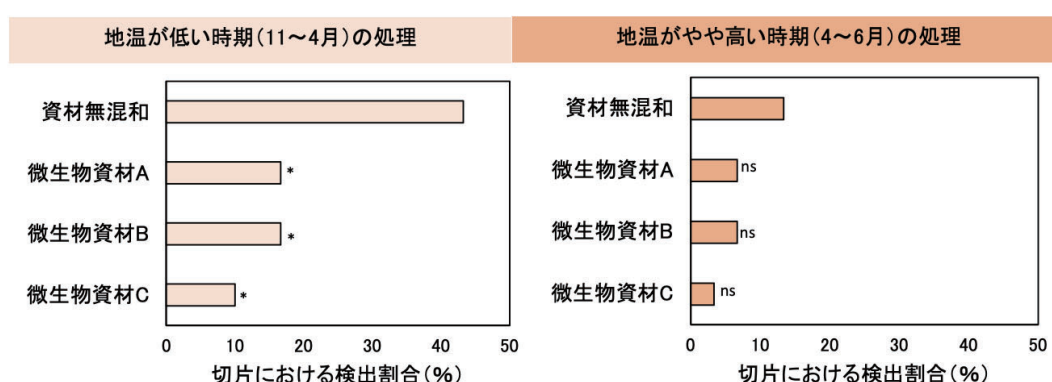
- ・ 土中の残渣では、翌年 6 月まで病原細菌が生存し、モモへの感染源となる。そのため発病樹は速やかに伐採、抜根し、脱落した残根も丁寧に拾って除去する
- ・ 地温が高い時期には、残渣中の病原細菌は徐々に死滅する。残渣除去後は、11 月頃までの地温が高い時期（20℃以上が目安）に天地返しを行い、土中に残存する残渣の分解を促す。

・ 残渣分解用資材の処理手順

- ① 発病樹を抜根し、細根まで丁寧に取り除く。
- ② 処理範囲が 1.5m 四方、60cm 深の場合、微生物資材約 13.5kg（1m³ あたり 10kg）、または完熟堆肥 54kg（1m³ あたり 40kg）を施用し、十分に耕起する。
- ③ 残渣の分解には適度な土壌水分が必要であるため、乾燥が続く場合はかん水を行う。

※注意点等

- ①微生物資材には肥料分が含まれているものがあるので、植付け後の施肥量に留意する。処理直後の植付けは避ける。分解促進のため、可能な限り日中の地温が 10℃を上回る期間が確保できるよう、発病後速やかに実施する。
 - ② 1 樹あたりの資材費は、約 800 ～ 4,000 円程度である。
 - ③微生物資材として、酵素・で・くさ〜（三興（株））、分解ヘルパー 331（（株）エス・ディー・エス バイオテック）およびワラ分解キング（片倉コープアグリ（株））を用いて、モモ胴枯細菌病菌の残存リスクが低減することを確認した。
- ・微生物資材施用によるモモ胴枯細菌病菌の生存状況をモモ - 図 30 に示す。



モモ - 図 30 圃場に埋設した残渣におけるモモ胴枯細菌病菌の生存状況（岡山県）
 （2022 ～ 2023 年、左図：11 ～ 4 月埋設・平均地温 10℃、右図：4 ～ 6 月・平均地温 18℃）
 1 区 10 残渣片における検出割合の平均値(3 反復)、*：有意差あり、ns：有意差なし(5%水準、Fisher の正確確率検定)。
 増菌培養液を用いたジャガイモ塊茎への接種および Bio-PCR により検出した、3 地点の平均値を示した。

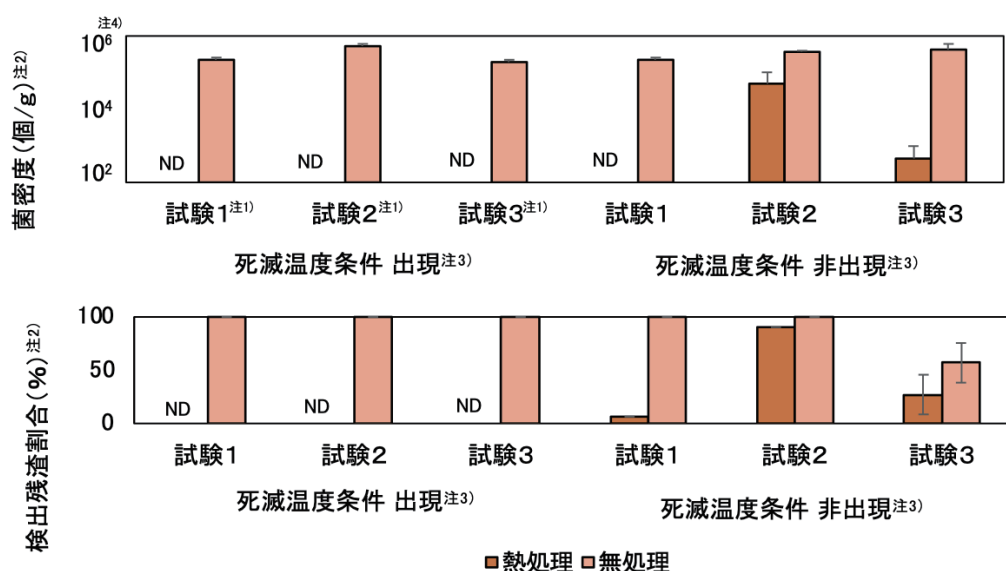
・高温水点滴処理による発病跡地土壌の消毒

※ももとは果樹類白紋羽病対策として開発された技術であり、詳細は「白紋羽病 温水治療マニュアル 改訂版
https://www.naro.go.jp/publicity_report/publication/pamphlet/tech-pamph/010793.html」を参照のこと。

- ①発病樹を抜根し、細根まで丁寧に取り除く。
- ②地下部の温度むらを少なくするため、土壌を地表面から 60cm 深程度まで耕起し、均平にならす。
- ③点滴器具を設置し、地表面を農業用マルチフィルムで被覆する。
- ④ 60 ～ 70℃の高温水を点滴チューブに送水し、地温が **45℃以上となってから 6 時間または 50℃以上となってから 90 分経過した時点で処理を終了**する。

※処理温度と時間が果樹類白紋羽病対策とは異なる点に留意する。

- ⑤保温のため、処理後 1 日間は地表面を被覆した状態を保つ。
- ⑥高温水点滴処理にかかる水量は土質や気温等条件によって異なるが、1 樹当たり 600 ～ 1,000L (6 ～ 10 月に処理した場合のおおよその値)。その場合、処理に係る費用は 1 樹当たり約 800 円程度 (上水道を使用した場合で灯油代込の価格)。
- ・高温水点滴処理による土壌および罹病残渣中のモモ胴枯細菌病菌の生存状況をモモ - 図 31 に示す。



モモ - 図 31 高温水点滴処理^{注1)}による土壌(上) およびモモ罹病残渣片に残存したモモ胴枯細菌病菌への効果(下) (岡山県)

注1) 2022年10月12日(試験1)、2023年10月12日(試験2)、2023年10月31日(試験3)に実施。

注2) 希釈平板法、増菌培養液を用いたジャガイモ塊茎への接種および Bio-PCR により検出した3地点の平均値を示した。エラーバー：95%信頼区間、ND: 非検出。

注3) 45℃ 6時間以上又は 50℃以上 90分以上の温度条件を満たした場合を「出現」、満たさない場合を「非出現」とした。

注4) 菌密度は対数表示のため、正側のエラーバーのみ示した。

・ 周囲を含む圃場環境の衛生管理

- ・モモ生産圃場における時期別調査からは、雑草根元において病原細菌が越冬し、改植した苗木への感染源となる可能性が考えられる。そのため発病樹跡地では非選択性の茎葉処理除草剤の散布や防草シートの敷設を行い、雑草を繁茂させないようにするのが望ましい。
- ・雑草以外にも明渠等にたまった圃場排水にも病原細菌が存在しており、水を介して改植した苗木に病原細菌が感染する可能性も考えられる。暗渠および明渠の施工や盛土等の排水対策は、雨水流入による苗木への感染を防ぐためにも重要である。



各論

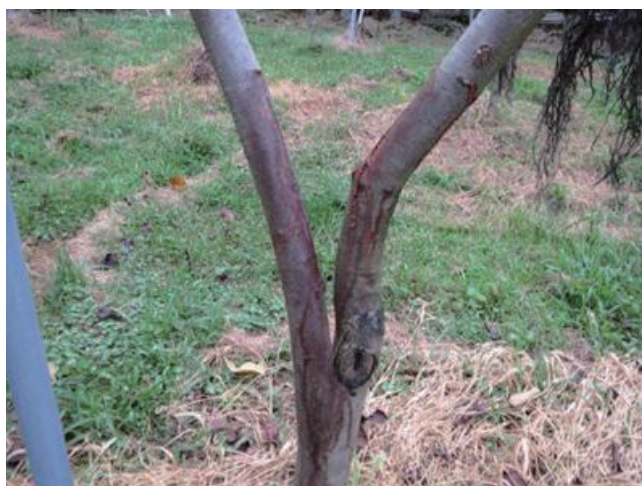
ナシ

A. 病徴について

● 外部病徴

- ・発病樹の多くは主に主幹部または主枝の分岐部付近から赤褐色の樹液を漏出し、アルコール臭を発する場合が多い（ナシ - 図 1、2、3 右）。
- ・主幹部や根の一部が部分的に枯死（褐変）し、その後に樹の枯死に至る傾向にある（ナシ - 図 3 左）。
- ・樹液漏出や葉の黄変等の樹勢低下等で感染・発病に気付くことが多い。
- ・樹液漏出が認められない、または漏出量が少ない場合は、外観だけで判断が困難である。
- ・発病後急激に越するモモやリンゴと比較して、ナシは発病～枯死に至る過程は穏やかで数年かかる場合が多いが、稀に発病した年の収穫後～冬季に急激に枯死する。

● 病徴写真



ナシ - 図 1 ナシ胴枯細菌病による主枝からの樹液漏出
(2014 年秋 佐賀県)「幸水」



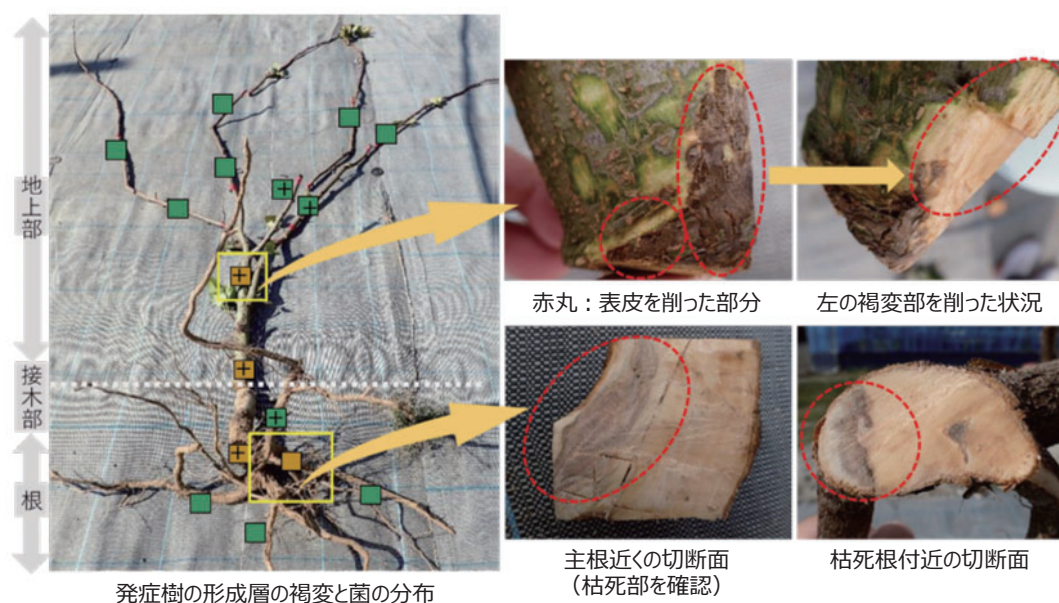
ナシ - 図 2 ナシ胴枯細菌病による主幹からの樹液漏出
(2016 年秋 佐賀県)「幸水」



