

圃場・種イモの診断に基づく ショウガ青枯病防除 標準作業手順書

—HP 公開版—



改訂履歴

版数	発行日	改訂者	改訂内容
第1版	2021年1月29日	松村 正哉	初版
第2版	2021年4月26日	松村 正哉	付録：還元消毒用資材選択の手引きの追加
第2版 (訂補)	2024年4月18日	山本 勝利	資材価格等経費の情報更新とそれにと もなう経営収支評価の数値、青枯 病被害面積等の情報更新

最終更新日 2024年4月18日

目次

はじめに	1
免責事項	2
I. ショウガ青枯病の発生と課題	3
1. ショウガ青枯病とは	3
2. 本課題の背景	4
II. 診断・防除の概要と特徴	5
III. 病害発生時の対処方法	6
1. 発病植物の病徴観察	7
2. 診断・同定	9
3. 発病圃場の応急措置	11
IV. 圃場対策	13
1. 圃場の聞き取り調査・土壌採取	14
2. 土壌中の病原菌調査	18
3. 汚染程度の判定	19
4. 土壌対策の選択	20
5. 圃場の消毒対策	21
V. 種イモ対策	28
1. 種イモの外見調査	29
2. 物理的防除（温湯消毒）	30
3. 種イモ内部の病原菌調査	32
VI. 防除に必要な費用・機材等	33
1. 低濃度エタノール土壌還元消毒	33
2. 石灰窒素を用いた太陽熱土壌消毒	33
3. 種イモの温湯消毒	34
VII. 現地実証事例	35
VIII. 経営収支評価	40
IX. 用語解説	43
参考資料	44
担当窓口、連絡先	46
付録：還元消毒用資材選択の手引き	

(別冊)	
免責事項	1
参考情報	2
1. 選択培地の作成と青枯病菌の分離方法	2
(1) 選択培地 (改変 SMSA 寒天平板培地) の作成方法	2
(2) 青枯病菌の分離培養	4
2. Bio-PCR 法による青枯病菌の検出・定量法	5
(1) 前培養・DNA 抽出	5
(2) PCR	7
(3) アガロースゲル電動泳動	9
(4) MPN 法による定量	11
3. 土壌還元消毒による還元状態の確認方法	12
(1) 酸化還元電位の低下	12
(2) 金属イオン (2 価鉄) の検出法	14
土壌消毒実施事例集	15
1. 低濃度エタノール土壌還元消毒	19
・ 実施事例 No.1 土佐市 (壤土、赤黄色土)	19
・ 実施事例 No.2 土佐市 (壤土、赤黄色土)	24
・ 実施事例 No.3 土佐市 (壤土、低地水田土)	25
・ 実施事例 No.4 土佐市 (壤土、灰色低地土)	25
・ 実施事例 No.5 土佐市 (壤土、赤黄色土)	32
・ 実施事例 No.6 土佐市 (壤土、灰色低地土)	35
・ 実施事例 No.7 四万十町 (壤土、褐色低地土)	39
・ 実施事例 No.8 土佐市 (壤土、灰色低地土)	42
・ 実施事例 No.9 四万十町 (壤土、褐色低地土)	45
2. 石灰窒素を用いた太陽熱土壌消毒	47
・ 実施事例 No.1 土佐市 (壤土、赤黄色土)	47
・ 実施事例 No.2 土佐市 (壤土、赤黄色土)	49
参考資料	52
担当窓口、連絡先	53

はじめに

ショウガは日本古来の作物であり、農地維持のためにも重要な品目ですが、1997 年以降に発生した青枯病の蔓延により甚大な被害を受けています。ショウガの最大の生産県である高知県では、2022 年の青枯病発病面積率は約 5%、県全体の減収は 350 t、被害額は約 2.5 億円と見積もられています。また、ショウガ栽培が盛んな九州地域などにおいても、青枯病による被害が相次いで報告され、産地の存続をおびやかす重要病害となっています。

ショウガ青枯病の防除試験はこれまでほとんど行われておらず、有効な農薬も報告されていませんでした。生産現場では、発病株の早期抜き取りと発病圃場での栽培を回避するといった対策が行われていますが、抜本的な問題解決には至っていません。

我々は、ショウガ青枯病の被害を大幅に低減可能な総合防除体系を構築することを目的に、農研機構生研支援センター「イノベーション創出強化研究推進事業」の課題（ショウガ科作物産地を維持するための青枯病対策技術の開発（2017～2019）において、「ショウガ青枯病菌の簡易かつ特異的な検出・診断法」や「低濃度エタノール土壌還元消毒法」などの消毒技術を開発し、これらの成果の内容を関係者の皆様に迅速かつ正確にお伝えするために「圃場・種イモの診断に基づくショウガ青枯病防除標準作業手順書（SOP）」としてとりまとめました。

関係者の皆様におかれましては、生産地域の実情にあった防除対策を行うために、本 SOP をご利用いただければ幸いです。

■ 免責事項

- 農研機構は、利用者が本手順書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いません。
- 本手順書は営農指導員、普及員、公設試験場研究員など専門的な知識を有する指導者向けとなっています。別冊の参考情報に記載された病原の分離・検出・定量方法や還元状態の確認方法を実施する場合は必ず上記の指導者にご相談ください。
- 本手順書に記載した「低濃度エタノール土壌還元消毒」、「石灰窒素を用いた太陽熱土壌消毒」に関する試験結果は、あくまでも高知県内において実施した例を示しています。これら技術の効果は、地域、気候条件、実施時期、実施条件などに左右されるものであり、本手順書内に示した収量や経済効果が得られることを保証するものではありません。

I. ショウガ青枯病の発生と課題

1. ショウガ青枯病とは

植物病原細菌 *Ralstonia solanacearum* レース 4*によって引き起こされる病害です(堀田・土屋、2012)。本病原菌は栽培土壌中に生息し、ショウガの根から感染して地上部を萎凋・枯死させるとともに、周囲の土壌に伝播し、しばしば壊滅的な被害を引き起こします。また、発病植物では子イモにも感染し、これを種イモとして定植すると生育不良や腐敗を引き起こすと同時に周辺土壌に青枯病菌が拡散して土壌汚染させます(図 I - 1)。

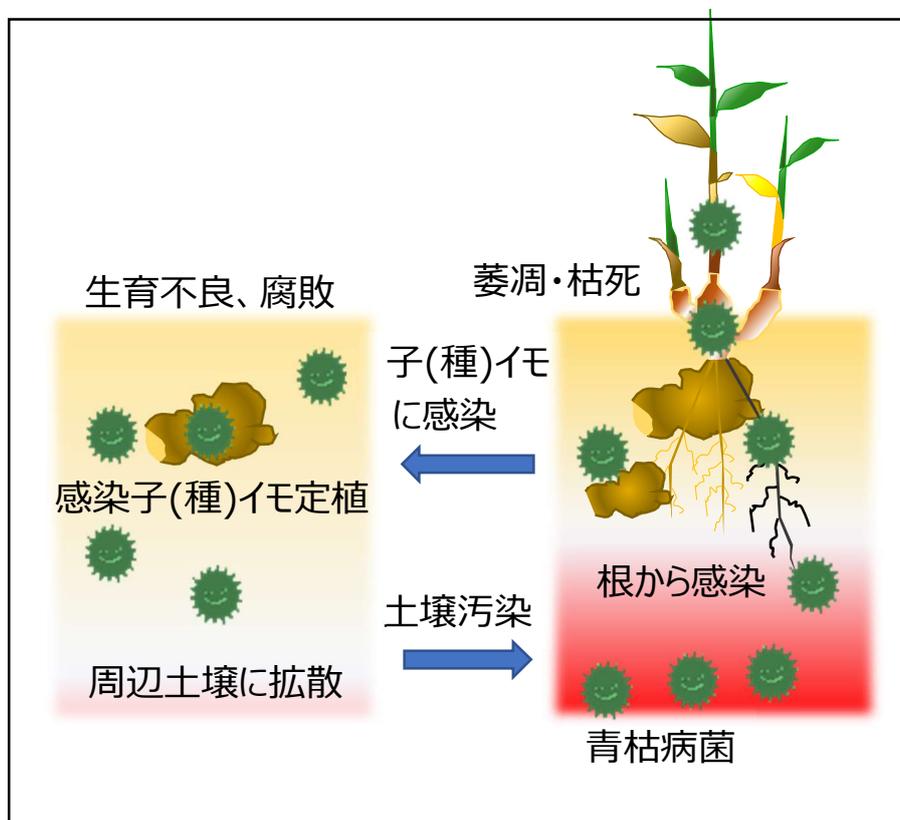


図 I - 1 ショウガ青枯病菌の伝染環

- * 青枯病菌は宿主範囲の違いにより5つのレースに分けられています。レース4はショウガ科作物(ショウガ、ミョウガ、ウコン、クルクマ等)にのみ病原性を示します。国内ではレース1(トマト、ナス等ナス科作物、花き類等多種の植物を犯す)、レース3(ジャガイモを犯す)も報告されていますが、これらはいずれもショウガ科作物に病原性を示しません。

2. 本課題の背景

- ショウガ青枯病の発生状況

ショウガに発生する青枯病は、植物全体を枯死、腐敗させるため、発病株は全く収穫・出荷できず、本病の発生は出荷量の減少に直結しています。

ショウガの最大の生産県である高知県では、1997年に青枯病を初確認して以降、毎年のように被害が発生・拡大し、2015年の発病面積率は約20%、県全体の減収は1,400 tに達しました。直近の情報（2022年）では、発病面積率は約5%、発病圃場では4割近く減収するため、県全体の青枯病による減収は約2%、350 tで、被害額は約2億5千万円に相当します。ショウガ栽培の多い九州地域（長崎県、熊本県、宮崎県、鹿児島県）、和歌山県、島根県、栃木県においても青枯病が発生しており、高知県と合わせて約650 tの減収、被害額は4億円程度と見積もられています。

- これまでの対策と問題点

ショウガ青枯病の防除試験はこれまでほとんど行われておらず、有効な農薬も報告されていません。生産現場では、発病株の早期抜き取りと発病圃場での栽培を回避するといった対策が行われていますが、抜本的な問題解決には至っていません。耕地面積の狭い高知県では代替となる圃場の確保が難しく、このままでは産地の維持が困難になると考えられ、生産現場からは、ショウガ青枯病の防除対策の確立が強く求められています。