ナシ - 図 3 ナシ胴枯細菌病による枯死（左）および樹液漏出（右）
（2022 年秋 佐賀県）「幸水」

● 内部病徴

- ・ 樹の表皮下部および形成層が褐変しており、アルコール臭を発する。
- ・ 症状は根から地上部の樹液漏出部付近まで連続し、さらに上方では表皮下部のみの褐変に留まるか、または症状が認められないことが多い（ナシ - 図 4）。
- ・ 発病樹の多くは根の一部が枯死し、主幹、主枝では部分的な枯死が認められる。



ナシ - 図 4 感染樹の内部症状と菌の検出

■は褐変、■は健全、+は菌が検出された部位。

●その他情報

- ・夏季に葉色が薄い場合や、新梢の伸長が緩慢等の異常生育が現れる場合は、キクイムシ類等の食害が原因である場合がある。
- ・ナシの場合、不適切な土壌条件での根の枯死により樹勢が低下してナシ胴枯細菌病に感染するのか、本病の感染後に樹勢が低下するのか判然としない。

B. 紛らわしい病徴・症状

●ナシ胴枯病

- ・病徴：枝幹に発病する。せん定痕、日焼け部位および皮目等から褐変が始まり、徐々に進展して赤褐色の病斑を形成する。
- ・見分け方：ナシ胴枯病は、①病斑と健全部との境に亀裂を生じて境界がはっきりしている（ナシ - 図 5 左、右）、②病斑面には等高線状の輪紋を生じる（ナシ - 図 5 左）、③病斑の表面に亀裂を生じ、同部分に小さく黒い粒（柄孢子）を生じる等が挙げられる。ナシ胴枯病はあまり着果しない枝の伸長が旺盛な若木では少なく、10 年生以上の樹で多い傾向にあり、若木に多いナシ胴枯細菌病とは異なる。



ナシ - 図 5 ナシ胴枯病
 （左 2016 年秋 佐賀県）「幸水」、（右 2017 年秋 佐賀県）「幸水」
 左図の青矢印の間で輪紋が確認できる。

●傷やヒビ等からの白色の樹液漏出と樹皮の変色

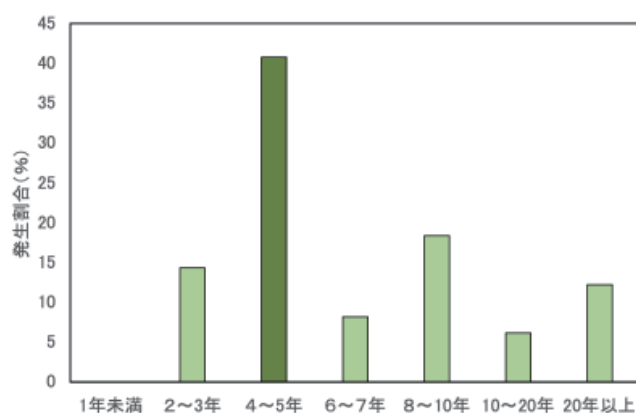
- ・症状：夏季以降、主幹や主枝等から白色の樹液を漏出していることがある。加えてアルコール臭を発している場合、またナシ - 図 6 のように同周辺部が赤みを帯びていることもある。
- ・見分け方：樹液の色が赤褐色ではないので区別できる。スズメバチ等の昆虫がこの樹液を吸汁していることが多いが、胴枯細菌病ではこのような現象は認められない。



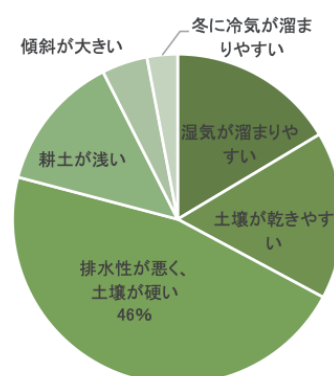
ナシ - 図 6 傷やヒビ等からの白色の樹液漏出と樹皮の変色
(2023 年秋 佐賀県)「幸水」

C. 現地の発生状況

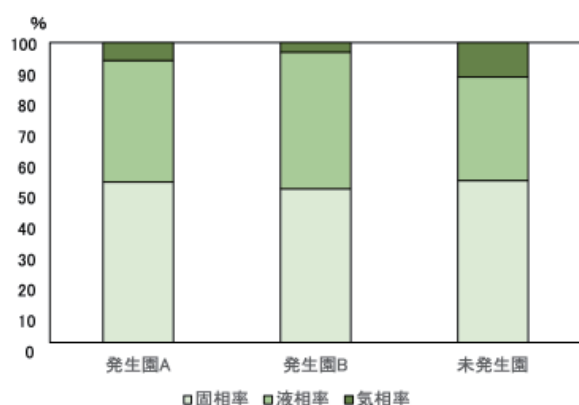
- ・ 樹齢 4 ～ 5 年生樹で発生が多い (ナシ - 図 7)。
- ・ アンケート調査の結果、発生園で最も多い特徴は排水性が悪い (土壌が硬い) ことであり、全体の 46%を占めた (ナシ - 図 8)。また、水田転換園や傾斜地園の下方に植栽した樹でも発生が確認された。
- ・ 発生・未発生園の土壌分析の結果、未発生園では pF1.5 条件下における深さ 20cm および 40cm の気相率が約 12%程度であるのに対して、既発生園では 2 ～ 6 %程度と低かった (ナシ - 図 9)。また、透水性も低く、土壌条件としては排水性および物理性が悪化していることから、アンケート調査の結果と一致した (ナシ - 表 1)。



ナシ - 図 7 ナシ胴枯細菌病の発症樹齢
(アンケート結果、2020 年 佐賀県)



ナシ - 図 8 ナシ胴枯細菌病発生園内
における発生樹周辺の環境
(アンケート結果、2020 年 佐賀県)



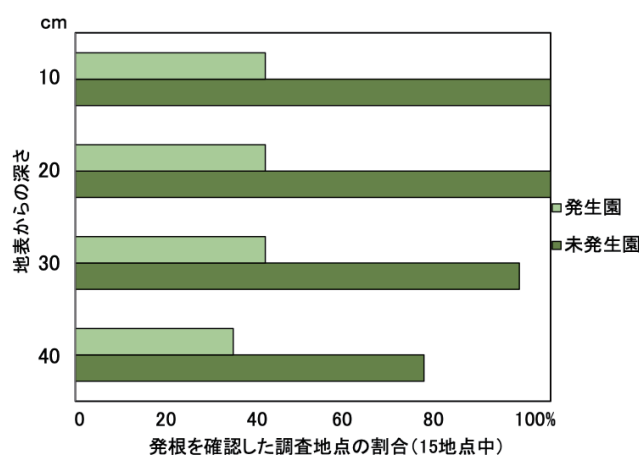
ナシ - 図 9 ナシ胴枯細菌病発生園および未発生園の三層分布の比較 (pF1.5, 深さ 20 cm) (2020 年 佐賀県)

ナシ - 表 1 発生園および未発生園の飽和透水係数の違い (佐賀県)

	飽和透水係 (cm/s)	
	20cm	40cm
発生園 A	2.27×10^{-5}	2.20×10^{-5}
発生園 B	4.20×10^{-4}	2.26×10^{-5}
未発生園	5.38×10^{-4}	3.17×10^{-4}

注) 20cm、40cm は地表からの深さ。

- ・発生園は未発生園に比べて、発根量が極めて少なく、また枯死根の割合も多かった（ナシ - 図 10、11、ナシ - 表 2）。
- ・発生園において過去に暗渠の設置を行ったところ一時発病が確認されなくなったが、数年経過後に再び発病が確認された事例では、同様に土壌物理性の悪化が確認された。



ナシ - 図 10 ナシ胴枯細菌病発生園および未発生園の発根量の比較 (2020 年 佐賀県)

ナシ - 表 2 ナシ胴枯細菌病発生園および未発生園の枯死根発生率の比較 (2020 年 佐賀県)

深さ	枯死根発生率 (%)	
	発生園	未発生園
10cm	0.0	0.0
20cm	20.0	0.0
30cm	26.7	0.0
40cm	20.0	0.0



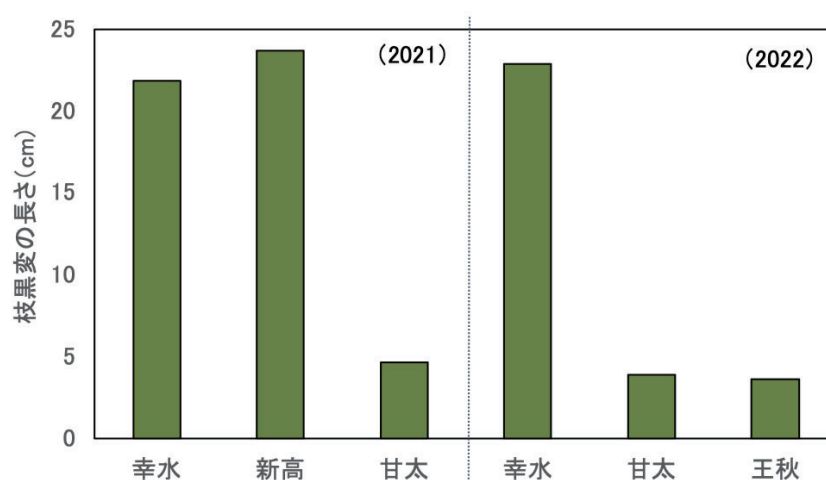
ナシ - 図 11 ナシ胴枯細菌病発生園および未発生園の発根状況 (2020 年 佐賀県)

D. 感受性の品種間差異

● 切り枝での品種間差

※圃場での品種間差は未試験のため、参考情報とする。

- ・ 2020 年、2021 年、2022 年に実施した枝挿し試験により、「幸水」を対照とすると、「豊水」、「あきづき」および「新高」の病徴進展速度は同程度であるが、「甘太」、「王秋」は遅かった（ナシ - 図 12）。そのため、いずれの品種でも発病はするものの、「甘太」、「王秋」では病徴の進展は緩慢なのではないかと推察される。また、病徴は高い温度でより進展が認められた（データ略）。



ナシ - 図 12 各品種におけるナシ胴枯細菌病の病徴伸長程度 (2021 年、2022 年)

各品種 3 本の切り枝を菌懸濁液 (10^6 cfu/ml) に水差しし、27℃条件下、7 日後の平均枝黒変長を調査。

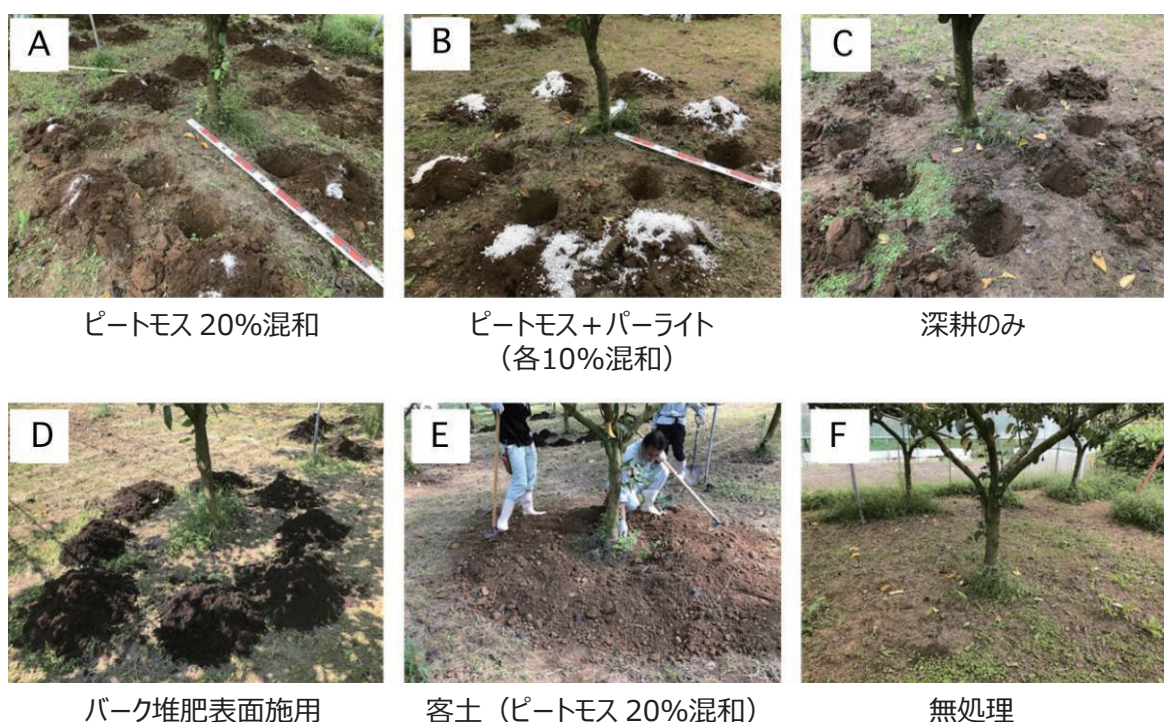
E. 対策技術

● 共通事項

- ・ 深耕を伴う土壌改良等を実施し、土壌物理性および排水性の改善による発根促進・樹勢向上を図ることが有効であると考えられる。
- ・ 本病原細菌が嫌気性菌であることを考慮して、土壌中の気相率を高め、滞水しにくい環境を作出することを基軸とした耕種的対策によって、発病を抑制する。
- ・ 上述 2 点は改植時および定植されている樹の周りに施用のどちらでも同様である。