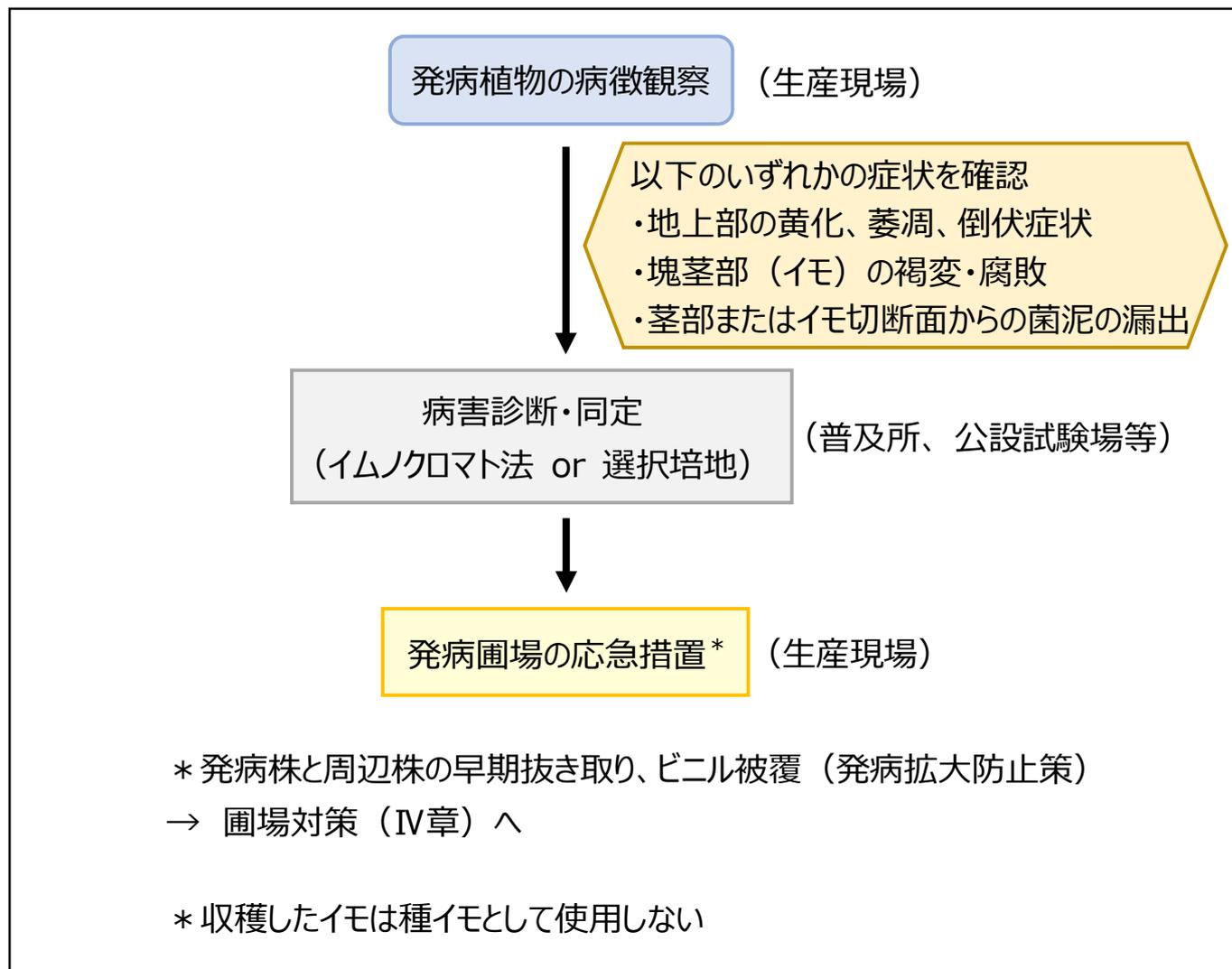
Ⅱ. 診断・防除の概要と特徴

診断・防除の概要

- 本手順書では、「**病害発生時の対処方法**（病気の診断・同定方法、圃場の応急措置）」、「**圃場対策**（土壌中の病原菌の調査方法、土壌消毒対策）」、「**種イモ対策**（汚染イモの調査方法、温湯消毒対策）」の主に3つの場面に分けて説明します。
- ショウガは関東以西の温暖な地域で3～11月頃に主に露地で栽培されており、特に高知県や九州での生産量が多いです。青枯病の防除（土壌消毒）対策として、「**低濃度エタノール土壌還元消毒**」と「**石灰窒素を用いた太陽熱土壌消毒**」を紹介します。いずれの土壌消毒も夏場で地温が最低 25℃以上確保出来る時期（7～9月頃）に行う必要があります。
- 本手順書は営農指導員、普及員、公設試験場研究員など専門的な知識を有する指導者向けとなっています。

Ⅲ. 病害発生時の対処方法

- 生産圃場で青枯病が疑われる症状が発生した場合は、以下の手順（図Ⅲ-1、フローチャート1）で対処していきます。



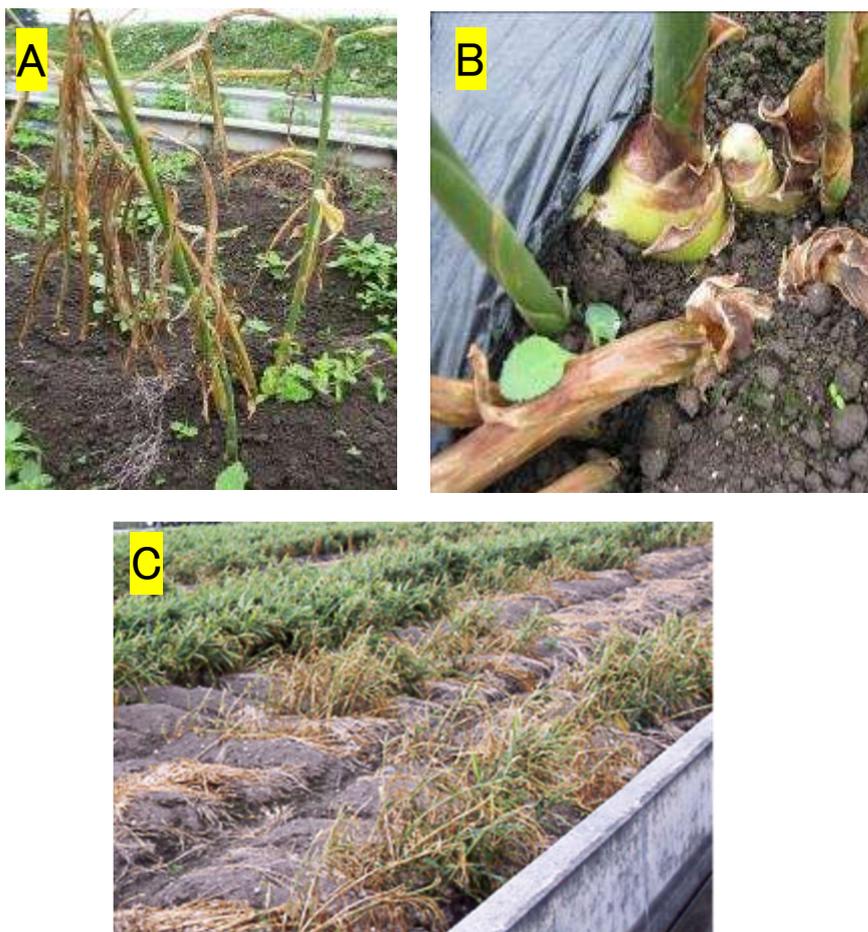
図Ⅲ-1 病害発生時の対処方法（フローチャート1）

1. 発病植物の病徴観察

(1) 地上部の黄化、萎凋、倒伏症状

青枯病に感染した植物では、まず、下位の2～3葉が黄化、萎凋し、その後、地上部全体が黄化・萎凋し、最終的に倒伏、枯死してしまいます（図Ⅲ-2A、B）。

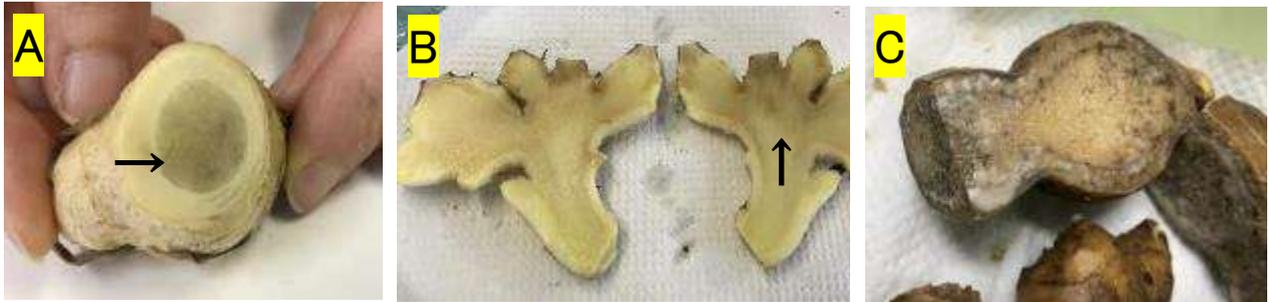
発病株周辺ではその後、降雨などの水を介して周囲に伝播し、次々と発病、枯死していき（図Ⅲ-2C）、最終的に圃場全体に拡大して、壊滅的な被害を受けることがあります。



図Ⅲ-2 青枯病の地上部の病徴

(2) 塊茎部（イモ）の褐変、腐敗

青枯病に感染した塊茎部（イモ）は、褐色に腐敗し（図Ⅲ-3A、B）、切断面から青枯病菌の菌泥が出てくる様子も観察されます（図Ⅲ-3C）。病徴が進むと、イモ全体が腐敗・流失して消えてしまいます。



図Ⅲ-3 塊茎部（イモ）の病徴

矢印は褐色に腐敗した部位を示す

(3) 茎部またはイモ切断面からの菌泥の漏出

発病植物の茎部（偽茎）およびイモを切断し、これを水につけてしばらく放置すると、内部から乳白色の菌泥が流出するのが観察できます（図Ⅲ-4）。



図Ⅲ-4 切断面からの菌泥の漏出

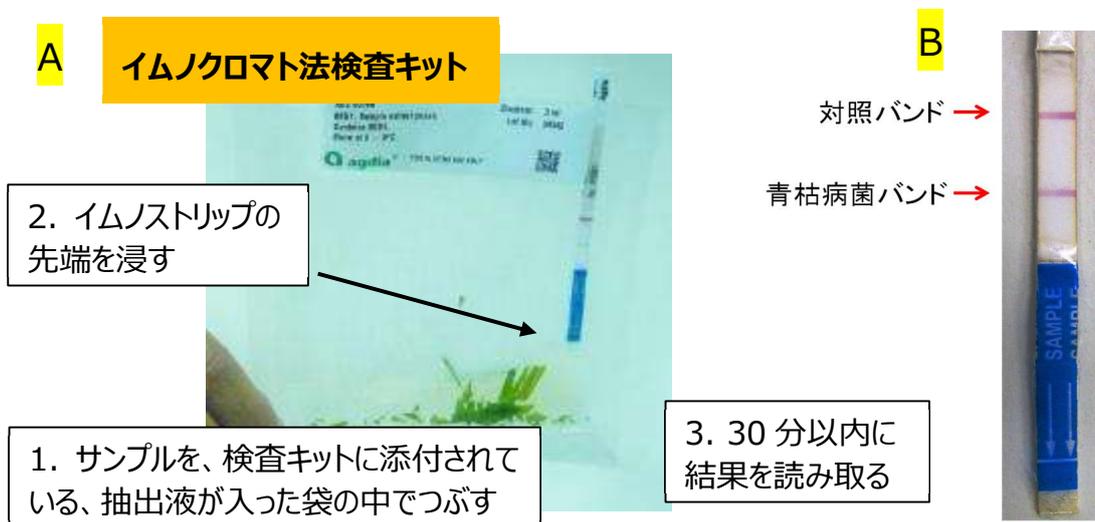
上記のいずれかの症状が見られた時には青枯病の可能性が高いと考えられます。

2. 診断・同定

- 普及所や公設試験場等で行います。**イムノクロマト法**か、**選択培地を用いた方法**のいずれかを用います。イムノクロマト法が比較的短時間で結果が出ますが、選択培地を用いた方法に比べて費用がかかるため、次ページの表Ⅲ-1を参考に選択してください。