●【具体例】深耕を伴う土壌改良

- ①ナシ樹の根圏である幹から約 1 m の位置周囲 8 か所に幅 20cm、深さ 20cm 程度の穴を掘る。
- ②埋め戻しの際、排水性の向上を目的として、A：発根のための適度な保水効果を合わせ持つピートモス区、B：更に排水性を向上させるためにピートモスと黒曜石系パーライト（商品名：ホワイトローム）を混和した区、C：比較のため土壌改良材を混和せずそのまま埋め戻す区その他、地表部での発根を促すことを目的として D：主幹部周りへのバーク堆肥の表面施用区、E：客土処理区（ピートモス 20% 混和）を設け、土壌環境、樹の生育、病害対策効果について調査した（ナシ - 図 13）。



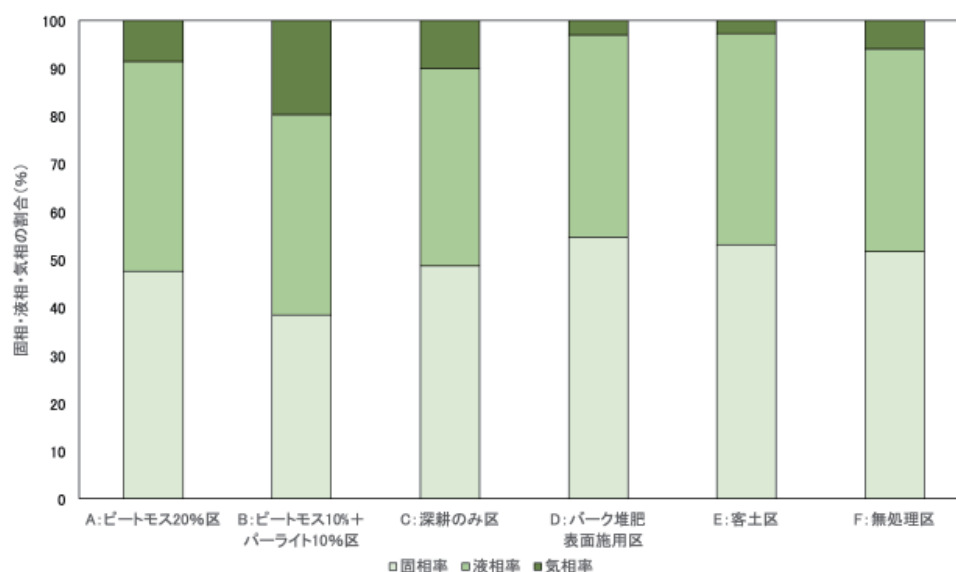
ナシ - 図 13 処理区の例（佐賀県）

・深耕を伴う土壌改良の効果

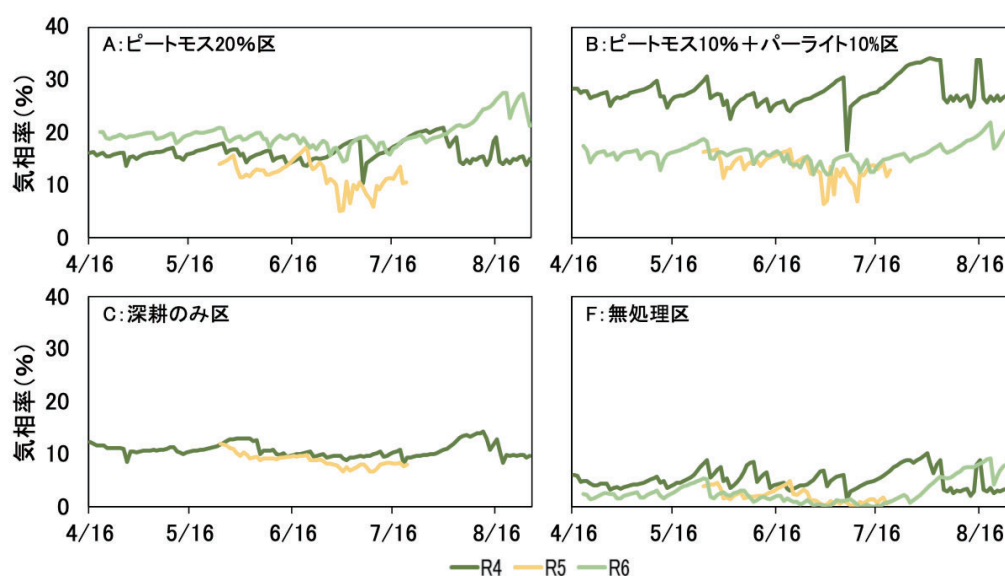
- ・各処理区のうち、深耕を伴う 3 処理区（埋め戻し時に A：ピートモス 20% 混和、B：ピートモス＋パーライト各 10% ずつ混和、C：深耕のみ）において、土壌中の気相率、透水性が向上し、土壌物理性の改善効果がみられた（ナシ - 図 14）。
- ・気相率は、処理 1 年後は B では 30% 程度、A では 20%程度、C では 15% 程度で推移し、無処理である F の 10% 以下と比べ高かった。一方、処理 2 年後も F よりは高く推移するものの、特に B では大きく低下して 15%程度となり、A および C との差はほぼ無かった。処理 3 年後は処理 2

年後と概ね変化は無かった（ナシ - 図 15）。透水性も同様であった（ナシ - 表 3）。

- ・ 毎年 2 箇所穴を掘り、発根量を調査したところ、3 年間の合計で最も多い処理区は B、続いて A、C の順となり（ナシ - 図 16）、概ね気相率等の土壌物理性改善効果と比例していた（ナシ - 図 14、15、ナシ - 表 3）。
- ・ 深耕を伴わないバーク堆肥表面施用および客土は気相率、透水性への効果はみられず、また客土については発根への効果は確認されなかった（データ略）。



ナシ - 図 14 処理 1 年後の各処理区の三相分布（深さ 20cm、pF1.5）（佐賀県）

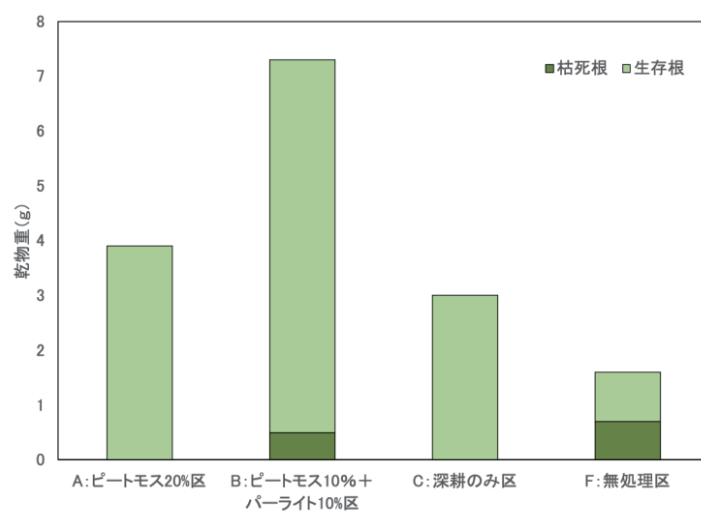


ナシ - 図 15 処理後 1 ～ 3 年目の気相率の推移（深さ 20cm、pF1.5）（佐賀県）

ナシ - 表 3 処理後 1 ～ 3 年目の飽和透水係数の変化（深さ 20cm、pF1.0）（佐賀県）

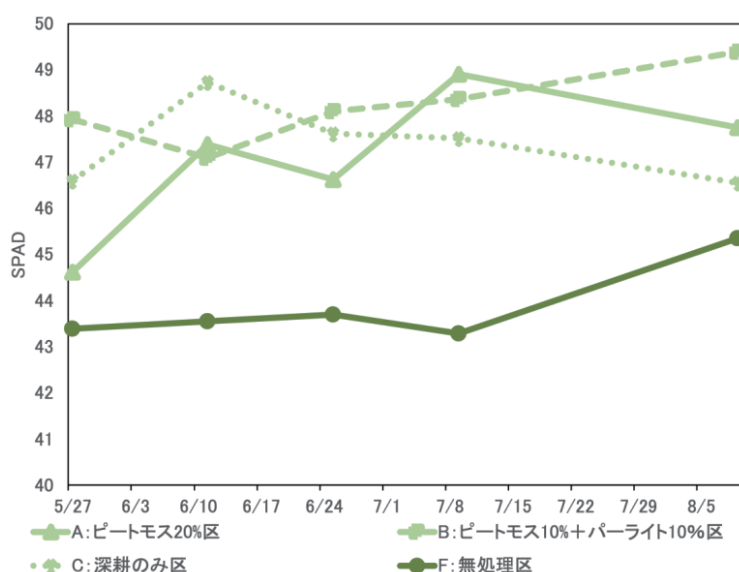
処理区	透水係数 (cm/S)			
	処理前 R2	処理 1 年後 R4	処理 2 年後 R5	処理 3 年後 R6
A ピートモス 20%区		3.96×10^{-4}	2.55×10^{-4}	7.55×10^{-4}
B ピートモス 10%+ パーライト 10%区		2.24×10^{-2}	7.87×10^{-4}	6.63×10^{-4}
C 深耕のみ区	2.27×10^{-5}	1.61×10^{-3}	1.30×10^{-4}	1.29×10^{-4}
D バーク表面施用区		1.86×10^{-6}	7.77×10^{-5}	—
E 客土区		2.05×10^{-6}	2.35×10^{-4}	—

2021 年 9 月に土壤改良処理を実施。

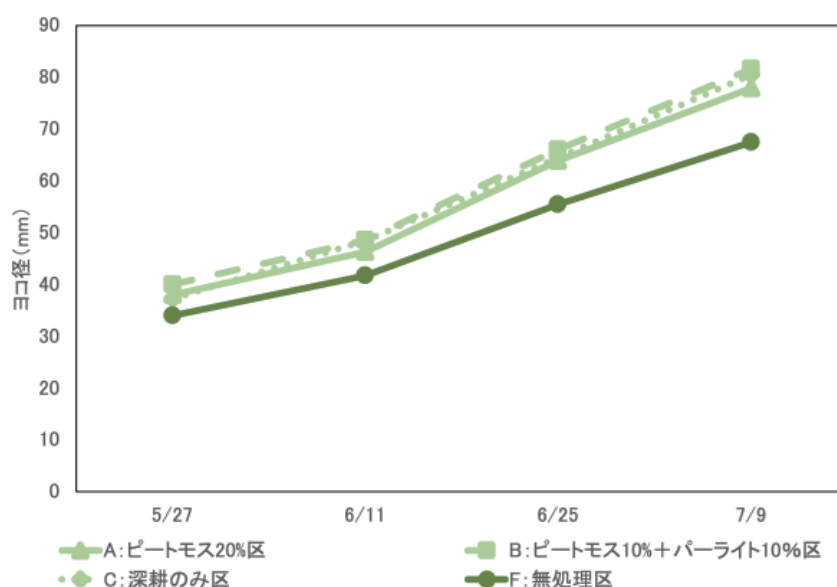


ナシ - 図 16 処理 3 年間の各処理区の発根量（乾物重）（佐賀県）

- ・地上部の生育は、処理 2 年後までは処理区間に差はみられなかったが（データ略）、処理 3 年後は A、B、C 区が無処理区と比較して葉色および果実肥大が高く推移した（ナシ - 図 17、18）。
- ・現時点（2024 年 9 月）において試験区として設定した A～F 区（各 5 樹）のいずれにおいても発病樹は確認されていないが、同一園内における試験区以外の樹（F の無処理に相当）において、毎年 1～2 樹程度の発生が確認されている。