(1) イムノクロマト法

発病した植物の茎、イモをハサミ等を用いて細断後、検査キット（Agdia 社、Rs イムノストリップ 青枯病）に添付されている、抽出液の入ったポリエチレンの袋に入れて、外側からペン先等を用いてつぶします。その後、イムノストリップの先端を浸して静置し、30分以内に結果を読み取ります（図Ⅲ-5A）。所定の位置に青枯病菌のバンドと対照バンド（サンプルが診断に適さない状態の場合はバンドが出てこない）が見られた時には陽性（青枯病）と判断します（図Ⅲ-5B）。



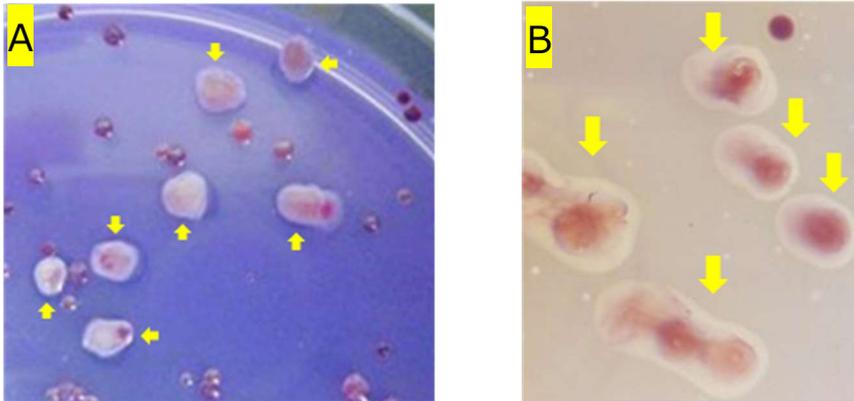
図Ⅲ-5 イムノクロマト法による青枯病の診断

A：検査キットの使用方法

B：診断結果（青枯病菌バンドの有無）写真の場合は陽性と判断

(2) 選択培地（改変 SMSA 寒天平板培地）

発病植物の茎やイモを切断後、滅菌蒸留水を加えてすりつぶしたものを青枯病菌分離用の選択培地（堀田・土屋、2012；別冊（p.2～3）参照）に塗抹し、30℃で3日間程度培養します。すると、乳白色で内部に赤色で輪紋状（培地の裏から見るとわかりやすい）の模様を呈した特徴的な集落（コロニー）を形成します（図Ⅲ-6A, B）。



図Ⅲ-6 選択培地を用いた青枯病菌の検出

A:表側、B:裏側、黄色の矢印で示したコロニー

表Ⅲ-1 青枯病の診断、病原菌の検出・同定および菌密度測定に用いる方法の特徴

方法	目的	所要時間	費用*	特徴
イムノクロマト法	病害診断 病原菌の同定	30分以内	約1,200円/本	簡便、費用高め
選択培地	病原菌検出・同定 菌密度測定	3～4日	20～30円/枚	簡便、費用低め
Bio-PCR法	病原菌検出・同定 菌密度測定	2日	200円以上/点	土壌からの検出感度高い (1個以上/g土) 専用機器、試薬類必要

Bio-PCR法は、IV章（p.13～）の土壌からの青枯病菌の検出・同定、菌密度測定にのみ用います。

*費用は2023年末の価格をもとに記載

3. 発病圃場の応急措置

(1) 発病株の抜き取り

発病株およびその周囲 2 m の株を全て抜き取るとともに、抜き取った土壤に雨水や灌漑水が直接当たらないよう被覆しておきます（図Ⅲ-7）。

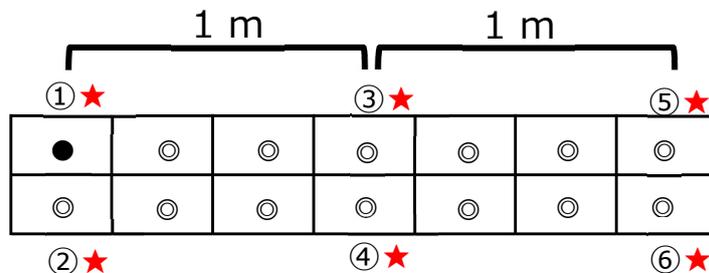
対処が遅れた場合、降雨や灌水処理で青枯病菌が土壤と一緒に流出して、被害を拡大させてしまう可能性が高いためです。

我々が汚染圃場（発病後、被覆せずに放置）で菌密度を調査した例では、発病株の株元の密度が最も高く、その周囲 2 m の土壤からも青枯病菌が検出されました（図Ⅲ-8、表Ⅲ-2）。発病株隣（図Ⅲ-8 の②地点）よりも、対角線上に 1 m 離れた④地点で菌密度が高い理由として、降雨等により病原菌が土壤表面で流出した可能性が考えられます。

一方、発病直後に発病株と周辺株を抜き取って被覆した場合、その後の土壤調査で病原菌が検出されなくなった事例があります（図Ⅳ-2 の B 圃場（p.15））。



図Ⅲ-7 発病株周辺の抜き取りと被覆処理



図Ⅲ-8 発病株周辺土壤中の青枯病菌の分布（調査例）

- 発病株、○ 健全株、①～⑥ 調査地点、★ 病原菌検出箇所

表Ⅲ-2 発病株周辺土壌中の青枯病菌密度（深さ 0～30 cm）

調査地点	菌密度 (個数/g 土)
①発病株	390,000
②発病株隣	33
③1 m	<33
④1 m	2,300
⑤2 m	<33
⑥2 m	<33

(2) 収穫したイモは種イモとして利用しない

発生圃場で収穫したイモを種イモとして利用してはいけません。青枯病菌は降雨等によって広範囲に土壌中を移動し、イモに感染するためです。症状が見られなくても感染している場合があります、一部は、貯蔵後に腐敗します（表Ⅲ-3）。

表Ⅲ-3 青枯病発生圃場で採取したイモの汚染程度（調査例）

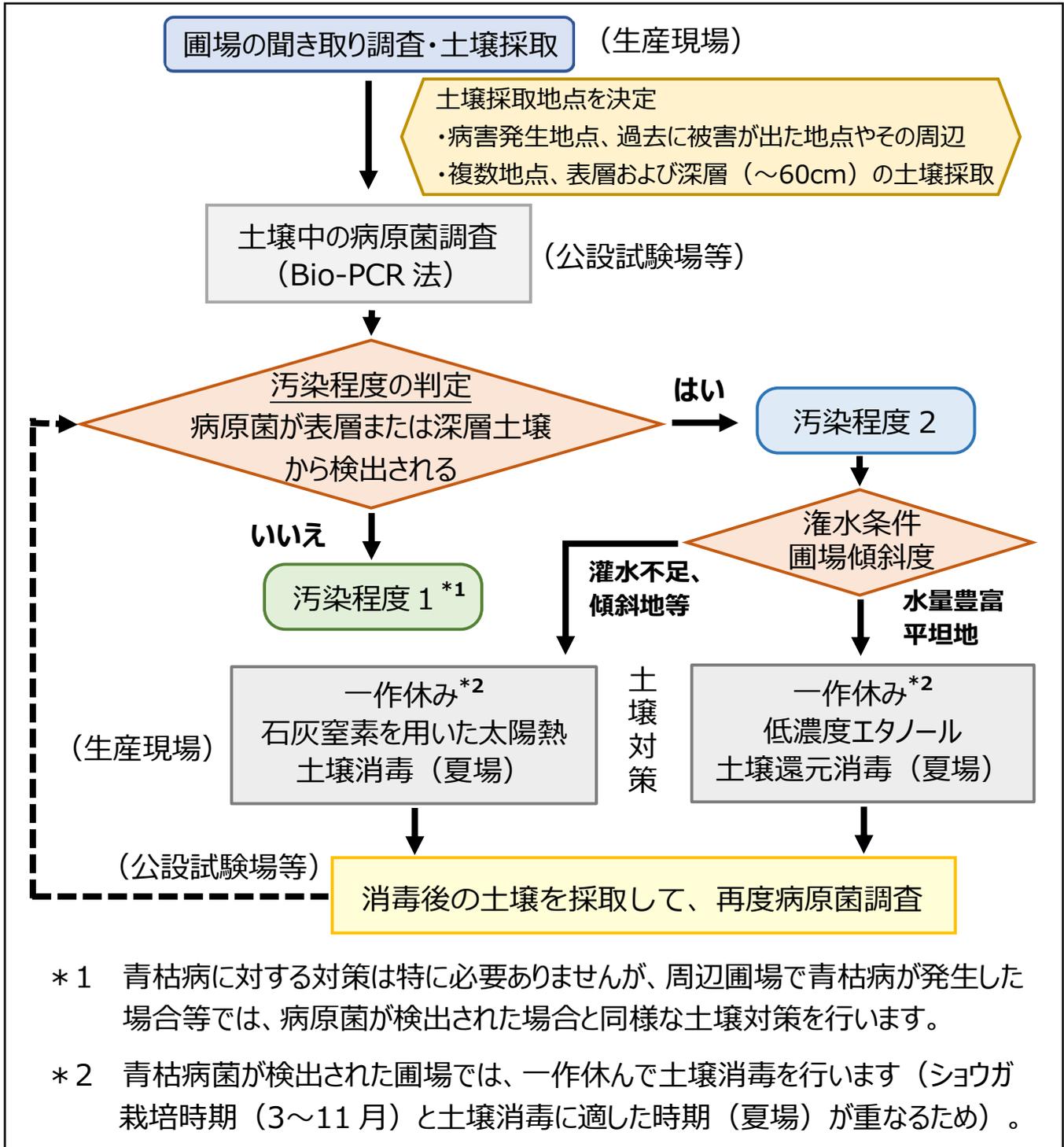
採取株 (地上部の症状)	採取 個数	イモの症状 (個数)	貯蔵後の 腐敗個数
発病株	13	有 (13)	11
未発病株	25	有 (4)	3
		無 (21)	4

有：異常（褐変、軟化）あり

無：異常なし

IV. 圃場対策

- 青枯病が発生した圃場では、栽培終了後に以下の手順（図IV-1、フローチャート 2）で圃場対策を行います。



図IV-1 圃場対策（フローチャート 2）

1. 圃場の聞き取り調査・土壌採取

(1) 聞き取り調査

それぞれの圃場に適した対策を行うには、圃場内の青枯病発生状況等を基に、土壌中の青枯病菌の汚染程度を調査することが重要になってきます。圃場の青枯病菌汚染状況を調べるため、まず関係者に聞き取り調査を行うことで、土壌採取地点を決定し、土壌中の病原菌の分布や菌密度を調査します（表IV-1）。

表IV-1 聞き取り調査項目

調査項目	記入欄	圃場内・周辺の地図と発病地点、土壌採取地点
圃場の面積・区画		
発生時期（年月日）		
被害面積（株数 or %）		
初発生 or 過去にも発生		
発生後の処理状況 周辺抜き取り・被覆 or 無処理		
その他（過去に発生した場合は、その時の発病状況、発病後の圃場の管理状況等）		