ナシ - 図 17 処理 3 年後の各処理区の葉色推移（佐賀県）



ナシ - 図 18 処理 3 年後の各処理区の果実肥大推移（佐賀県）

・作業にかかるコストおよび時間

- ・費用は A では 10a 当たり約 77,000 円、B では約 135,000 円である（ナシ - 表 4）。
- ・1 人で作業を行うと仮定した場合の時間は、「深耕」のみにについては 10a 当たりの処理時間が約 19.7 時間であるのに対し、土壌改良資材を併用した場合は混和作業が加わることで 10a 当たりの処理時間が 23.1 時間～ 28.1 時間と長くなる（ナシ - 表 4）。
- ・A、B は C 及び無処理と比べて処理費用、作業時間はかかるものの、気相率及び透水性の向上、発根量の増加がみられ、また処理効果は少なくとも 3 年間は継続される。
- ・A のほうが B と比べて発根量がやや少ないが、コストが低く（57%）、効果の持続性、葉色、果実肥大への効果も同等であることから、費用対効果が高いと考えられる。B は園地の地下水位や排水性によって必要に応じて実施する。

ナシ - 表 4 手作業による処理コストおよび作業時間

処理区	コスト ^{注2)} (円 / 樹)	作業時間 ^{注3)} (分 / 樹 / 人)	コスト (円 / 10a)	作業時間 (h / 10a / 人)
A ピートモス 20%区 ^{注4)}	1,916	35	76,640	23.1
B ピートモス 10 + パーライト ^{注1)} 10%区 ^{注4)}	3,383	43	135,320	28.1
C 深耕のみ区	0	30	0	19.7

注 1) パーライト：安心院ライト（黒曜石）を使用。

注 2) 当たり 40 本植栽で計算、穴のサイズは 30cm×30cm×30cm、1 樹当たり 8 穴をスコップで掘った。

注 3) 処理は 3 名 1 組で実施、表中の作業時間は 1 人で行った場合の時間に換算。

注 4) A、B ではピートモス、パーライトとともに苦土石灰、ようりんを一緒に混和。

※各資材 1 袋当たりの容量及び処理可能な樹数は、パーライト（50L、4,070 円）：2 樹、圧縮ピートモス（170L、5,112 円）10%：9 樹、20%：4.5 樹、ようりん（20kg、2,992 円）：5 樹、苦土石灰（20 kg、908 円）：5 樹（価格は 2024 年 9 月現在）。

- ・作業時間短縮を目的としてエンジンオーガーを使用した場合、径 15 cm の機材を利用し、比較的土壌が軟らかい場所で処理を行うと、各処理において 30% 前後の時間短縮が可能であった（ナシ - 表 5）。
- ・ただし、土壌が硬い場合はエンジンオーガーでの掘削が不可、あるいはかえって時間を要する場合もあった。特に、防除等に機械を利用し、土壌が踏み固められている園地では機械の径を含め使用の可否の事前確認が必要である。

ナシ - 表 5 エンジンオーガー利用時の作業時間の比較

処理区	エンジンオーガー使用時の作業時間		作業時間 (分/樹/人)	作業時間 ^{注2)} (h/10a/人)	オーガー / 手作業の 作業時間割合 (%)
	穴掘 (8か所、分)	埋め戻し (分) ^{注1)}			
A ピートモス 20%区	20	5	25	16.7	72.3
B ピートモス 10% + パーライト 10%区	20	13	33	22.0	78.3
C 深耕のみ区	20	0	20	13.3	67.5

注 1) 埋め戻しには改良材散布、土壌との混和、埋め戻しの時間が含まれる。

注 2) 手作業時の作業時間 (h/10a/ 人) は、A : 23.1、B : 28.1、C : 19.7。

●【具体例】暗渠設置後の排水＋土壌改良

・過去に本病対策として、ジョイント栽培の樹列中央に暗渠を設置し対応した園地において、経年により再発するケースがみられた。この園地の土壌物理性は、気相率、透水性が低下し、硬く、ち密であったことから、これらを改良するため、グロースガン処理と土壌改良処理を実施した。

- ①グロースガン処理は樹の株元から約 1 m 程度の距離に約 1 m 間隔で処理を行う（ナシ - 図 19）。
- ②土壌改良処理は 9 月に株元 1m 程度の位置に深さ 20cm、幅 20cm 程度の穴を約 1 ～ 1.5m 間隔で掘り、土壌改良材（ピートモス、真珠岩系パーライト（商品名：ネコサンソ））を土容積の 10% ずつ混和して埋め戻す（ナシ - 図 20）。
- ③処理に要したコストおよび時間はナシ - 表 6 に示した通り。



ナシ - 図 19 グロースガン処理(佐賀県)



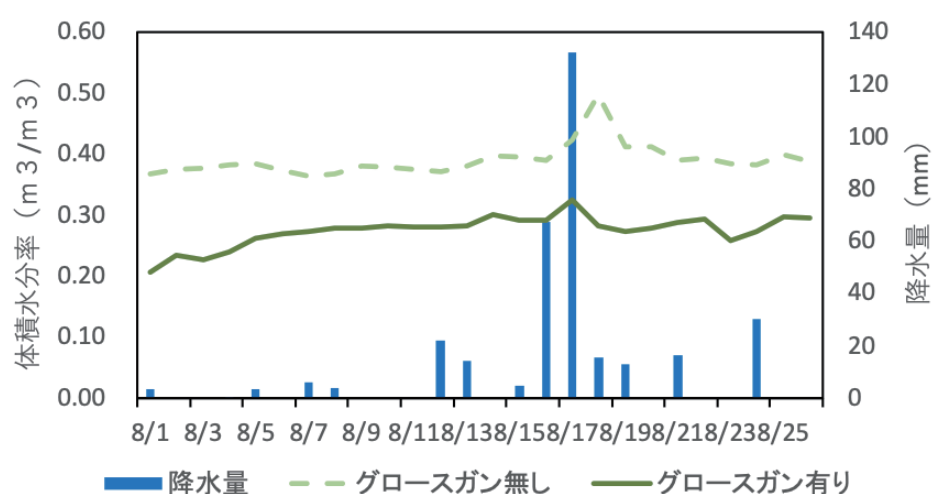
ナシ - 図 20 土壌改良の様子(佐賀県)

ナシ - 表 6 土壌改良コスト

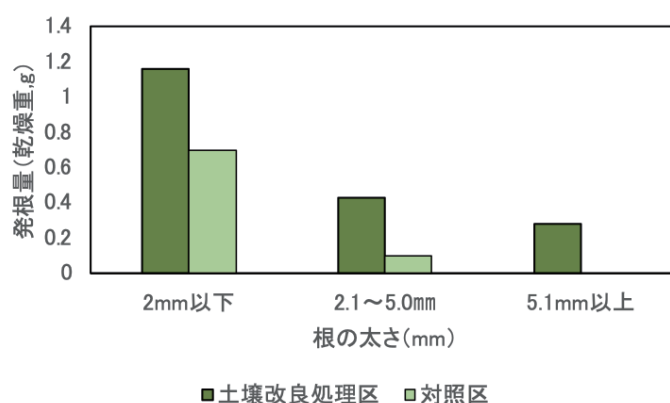
処理区	コスト (円 / 樹)	作業時間 (時 / 樹)	コスト (円 / 10a)	作業時間 (時 / 10a)
ピートモス 10% + パーライト 10%区	977	0.7	39,080	28.0

・暗渠設置後の排水＋土壌改良の効果

- ・処理当年の8月に多くの降水があり、無処理では土壌含水率が上昇したが、グロースガン処理区ではこのような上昇が認められなかったことから、暗渠機能が回復し排水性が向上したことが推察された（ナシ - 図 21）。
- ・処理1年経過後の土壌改良区における透水性の向上と発根の増加がみられ、土壌改良による効果が確認された（ナシ - 図 22）。
- ・2024年3月までの調査期間において、処理区での発病は確認されていない。



ナシ - 図 21 グロースガン処理の有無による土壌含水率の推移の違い（佐賀県）



ナシ - 図 22 処理1年経過後の発根量の違い（佐賀県）



各論

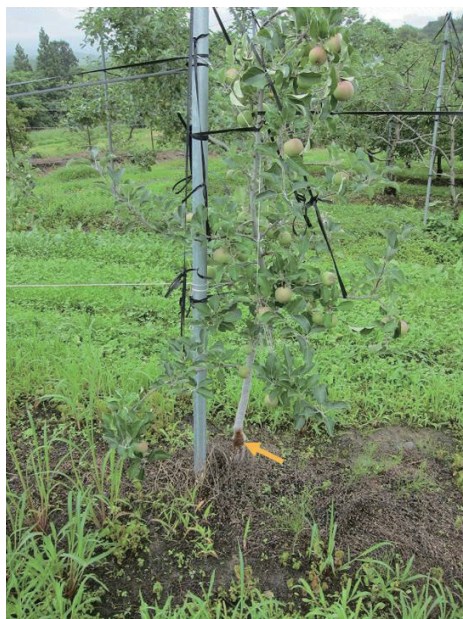
リンゴ

A. 病徴について

● 外部病徴

- ・ 発病初期は、接木部周辺において樹皮が水浸状に褐変し、赤褐色の樹液が漏出する（リンゴ - 図 1、3、4、6）。
- ・ 樹液が漏出してすぐの場合、その発病樹の病徴部分は特有のアルコール臭を伴う。樹液漏出量が少ない場合や、漏出後時間が経過している場合はアルコール臭が判然としない場合もある。
- ・ いったん樹液を漏出した樹は、翌年も漏出し、かつ樹勢も衰弱しやすい（リンゴ - 図 2）。
- ・ 樹液漏出は、接木部（リンゴ - 図 3）だけではなく穂木部（リンゴ - 図 4）、台木部（リンゴ - 図 5）、そしてこれら複数箇所から起こる場合がある。穂木部から大量に樹液が漏出した場合は台木部での漏出の有無はわかりにくくなる。穂木部では亀裂を生じた部位から漏出することが多い（リンゴ - 図 3 左）。台木部では皮目から漏出することもある。また、キクイムシ等の主幹害虫の脱出孔や側枝基部付近から漏出することもある。
- ・ 樹液は漏出が止んだ後に褐色から黒褐色の漏出痕となり判別できる場合が多い（リンゴ - 図 6）。
- ・ 発病樹の根部は外観健全であり、腐敗等の目立った症状は見られない（リンゴ - 図 7）。

●病徴写真



リンゴ - 図 1 当年にリンゴ胴枯細菌病を発症した樹

(2020 年夏 岩手県) 品種不明

接ぎ木部から軽微な樹液の漏出がみられるが(矢印)、生育低下は見られていない。



リンゴ - 図 2 前年にリンゴ胴枯細菌病を発症した樹

(2023 年春 岩手県)「王林／JM7」

春先から葉が小型化する等、樹勢低下が顕著。



リンゴ - 図 3 接木部からの樹液漏出

(2020 年夏 岩手県) 品種不明



リンゴ - 図 4 穂木部の外部病徴(左)と内部病徴(右)

(2020 年夏 岩手県) 品種不明

亀裂を生じた部位から樹液が漏出し、直下の形成層が褐変。



リンゴ - 図 5 台木部の樹液
漏出
(2020 年秋 岩手県)
品種不明



リンゴ - 図 6 黒褐色を
呈する樹液の漏出痕
(2020 年春 岩手県)
品種不明



リンゴ - 図 7 急性枯死した幼木
(2022 年春 岩手県)「ふじ/JM7」
台木には樹液の漏出痕を伴う。
根部には目立った症状は見られない。

● 内部病徴

- ・ 樹液漏出した直下の形成層が褐変腐敗する。漏出は主に接木部の亀裂や根原基からみられる。接木部周辺には根原基が旺盛に形成されており、この周囲の腐敗程度が激しい（リンゴ - 図 8）。



リンゴ - 図 8 接木部周囲に形成された根原基(点線部)の黒変腐敗と形成層の褐変腐敗(剥皮後)
(2022 年 岩手県)「ふじ/JM7」

- ・樹液漏出樹は、髄および木部が軟化腐敗している。病原細菌は木部を腐敗させるとともに接ぎ目や髄線を通じて樹皮下に樹液を漏出させると考えられる（リンゴ - 図 9）。



リンゴ - 図 9 樹液漏出樹の内部症状

A : 「シナノゴールド／ JM7」 (2012 年定植、2022 年 8 月撮影、岩手県)。

B : 「ふじ／ JM7」 (2014 年定植、2022 年 7 月撮影、岩手県)。

B. 紛らわしい病徴・症状

●リンゴ腐らん病

- ・病徴：形成層に褐変を生じ（リンゴ - 図 10 左）、病斑にアルコール臭が伴う点で、外観症状が類似する。
- ・見分け方：腐らん病は、①樹液の漏出がない、②病斑上に柄子殻の形成がみられる点で（リンゴ - 図 10 右）、胴枯細菌病と区別できる。



リンゴ - 図 10 りんご腐らん病内部病徴（左）と外部の柄子殻（右）
（2022 年春（左）および夏（右） 岩手県）品種不明（右）、および「王林」（左）

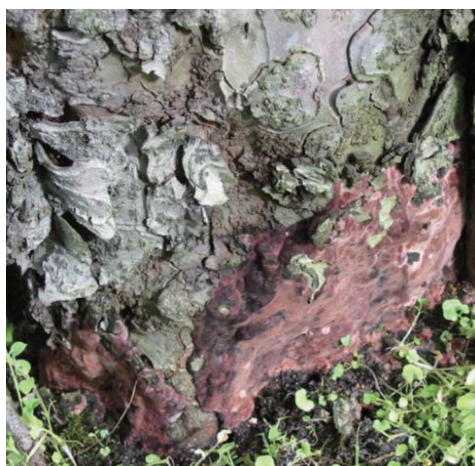
● 紫紋羽病

- ・ 病徴：葉が黄化・小型化し、急性衰弱・枯死に至る点が類似する（リンゴ - 図 11）。
- ・ 見分け方：紫紋羽病では、樹液漏出が見られない。また、秋季に地際部に紫色の菌糸がマット状に生じる点で胴枯細菌病と区別できる（リンゴ - 図 12）。また、紫紋羽病では、主幹周りの地際に休眠枝等の枝を挿すと、菌糸束が捕捉される（リンゴ - 図 13）。



リンゴ - 図 11 紫紋羽病感染樹
（2017 年秋 岩手県）「ふじ」

はじめ新梢の伸びが悪く（左）、後に黄変落葉（中）や枯死（右）に至る。



リンゴ - 図 12 紫紋羽病子実体

秋期になると地際部には赤紫色の子実体（マット状の菌糸）が形成される。

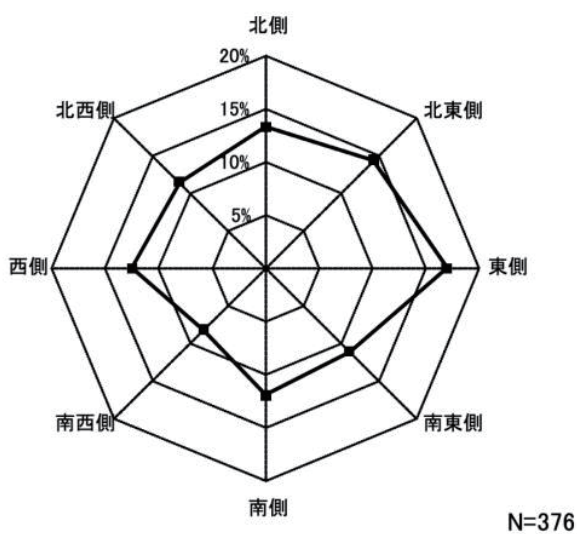


リンゴ - 図 13 リンゴ休眠枝の挿し木により捕捉した菌糸束

●凍害

※凍害についての詳細は同プロジェクト成果、「凍害の発生要因と対策技術マニュアル」を参照。

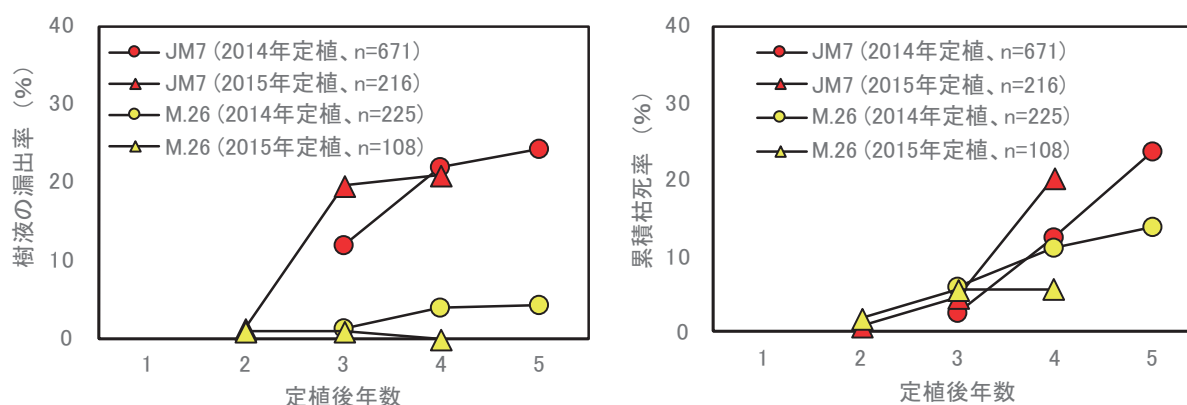
- ・病徴：春先に樹液を漏出する点で、外観症状が類似する。
- ・見分け方：凍害の場合は、発生園での症状（樹液漏出を含む）が全体的に幹の南側や南西側に多いのに対して、胴枯細菌病では特定の方角に偏らない点で区別できる（リンゴ - 図 14）。



リンゴ - 図 14 リンゴ胴枯細菌病を発症した JM7 台樹における樹液漏出部位の方向性（岩手県）

C. 現地の発生状況

- ・本病は排水不良区画で発生するが多い。
- ・樹液漏出は、梅雨明け後～秋雨の頃（8～9月）、大雨の後にみられることが多い。
- ・結実間もない幼木で発生しやすく（リンゴ - 図 15）、改植して数年から 10 年未満の幼木で発生が多い。一方成木になってから症状がみられる場合もある。
- ・定植当年では樹液漏出はほとんど見られない。樹液漏出と急性枯死は、定植 2 年目頃から発生がみられ、3 年目以降に顕在化する（リンゴ - 図 15）。
- ・発生跡地に改植（補植）・新植すると、再び発病しやすい（未発病地に比べて樹液漏出率はおおよそ 2 倍高い）。
- ・樹液漏出と枯死は J M 7 台が多く、M.26 台では少ない（リンゴ - 図 15）。
- ・J M 7 台の樹液漏出樹は、翌年も樹液を漏出し、かつ衰弱・枯死しやすい（リンゴ - 表 1）。M.26 台では、樹液漏出、衰弱ともに低率である。



リンゴ - 図 15 発生園地での樹液漏出（左）および急性枯死（右）の年次推移（岩手県現地ほ場、排水不良区画）

1 年生苗木を定植。調査は 2016 年～ 2018 年の 3 年実施。

樹液漏出率の分母は前年の枯死樹を除く。

リンゴ - 表 1 樹液漏出樹における翌年の生育状況

樹齢 (定植年) 注 1)	台木 (穂品種)	当年の 樹液漏出 注 2)	樹数	翌年の樹液漏出と貧弱状況 注 3)					
				樹液の 漏出率 (%)	貧弱度 注 4)	樹勢の程度別指数 注 5)			
						0	1	2	3
4 年生 (2014 年)	JM7	有	97	94.8	65.3	3	43	6	45
	(ふじ)	無	491	14.7	21.7	243	206	12	30
	M.26	有	5	80.0	53.3	1	2	0	2
	(つがる姫)	無	195	3.1	5.3	175	13	3	4
3 年生 (2015 年)	JM7	有	37	75.7	67.6	6	8	2	21
	(ふじ)	無	169	10.1	11.0	140	15	1	13
	M.26	有	0	—	—	0	0	0	0
	(つがる姫)	無	102	0.0	2.3	98	1	3	0

注 1) 岩手県現地ほ場（排水不良区画）。

注 2) 調査日：2017 年 10 月 4 日、当年枯死樹は除く。

注 3) 調査日：2018 年 11 月 26 日、樹齢：2014 定植（5 年生）、2015 定植（4 年生）。

注 4) 程度別指数 0～3 を与え、以下の式により算出。

$$\Sigma (\text{程度別樹数} \times \text{指数}) / (3 \times \text{調査樹数}) \times 100$$

注 5) 程度別指数 0：健全、1：葉の黄変、2：衰弱、3：枯死。

D. 台木における感受性の品種間差異

- ・接種試験および圃場試験により JM 系台よりも M.26 台が本病に比較的耐性があることが示されている。
- ・発生園地で枯死樹の樹間に各種台木を植栽した場合、JM 系台樹では定植 2 年目以降に樹液漏出を伴う枯死が発生し、発生率も高い。M.26 台樹では発生が少ない（リンゴ - 表 2）。

リンゴ - 表 2 発生園地に定植した各種台木利用樹の枯死程度（岩手県）

台木	供試樹数	年次別の枯死樹数（樹液漏出樹数）							累積枯死数 (2019～2024)
		2019	2020	2021	2022	2023	2024 注 2)		
JM7	10	0	0	0	4(2)	2(1)	2(2)		8(5)
JM1	10	0	2(1) 注 1)	1(1)	0	0	4(2)		7(4)
M.9 自根	10	0	0	1	1	0	1(1)		3(1)
M.9 / マルバ	10	0	0	0	0	1(1)	1(1)		2(2)
M.26 自根	10	2	0	0	1	0	0		3
M.26 / マルバ	10	0	0	0	0	0	1(1)		1(1)

※ 2019 年定植。

注 1) () 内は樹液漏出樹数。

注 2) 2024 年は 10 月上旬時点。

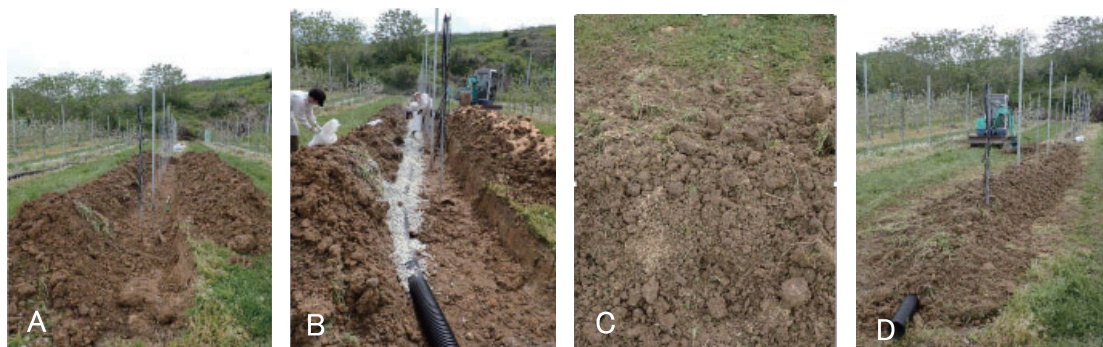
E. 対策技術

● 共通事項

- ・本病は定植年～定植後数年内に感染すると考えられる。感染が成立すると農薬等による防除はできないことから、新植・改植時には以下に示す耕種的対策を行う。
- ・発生環境の改善：排水不良園では発生しやすいので、改植時には排水対策を行う。
- ・発生源の除去：病原細菌は樹冠下の雑草にも潜在しており、感染源になる可能性がある。定植年～幼木期は除草剤を使用し難いため、刈払機や防草シートを用いた除草対策を積極的に実施することが望ましい。また、発病樹の残渣も感染源となり得るので、改植時には抜根するとともに、できる限り残渣を取り除く。
- ・健全な樹体管理：強樹勢の幼木では発生しやすいので、改植後は剪定、肥培、着果管理等を適切に行う。
- ・耐病性台木の利用：排水不良園に作付けする際、あるいは発生園に再植する際には、上記対策を講じるほか、発病数が少ない M.26 台樹を植栽する。