(2) 土壌採取

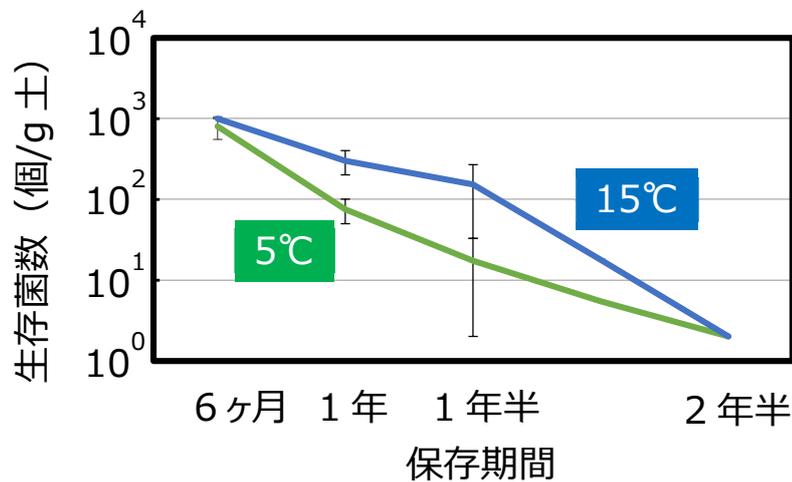
- 1) 青枯病菌は発病株の株元周辺に高密度で生存していると考えられますので（Ⅲ章表Ⅲ-2 (p.12) 参照）、**まず発生箇所を重点的に採取します。採取地点をメモしておきます（表Ⅳ-1）。**
- 2) 青枯病菌は土壌の深層部にも侵入・生存している場合が多いことを考慮して（表Ⅳ-2）、**できるだけ深いところ（60 cm 程度）まで掘り下げて土壌を採取します。**
- 3) 発病株の株元以外の周辺土壌にも広範囲に存在している可能性が高いので（表Ⅳ-2、Ⅲ章表Ⅲ-2 (p.12)）、**周辺（2m 以上離れた複数の箇所）からも採取します。**

表Ⅳ-2 青枯病発生圃場の病原菌分布調査

圃場	発生状況	発生箇所	土壌採取箇所	病原菌検出箇所	採取土壌の検出箇所	
					表層 (0~30cm)	深層 (30~60cm)
A	複数回	一部	4	2	2 (1)*	1
B	初発	一部	4	0	0	0
C	複数回	一部	2	2	1	1
D	複数回	一部	11	4	4 (2)*	2
E	複数回	一部	10	5	5 (2)*	3 (1)*
F	複数回	全体	9	8	8	6

* 発病株の株元以外の箇所、または過去に青枯病が発生した箇所で病原菌を検出

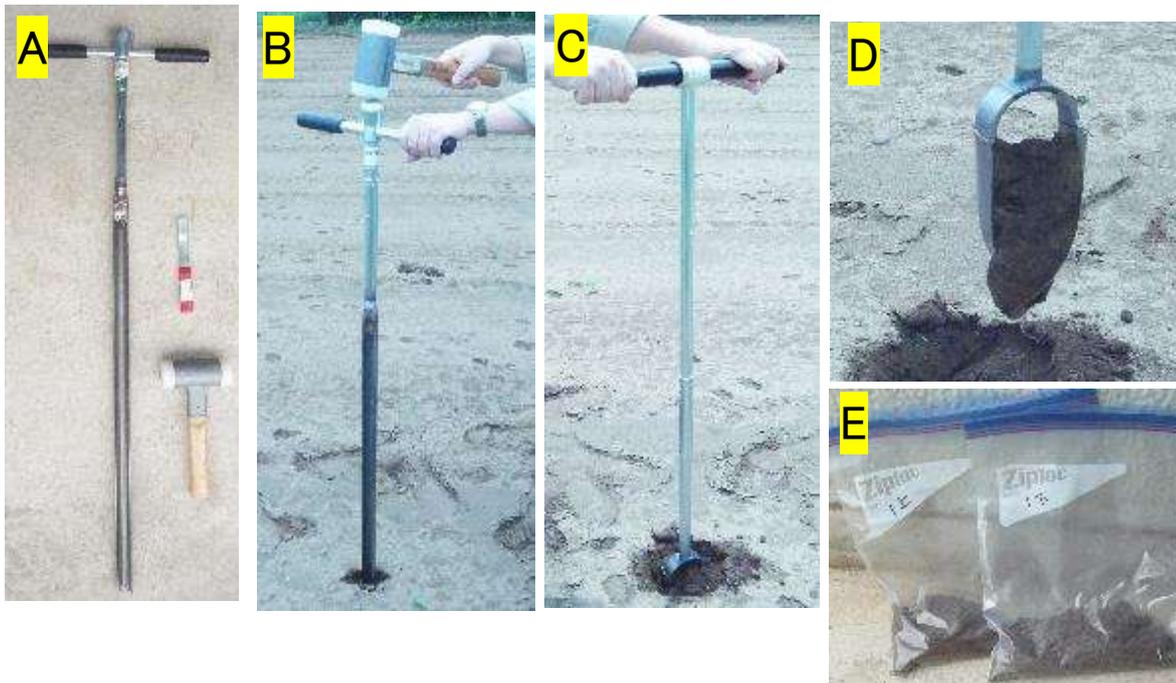
4) **過去に青枯病の被害が出た地点**では、現在被害が無くても青枯病菌が土壌中にいる可能性があります (表IV-2)。また、病原菌は栽培土壌中で2年以上生存可能 (図IV-2) なので、**同様に土壌採取します。**



図IV-2 栽培土壌中のショウガ青枯病菌の生存

5°Cおよび15°Cで保存した栽培土壌中で2年半生存を確認

5) 土壌採取^{*1}にはスコップや専用の採取用具（図IV-3A、B、C、D）を用います。採取した土壌は**深さ別に分けて（0～30 cm、30～60 cm）**、ファスナー付きビニル袋等の密封性の高い袋に入れて、採取場所等を記入後、**室温で保管します**（図IV-3E）。