●【具体例】広く改植する場合の対策：暗渠による排水性の改善

- ①バックホー等を用いて、樹列を幅約 1 m、深さ約 50cm の溝状に掘り起こす（リンゴ - 図 16A）。
- ②溝の底面を整える。列に沿った方向、列を横断する方向のどちらに対しても斜面に応じた勾配をとり、水が滞留する場所を作らないように注意する。
- ③溝の底面の斜面下部側にポリエチレン性の暗渠管（φ 15cm）を列に沿うように置く。
※水が滞留しないように、暗渠管の開いた一端がもっとも低い位置にくるようにする。
- ④暗渠管が見えなくなる程度に粒状のガラス発泡資材で覆う（リンゴ - 図 16B）。
- ※実施例では暗渠管の端 1m ほどが地表に露出するようにした。
- ⑤掘り起こした土の通気性を改善するため、籾殻をまんべんなく混合する（リンゴ - 図 16C）。
- ⑥土を溝に戻し、暗渠を埋める。資材を投入した分、土は多少盛り上がる（リンゴ - 図 16D）。
- ⑦苗を栽植し、水を十分に与える。



リンゴ - 図 16 暗渠の設置（岩手県）
A が上述①、B ～ D が④～⑥に対応。

・本実施例に要した資材コストと労働力

- ・以下のリンゴ - 表 3 に示す通り。

リンゴ - 表 3 暗渠（樹間 2m × 列間 4 m の圃場、長さ 16m、7 樹分）の設置に要した費用

資材名	費用（円）
暗渠管（φ 15cm、継手、キャップを含む）	50,270
ガラス発泡資材	25,300
もみがら（1,000 円 / 50L と仮定）	8,000
計	83,570

実際の作業には男性 3 名 + 小型バックホー 1 台で 3 時間を要した。

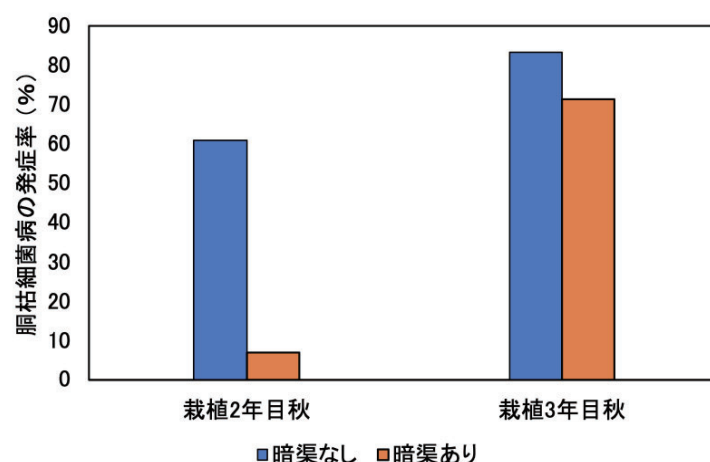
樹数を基準として 10a（125 樹、286 m）当たりの資材費を算出すると約 149 万円（約 18 倍）となる。

※効果・注意点

- ・本例は、土壌透水性が著しく悪い圃場において、一般的な暗渠を設置しても水分状態を改善できなかった結果を受け、より太い暗渠管を用いて個々の樹の根域の通気を促すことをねらって実施した。本例はあくまで試験でありそのまま適用することが推奨されるものではなく、暗渠の構造や設置深は実際に設置する圃場の傾斜や土壌物理性等の条件に応じて調整する必要がある。
- ・暗渠あり区のほうが、暗渠なし区より樹の生育が促進された（リンゴ - 図 17）。
- ・栽植 2 ～ 3 年目において、土壌気相率への効果は判然としなかったが、暗渠なし区では深さ 20cm の透水係数は幾何平均で概ね 10^{-4} cm / 秒以下のところ、暗渠あり区では 10^{-3} cm / 秒以上と有意に改善された。
- ・試験では効果確認のため JM7 台樹を使用したところ、完全な発病抑制には至らなかったことから、暗渠を設置する場合も耐性のある M.26 台樹を併用することが望ましいと考えられる（リンゴ - 図 18）。



リンゴ - 図 17 栽植 2 年目秋の暗渠あり区（左）および暗渠なし区（右）（岩手県）



リンゴ - 図 18 圃場排水がリンゴ胴枯細菌病の発生に及ぼす影響（岩手県）
栽植後 2 年間のリンゴ胴枯細菌病発生率の推移。

●【具体例】欠木を補植する際の対策：耐性台木と植穴の 土壌改良・盛土の併用

・ M.26 台樹は、JM7 台樹よりも本病に耐性があるが、排水不良や連作障害には弱いことが知られており、補植時は土壌改良を行うのが望ましい。

- ①栽植する場所に、長さ 1m、幅 1m、深さ 30cm の植穴を掘り、土を良くほぐす（リンゴ - 図 19A）。
- ②粒状のガラス発泡資材 40L を植穴に加え、よく混ぜる（リンゴ - 図 19B）。
- ③養分を補い、盛土の高さを稼ぐため、育苗培養土等 40L を植穴に乗せ、最初に掘った土を戻しながらよく混ぜ、中心部の高さ 30 ～ 40cm の盛土を作る（リンゴ - 図 19C）。

※樹下の通気性を確保するため、ガラス発泡資材を盛土部と混ぜないようにする

- ④苗を植栽し、水を十分に与える（リンゴ - 図 19D）

※苗木が不安定になりやすいため根が盛土部にくるように植え、支柱にしっかり結束する。



リンゴ - 図 19 植穴の土壌改良と盛土の併用例（岩手県）
A ～ D が上述の①～④に対応。

・本実施例に要した資材コストと労働力

- ・以下のリンゴ - 表 4 に示す通り。

リンゴ - 表 4 補植時の土壌改良に要した費用（1 樹当たり）

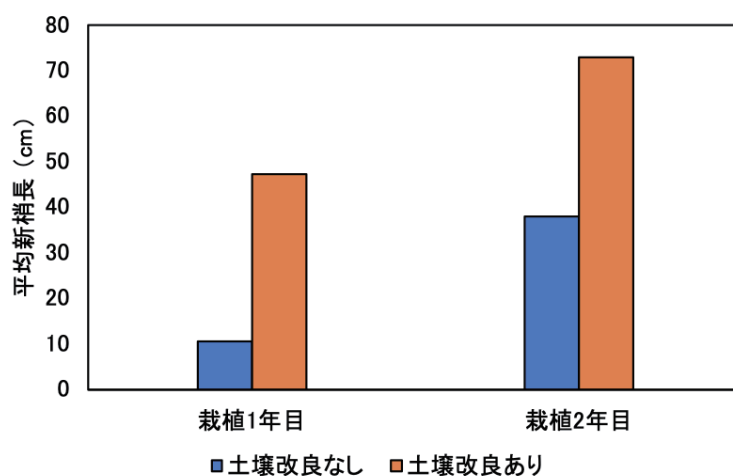
資材名	費用（円）
ガラス発泡資材	2,200
育苗培養土	3,432
計	5,632

実際の作業には男性 2 名で 6 分を要した。

10a(樹間 2m × 列間 4 m、125 樹) 当たり全樹を補植した際の資材費を算出すると 704,000 円となる。

※効果・注意点

- ・ M.26 台樹では栽植直後の枯死が減少し、生育が促進された（リンゴ - 図 20）。本改良による発病率への効果は認められず、JM7 台樹等の感受性台木では発病抑制効果を期待できないため、耐性のある M.26 台樹を用いる。
- ・ 栽植 2 ～ 3 年目において、土壌改良なし区の深さ 20cm における気相率は平均 10% 程度、透水係数は幾何平均で概ね 10^{-5} cm/ 秒以下のところ、土壌改良あり区では気相率は 18% 以上、透水係数は 10^{-4} cm/ 秒以上と有意に改善された。
- ・ 経年による盛土部の沈降が認められるため、適宜堆肥等を施用して表層土壌の厚みを確保する必要があると思われる。



リンゴ - 図 20 栽植 2 年目までのふじ / M.26 マルバ台樹の平均新梢長 (cm) (岩手県)



参考情報（果樹胴枯細菌病菌の検出法）

● 検出法について

- ・果樹胴枯細菌病を発症した樹の診断のみならず、除去後の樹体残渣、発病樹周辺の無病徴の樹や園地雑草、あるいは土壌、水等の圃場周辺環境における感染リスクを評価するには、それら試料における胴枯細菌病菌の生存状況と病原性の評価が必要となる。
- ・菌の検出法として、生物学的手法（半選択培地による方法、バイオアッセイ法）、および遺伝子検定法（PCR 法、LAMP 法）を用いる。PCR 法は *Dickeya* 属細菌を検出するが、LAMP 法は *D. dadantii* を特異的に検出する。
- ・やや選択性のある液体培地で増菌後、遺伝子検定を組み合わせ検出を行う Bio-PCR または Bio-LAMP という手法も用いられる。
- ・手法は検出を行う機関の事情・検出対象・検出目的によって使い分ける。低コストと簡便さを求めるなら生物学的手法、迅速さと正確さを求めるならば遺伝子検定法が一般的だが、遺伝子検出法は菌の生死を問わず検出することに留意する。

A. 生物学的手法

● 培地

・ NGM 培地

- ・半選択的な *Dickeya* 属菌分離培地。コロニー形状から *Dickeya* 属菌を判定するために使用。
- ・NGM 培地の組成（Lee & Yu (2006) J. Microbiol. Methods. Vol. 64, p202-206. を改変）

Beef Extract	0.3 g
ペプトン	0.5 g
寒天	1.5 g
20% グリセリン	5 ml
4% $\text{MnCl}_2 \cdot 4\text{H}_2\text{O}$	1 ml
蒸留水	Total 100ml

※ 121℃ 20 分間オートクレーブ滅菌、pH 無調整、4℃で保存。

※ $\text{MnCl}_2 \cdot 4\text{H}_2\text{O}$ は培地中に均等に分散しにくいので、別途調製した 4 % 溶液（4g の $\text{MnCl}_2 \cdot 4\text{H}_2\text{O}$ を蒸留水に溶解して 100ml とする）を 1ml 加える。

・ LEM 培地 (Hélias et al. (2012))

※ Hélias et al. (2012) Plant Pathol. Vol.62, p339-345.

- ・ 半選択的な *Dickeya* 属菌分離培地。バイオアッセイの増菌、Bio-PCR 法および Bio-LAMP 法の際の増菌に使用する。

・ LEM 培地の組成

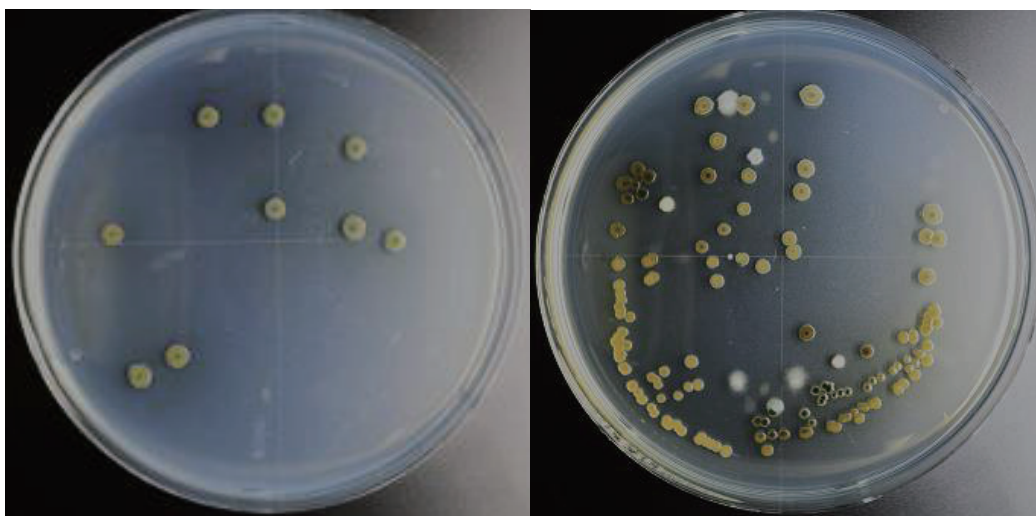
5 N 水酸化ナトリウム	20 μ l
硫酸マグネシウム七水和物	0.0375g
硫酸アンモニウム	0.1g
リン酸水素二カリウム	0.1g
ペクチン	0.17g
蒸留水	Total 100ml

注) ペクチンは Pectin Dipecta, AG366 (Agdia 社) を用いる。

※ 121℃ 20 分間オートクレーブ滅菌。

● NGM 培地でのコロニーによる識別

- ① 50ml コニカルチューブに供試土壌 3.0g、蒸留水 2.0ml を加えて蓋を閉め、十分に振り混ぜる。
5 分後に上清を 10 倍毎に 7 段階まで YP 液体培地で希釈する。
- ② 段階希釈した土壌懸濁液 0.1ml を NGM 平板培地上に滴下し、滅菌したコンラージ棒で塗布する。
- ③ 定温器内で 37℃、24 時間培養した後、室温で 72 ～ 120 時間放置し、培地上に出現したコロニーを観察する。
- ④ 目玉焼き型で、中央が茶色がかった青色に呈色したコロニーを *Dickeya* 属菌のコロニーと判断する (参考 - 図 1)。菌濃度が高い (約 10^6 cfu/ml) 汚染土壌の場合は、 $10^3 \sim 10^5$ まで段階希釈すると、コロニー同士が適度な距離に分散して、*Dickeya* 属菌が識別できる場合が多い。
- ⑤ 目視のみで確認が困難な場合は遺伝子検出法 (コロニー PCR) を行って、陽性バンドを認めた場合、*Dickeya* 属菌と判断する。



参考 - 図 1 NGM 培地上に出現する *Dickeya dadantii* のコロニー

左：約 10^1 cfu/ml に調製した *D. dadantii* 培養液を NGM 培地に希釈し塗布した例。
右：約 10^6 cfu/ml の人工汚染土壌懸濁液を 10^4 倍に希釈して NGM 培地に塗布した例。

● バイオアッセイ（ジャガイモ腐敗能の検定）

・ LEM 培地を用いた増菌（Aono et al. (2021) を改変）

※ Aono et al. (2021) JGPP. Vol. 87, p209-218.

・ 罹病残渣等の組織片

70%エタノールおよび 1 %アンチホルミンで各 30 秒間表面殺菌を行い、滅菌水で水洗後、約 10 倍量の LEM 培地で、25℃、5 日間振とう培養する。

・ 土壌

土壌試料 10g に 100ml の LEM 培地を添加し、よく混和後、25℃・5 日間静置培養する。

・ 明渠中等の水

水試料 10ml を量り取り、100ml の LEM 培地を添加し、よく混和後、25℃・5 日間静置培養する。

・ 増菌後の菌液を用いて、バイオアッセイによる検定を行う。

・ ジャガイモへの接種

※ 検定が正しく行われたかどうかを検証するため、陽性対照として果樹胴枯細菌病菌の培養液、陰性対照として LEM 培地だけの処理が必要。

・ 厚さ 5mm 程度に切断したジャガイモ塊茎切片 3 片を用い、中央部に LEM 培地で増菌培養液に浸した直径 6 mm の濾紙を置床し、増菌培養液 30μl を滴下する。

・ 試料中に胴枯細菌病菌が生存している場合、25℃、温室条件下で 5 日間静置後にろ紙貼り付け部を中心に腐敗症状が認められる（参考 - 図 2）。



参考 - 図 2 増菌液を用いたジャガイモ腐敗能検定（25℃、5 日間静置後）

左：腐敗能あり、右：腐敗能なし。

B. 遺伝子検出法

● DNA の抽出

PCR 法、LAMP 法ともに何らかの形で DNA の抽出が必要となる。樹木や土壌から得たサンプルは検出反応を阻害するようなフェノール化合物や多糖類等を含むため、PCR の場合は市販の DNA 抽出 Kit 等を用いて精製度の高い DNA を得る必要があるが、LAMP 法の場合は簡易な抽出法でも問題ない。NGM 培地上に生育したコロニーや、LEM 培地で増菌した菌からの PCR による検出は、培地の選択性である程度特定の細菌種が増加し、夾雑物も少ないことから、簡易な抽出法で問題ない。

・半選択培地（NGM 平板培地）上のコロニーからの DNA 抽出（PCR 法・LAMP 法で使用）

- ① NGM 平板培地に出現した *Dickeya* 属菌と思われる形態のコロニーを滅菌済爪楊枝で採集し、50-200 μ l 程度の滅菌水に懸濁後、沸騰水で 5 分間加熱して DNA を抽出する。

・増菌培養液（LEM 培地使用）からの DNA 抽出（Aono et al. 2021 を改変）（PCR 法・LAMP 法で使用）

※ LEM 培地での培養時間は 1 日とする。

※土壌を含む試料の増菌培養液を用いる場合は、1ml の増菌培養液を遠心分離（1,000rpm、4℃、5 分間）した後、上清 800 μ l を用いて①～④の工程を行う。

- ①増菌培養液 800 μ l を 1.5ml マイクロチューブにサンプリングし、遠心分離（8,000rpm、4℃、5 分間）して、上清を除去する。

- ②得られた沈殿を等量の滅菌蒸留水に再懸濁し、①の条件での遠心分離と上清の除去を2回繰り返して洗浄する。
- ③得られた沈殿を0.1M Tris-HCl (pH8.0) 100 μ l に懸濁し、100℃ 10 分間加熱処理して熱抽出を行う。
- ④熱抽出後の液 1 μ l を鋳型として、胴枯細菌病菌の遺伝子検定に供する。

・発病樹からの DNA 抽出（LAMP 法で使用）

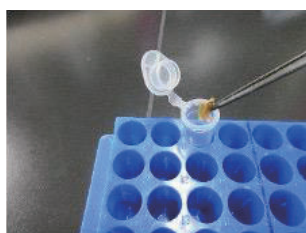
・サンプル調製

※胴枯細菌病菌が最も高密度に分布していると考えられる部位（主幹の病徴部または主幹の病徴部周辺から漏出した樹液・樹脂）がサンプルに適している。

- ①主幹の病徴部の樹皮を剥いで（参考 - 図 3-1）、形成層の部分をカッターやナイフ等で少し削り取り（5mm 四方の切片を数枚、約 10mg ～ 100mg）、1.5ml のマイクロチューブに採取する（参考 - 図 3-2）。樹液や樹脂はそのまま少量を採取する（参考 - 図 3-3）。
- ②重量比で 9 倍の 0.1M Tris-HCl (pH8.0) を加え、ボルテックスする。
- ③ 10 分間、煮沸処理する（参考 - 図 3-4）。
- ④再度ボルテックスする。10 μ l を新しい 1.5ml のマイクロチューブに採取し、0.1M Tris-HCl (pH8.0) を 40 μ l 加えてボルテックスする。樹液・樹脂の場合は、煮沸後に 50 μ l を新しい 1.5ml のマイクロチューブに採取する（0.1M Tris-HCl (pH8.0) は加えない）（参考 - 図 3-5）。サンプル内に浮遊物が多い場合は、3,000rpm で 1 分間程度遠心分離して、上清を分析に用いる。



参考 - 図 3-1 モモの主幹から採取した形成層



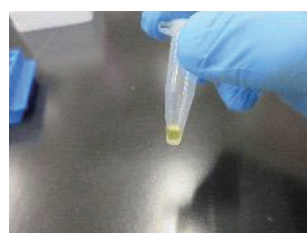
参考 - 図 3-2 1.5ml チューブに採取する様子



参考 - 図 3-3 樹脂



参考 - 図 3-4 煮沸後のチューブ



参考 - 図 3-5 DNA 抽出終了

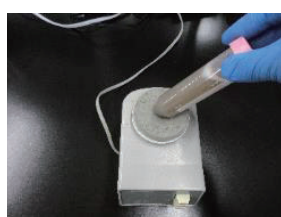
・ Kit を使用しない土壌からの DNA 抽出（LAMP 法で使用）

・ サンプル調製

- ①土壌を採取し、2mm の篩（ふるい）で石や植物根等を除去する。
 - ②土壌 1g を 50ml ファルコンチューブに採取する（参考 - 図 4-1）。土壌の拡散性を向上させるためにスキムミルクを 40mg 加える。さらに滅菌水を 40ml 加え、激しく 30 秒から 1 分間程度攪拌する（参考 - 図 4-2）。
 - ③ 10 分間、上清と沈殿がはっきりするまで静置する（参考 - 図 4-3）。
 - ④デカントで、上澄み約 40ml を新しい 50ml ファルコンチューブに移す（参考 - 図 4-4）。この際、できるだけ土壌粒子が混入しないよう注意する。
 - ⑤ SGF^{※1}（参考 - 図 4-5）を 10ml 加え、軽く混和した後、全量を約 0.2mm 目のフィルターでろ過する（図のようにフィルターホルダーを用いて吸引ろ過すると、効率的）（参考 - 図 4-6、7）。フィルターの材質やメーカーは問わないが、本ガイドブックでは防虫ネットや服の裏地等に使用されるポリエチレン製の布（テトロンゴース）を使用している。
- ※定性ろ紙は孔径が小さすぎるため不可。
- ⑥フィルター上の SGF を滅菌爪楊枝等で巻き取り（参考 - 図 4-8）、フィルターカラム（Filter Column, Favorgen）に乗せ（参考 - 図 4-9）、4,000rpm で 3 分間遠心分離した後、カラムを 1.5ml マイクロチューブに乗せかえる。フィルターカラムは、フィルター付きのピペットチップで自作することも可能（本セクション末尾「・ フィルターカラムの自作」を参照）^{※2}。
 - ⑦カラムに MightyPrep reagent for DNA（TaKaRa）（参考 - 図 4-10）を 100 μ l 加え、ヒートブロック等を使用し 95℃で 10 分間インキュベートする（参考 - 図 4-11）。
 - ⑧ 4,000rpm で 3 分間遠心分離し（参考 - 図 4-12）、カラムを取り外す（カラムは廃棄する）。
 - ⑨さらに 15,000rpm で 2 分間遠心分離し、上清を新しい 1.5ml マイクロチューブに移し、これを DNA サンプルとする。



参考 - 図 4-1 土壌
計量の様子



参考 - 図 4-2 ポル
テックスして混和



参考 - 図 4-3 静置
後の沈殿



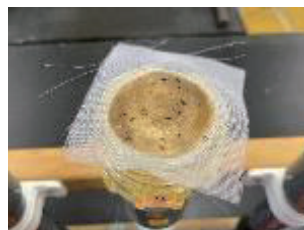
参考 - 図 4-4 上清
のデカント



参考 - 図 4-5 作成した
SGF



参考 - 図 4-6 フィルター
ホルダーでの吸引過



参考 - 図 4-7 フィルター上
に残った SGF を含む過物



参考 - 図 4-8 SGF の
回収



参考 - 図 4-9 SGF を
カラムへ移す



参考 - 図 4-10 MightyPrep
reagent for DNA (TaKaRa)



参考 - 図 4-11 ヒート
ブロックによる加熱処理



参考 - 図 4-12 遠心後
のチューブ

・*¹SGF (Suspended Glass Fiber)

ガラス繊維ろ紙を細かく砕いて水に懸濁させたもの。DNA がガラス繊維に吸着される特徴を利用して、微量な DNA を濃縮・回収するために使用する。SGF は GA55 (Advantec) や GF/A (Cytiva) 等の市販のガラス繊維ろ紙に滅菌水を適量加え、破砕機 (例 Tissue Lyser, Qiagen) で作成する (Tissue Lyser の場合は 25Hz で 15 秒間破砕処理)。SGF を利用した DNA の濃縮・回収法 (SGF 法) は愛知県が特許を取得済み (特許第 7428326 号)。

・*² フィルターカラムの自作

1ml のフィルター付きチップ（例 ビオラモサクラチップ V-1000FH）を切断し（参考 - 図 5-1、2）、フィルターの付いているほうを 2ml チューブに挿入する（参考 - 図 5-3）



参考 - 図 5-1 切断前のチップ



参考 - 図 5-2 切断後のチップ



参考 - 図 5-3 チューブへ挿入

・Kit を使用した土壌からの DNA 抽出(PCR 法・LAMP 法で使用)

※ここでは土壌からの DNA 抽出には NucleoSpin Soil を用いる。日鉄環境の環境試料 DNA 抽出キットや他社の土壌 DNA 抽出キットでも良い。

① 袋に入っている土壌をなるべくまんべんなく混ぜる。

（固まっている、凍っている場合は、ある程度時間をかけて行う）

② ユニパックやラミジップ等のビニル袋または 50ml のファルコンチューブに、5.0g の土を入れ、15ml の蒸留水を加え、よく混ぜる。

③ 5g の土に対して 0.2g のスキムミルクを加え、よく混ぜる。スキムミルクを添加することで土壌の拡散が促進され、土壌中の腐食酸等の DNA 抽出阻害物質や PCR 阻害物質の混入を抑制することができる（Takada-Hoshino and Matsumoto, (2004) Microbes Environ. Vol. 19, p13-19.、星野（高田）2005 植物防疫. 59 号, p320-323.）。

※ 15ml の蒸留水にスキムミルクを加える代わりに、あらかじめ無菌的に調製した 134mg/ml スキムミルク水溶液を用いてもよい。

④ 0.5ml 分を NucleoSpin Soil キットの MN Bead Tube Type A に入れる（参考 - 図 6）。



参考 - 図 6 MN Bead Tube Type A に入れた水に懸濁した土壌およびそこに更にスキムミルクを添加したもの

左から、0.5ml の園芸培土水（スキムミルク無し）、園芸培土（スキムミルク有り）、荒木田土（スキムミルク無し）、荒木田土（スキムミルク有り）。

- ・ 以下は Kit のプロトコルに従う。

※ DNA 抽出後に Zymo Research 社の OneStep PCR Inhibitor Removal Kit を用いて DNA を精製した方が良好な結果となる。

・ 1 検体あたりのコスト試算

- ・ NucleoSpin Soil (TaKaRa, 740780.50, 50 回分) 49,000 円

- ・ スkimミルク (富士フィルム和光, 190-12865, 500g) 4,730 円

$$1 \text{ サンプル} = (49,000 \text{ 円} \div 50 \text{ 回}) + (4,730 \text{ 円} \div 500\text{g} \times 0.2\text{g}) = 980 \text{ 円} + 1.9 \text{ 円} = 982 \text{ 円}$$

※ OneStep PCR Inhibitor Removal Kit (Zymo Research, D6030, 50 回分) 29,000 円
使用の場合、1 サンプルあたり 580 円の加算。

● LAMP 法による検定

・ 事前のプライマー合成およびプライマーミックスの作成

- ・ プライマー配列 (各 100 μ M)

F3; 5' - CGACCACGTCACCATCAG -3'

B3; 5' - GTGACGTGCAGCTTACCTT -3'

FIP; 5' - TATCCAGTGCGCCATCGTGCCGATGACATGTACACCACCA -3'

BIP; 5' - TCCGACTACGTGACCATCTCCAGTGTGCTGTGACCAATCA -3'

Floop; 5' - GGACATAAGTTTCGCCGTCTT -3'

Bloop; 5' - ACAGCCTGTTCGATCAGCA -3'

- ・ プライマーミックスの作成 (総量 100 μ l、約 31 検体分)

F3	1.25 μ l
B3	1.25 μ l
FIP	10.0 μ l
BIP	10.0 μ l
Floop	5.0 μ l
Bloop	5.0 μ l
滅菌水	67.5 μ l
合計	100.0 μ l

・濁度検出の場合

・反応試薬

① -1：市販の試薬をそのまま使用する場合

LAMP MASTER for Turbidity (ニッポンジーン, 311-08961)

・表のとおり LAMP 反応液（プレミックス液）を作成し、0.2mlPCR チューブに分注する

	1 本当たり
2 x LAMP MASTER	10.0 μ l
プライマーミックス	3.2 μ l
滅菌水	5.8 μ l
合計	19.0 μ l

① -2：下表の試薬を混合して自作反応試薬ミックスを作成する場合

1M Tris-HCl (ニッポンジーン, 311-90395)、5M ベタイン溶液 (富士フィルム和光, 028-16294)、dNTP Set, 100 mM Solutions (Cytiva, 28406552)、Bst DNA Polymerase (ニッポンジーン, 311-07481)

・自作反応試薬ミックス

	100 本分
1M Tris-HCl	40 μ l
1M KCl	20 μ l
10% Tween20	20 μ l
5M ベタイン溶液	320 μ l
100mM MgSO ₄	200 μ l
1M (NH ₄) ₂ SO ₄	20 μ l
dNTP Set, 100 mM Solutions	28 μ l $\times$ 4
滅菌水	268 μ l
合計	1,000 μ l

※自作反応試薬ミックスは－30℃で長期保存可能。

・表のとおり LAMP 反応液（プレミックス液）を作成し、0.2mlPCR チューブに分注する。

(自作反応試薬ミックスを使用する場合)	1 本当たり
自作反応試薬ミックス	10.0 μ l
Bst DNA Polymerase	0.8 μ l
プライマーミックス	3.2 μ l
滅菌水	5.0 μ l
合計	19.0 μ l

- ②① -1、① -2ともにプレミックス液に 1 μ l の鋳型 DNA を加える。
- ③リアルタイム濁度計 (Loopamp EXIA 栄研化学、MyAbscope カネカ) 等で 65℃、40 分間インキュベートする。なければ PCR 装置またはヒートブロックを使用する。
- ④リアルタイム濁度計で増幅曲線を確認して判定をする。ヒートブロック使用の場合は PCR チューブを取り出し、反応液が濁っていれば陽性、透明であれば陰性と判定する (参考 - 図 7)。



参考 - 図 7 反応後の様子

左が陽性、右が陰性。陽性の場合反応液が白濁し、陰性の場合は透明のままとなる。

・リアルタイム PCR 装置による蛍光検出の場合 (機種 StepOne, ThermofisherScientific)

・反応試薬

LAMP MASTER for Fluorescence (ニッポンジーン, 317-08941)

- ① LAMP 反応液 (プレミックス) を作成し、0.1mlPCR チューブに分注する。

	1 本当たり
LAMP MASTER for Fluorescence	10.0 μ l
10 $\times$ Intercalation Mix (LAMP MASTER for Fluorescence に同梱)	2.0 μ l
プライマーミックス	3.2 μ l
滅菌水	3.8 μ l
合計	19.0 μ l

- ②プレミックス液に 1 μ l の鋳型 DNA を加える。
- ③ qPCR 装置の機器設定 (StepOne) および LAMP 反応
 - 1 [Quantitaion-Comparative CT]、[SYBR-Green Reagents] を選択。
 - 2 Rox 補正を外す。

3 [反応条件]

反応温度	時間	サイクル数
65℃	2 min	15
98℃	15 sec	1
75℃	1 min	1
+ 0.2℃		
95℃	15 sec	1

④ Melt Curve で、約 89℃にピーク値が確認された場合を陽性と判定する。

・ **1 検体当たりのコスト試算 ※プライマーは除く**

・ 濁度検出

LAMP MASTER for Turbidity (ニッポンジーン, 311-08961, 375 回分) 45,000 円

1 サンプル = 45,000 円 ÷ 375 回 = 120 円

・ 蛍光検出

LAMP MASTER for Fluorescence (ニッポンジーン, 317-08941, 375 回分) 55,000 円

1 サンプル = 55,000 円 ÷ 375 回 = 147 円

● PCR 法による検定

・ 土壌、植物体やコロニーからの *Dickeya* 属細菌遺伝子検査手法

・ プライマー配列

ADE1; 5'-GATCAGAAAGCCCGCAGCCAGAT-3'

ADE2; 5'-CTGTGGCCGATCAGGATGGTTTGTCTGC-3'

(複数の *Dickeya* 属菌を検出。Nassar et al. (1996) Appl. Environ. Microbiol. 62, p2228-2235.)

・ 反応試薬

TaKaRa Ex Taq Hot Start Version (タカラバイオ, RR006) (以下 HS)

① PCR 反応液 (プレミックス) を作成

	1 本当たり
TaKaRa Ex Taq HS (5 U/ μ l)	0.01 ~ 0.05 μ l
10 × Ex Taq Buffer (Mg_2+ plus)	2.0 μ l
dNTP Mixture (各 2.5 mM)	1.6 μ l
ADE1 (10 μ M)	0.5 μ l
ADE2 (10 μ M)	0.5 μ l
滅菌水	~ 13.3 μ l
Total	18.0 μ l

②プレミックスに 2 μl の鋳型 DNA を加える

③ PCR 反応条件

(1) 通常は De Boer et al. 2017. のサイクルで反応させる。

温度	時間	サイクル数
95℃	7 min	1
95℃	30 sec	40
72℃	30 sec	
72℃	7 min	1
4℃	∞	

De Boer et al. (2017) In Detection of Plant-Pathogenic Bacteria in Seed and Other Planting Material, Fatami, Walcott, Schaad (eds). p26.

(2) オプション ((1)のサイクルで良好な結果が得られない場合、アニーリングと伸長温度を同じ 68℃ の 2 サイクルとする)

温度	時間	サイクル数
96℃	7 min	1
96℃	30 sec	40
68℃	1 min	
72℃	7 min	1
4℃	∞	

④電気泳動を行う。450bp の位置に目的のバンドが得られる。

・ 1 検体当たりのコスト試算 ※プライマーおよび電気泳動に係るコストは除く

TaKaRa Ex Taq Hot Start Version (タカラバイオ, RR006A, 250U) 35,000 円

1 サンプル = 7 ~ 35 円 (1,000 ~ 5,000 反応分)

● Bio-PCR 法による検定

・ プライマー配列

ADE1 および ADE2

※前述の「土壌・植物体やコロニーからの *Dickeya* 属細菌遺伝子検査手法」のプライマーと同じ。

・ 反応試薬

TaKaRa MightyAmp DNA Polymerase Ver.3 (タカラバイオ, R076)

① PCR 反応液（プレミックス）を作成

	1 本当たり
MightyAmp DNA Polymerase (1.25 U/ μ l)	0.4 μ l
2 × MightyAmp Buffer Ver.3 (Mg ₂ +, dNTP plus)	10.0 μ l
10 × Additive for High Specificity	2.0 μ l
ADE1 (10 μ M)	1.0 μ l
ADE2 (10 μ M)	1.0 μ l
滅菌ミリ Q 水	3.6 μ l
Total	18.0 μ l

② プレミックスに 2 μ l の鋳型 DNA を加える

③ PCR 反応条件

前述の「土壌、植物体、コロニーの *Dickeya* 属細菌遺伝子検査手法」③（２）のオプションサイクルに準じて行う。

・ **1 検体当たりのコスト試算 ※プライマーおよび電気泳動に係るコストは除く**

MightyAmp DNA Polymerase Ver.3（タカラバイオ, R076A, 250U）39,000 円

1 サンプル（0.5U 使用）＝78 円

問い合わせ先一覧

※本ガイドブック、および生産者・普及現場向けのリーフレットの PDF ファイルのダウンロード用 URL

https://www.naro.go.jp/publicity_report/publication/laboratory/nipp/manual/index.html

※本ガイドブックの記載内容に関するお問い合わせ先

- 国立研究開発法人農業・食品産業技術総合研究機構

総合問い合わせ URL : <https://www.naro.go.jp/inquiry/index.html>

※内容に応じたお問い合わせ先

- モモ

岡山県農林水産総合センター 農業研究所

TEL : 086-955-0271

URL : <https://www.pref.okayama.jp/site/22/>

福島県農業総合センター 果樹研究所

TEL : 024-521-4199

- ナシ

佐賀県農林水産部 果樹試験場

TEL : 0952-73-2275

URL : <https://www.pref.saga.lg.jp/kiji00322166/index.html>

- リンゴ

岩手県農業研究センター

TEL : 0197-68-2331

URL : <https://www.pref.iwate.jp/agri/nouken/>

- 菌の検出法

愛知県農業総合試験場

TEL : 0561-41-9514

東京農業大学

TEL : 03-5477-2650

URL : <https://www.nodai.ac.jp/general/>

本資料は、「私的利用」または「引用」など著作権法上認められた場合を除き、無断で転載、複製、放送、販売などの利用は不可。