図IV-3 土壌採取用具と採取方法

A、B：半円形オーガーセット（大起理化）、C、D：ホールオーガーセット^{*2}（大起理化）、
E：土壌の選別と保管^{*3}

*1 土壌採取時はシューズカバーを使い、採取用具はその都度アルコール消毒する等、病原菌を持ち出し、または持ち込まないように注意します。

*2 ホールオーガーセットで深層土壌採取時は、表層土壌が混入しないように注意します。

*3 持ち帰った土壌は、できるだけ早く使用します。長期間放置した場合、青枯病菌が死滅して正確な調査ができない事もあります（土壌が乾燥している場合は 2～3 日以内に使用）。

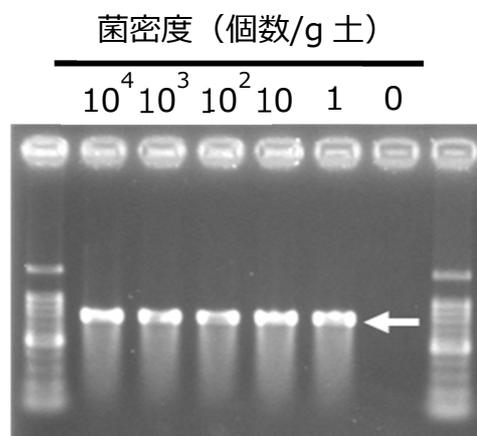
2. 土壌中の病原菌調査

土壌からの病原菌の検出には、基本的に検出感度の高い「Bio-PCR 法」を用いて調査し、病原菌の有無を判定します。PCR 機器や専用試薬が使用可能な公設試験場等で行います。

「選択培地を用いた方法」は、「Bio-PCR 法」に比べて検出感度が低い（数十個以上/g 土）ため、病原菌の分離、菌密度の簡易な測定等、補助的な使用にとどめます。

(1) Bio-PCR 法

土壌の懸濁液を液体培地に加えて前培養後、PCR を行い、所定の長さのバンドの有無で青枯病菌の検出および菌密度の測定を行います（井上・中保 2015、別冊 p.5~11）。土壌 1 g あたり 1 個程度まで検出が可能です（図IV-4）。



図IV-4 Bio-PCR 法による青枯病菌の検出
矢印はショウガ青枯病菌に特異的なバンドを示す

(2) 選択培地を用いた方法

土壌懸濁液を選択培地に塗抹して 30℃で 3~4 日培養すると、青枯病菌のコロニー（Ⅲ章 図Ⅲ-6 (p.10)) が検出されます（堀田・土屋 2012、別冊 p.2~4）。

3. 汚染程度の判定

汚染程度（リスク評価）

- 1：青枯病が発生したが、栽培後の土壌から青枯病菌が検出されなかった*¹
- 2：青枯病が発生し、栽培後の表層土壌（0～30 cm）または深層土壌（30～60 cm）から青枯病菌が検出された*²

- *1 発病時に発病株および周辺株の早期抜き取りと被覆の対処が適切に行われた圃場では、青枯病菌が検出されない場合があります（表Ⅳ-2のB圃場（p.15））。
- *2 ショウガ青枯病は、病原細菌が土壌1gあたり1～数個程度でも検出された場合、天候や栽培状況次第で病気が発生する可能性があります（表Ⅳ-3）。また、発生圃場では、深層土壌に病原菌が侵入・生存している場合が多いこと（表Ⅳ-2のA、C～E圃場（p.15））から、**表層と深層土壌を区別せずリスク評価を行います。**

表Ⅳ-3 ショウガ植付前の土壌中の菌密度と発病の関係（調査例）

A 圃場			B 圃場		
地点	植付前 (個数/g 土)	病害発生	地点	植付前 (個数/g 土)	病害発生
①表層	50	発生	①表層	検出限界以下	無発生
深層	1		深層	検出限界以下	
②表層	1	発生	②表層	検出限界以下	無発生
深層	7		深層	検出限界以下	
③表層	4	発生	③表層	検出限界以下	無発生
深層	153		深層	検出限界以下	
④表層	9	発生	④表層	検出限界以下	無発生
深層	9		深層	検出限界以下	

表層：0～30cm、深層：30～60cm、検出限界以下：<1 個/g 土
 発生：採取地点周辺の複数の株で青枯病発生

4. 土壌対策の選択

汚染程度に応じて対策が異なります。

(汚染程度)

- 1 : 青枯病に対する対策は特に必要ありません。周辺圃場^{*1}で青枯病が発生したり、自然災害（洪水、大雨）等で周辺圃場から土砂が流入した場合は、病原菌が検出された場合と同様な土壌消毒対策の検討をお勧めします。
- 2 : 一作休耕し^{*2}、夏場の低濃度エタノール土壌還元消毒を行います。還元消毒が**困難な場合**（必要な灌水量（60 L/m²以上）が確保できない、傾斜地（斜度 6～7%以上）等で灌水処理ができない）は、**夏場の石灰窒素を用いた太陽熱土壌消毒**を検討します。

* 1 隣接圃場および同じ耕作者（作業機械共有者も含む）の圃場

* 2 上記の還元消毒や太陽熱消毒を行う場合、ショウガ栽培時期（3～11月）と消毒処理に適した時期（夏場）が重なるため、一作休む必要があります。

5. 圃場の消毒対策

ショウガ科作物青枯病は土壌伝染性の病害であり、病原菌は土壌中で長期間（2年以上）生存できるため、これを圃場から除去する土壌消毒対策が最も有効かつ重要です。

（1）低濃度エタノール土壌還元消毒

低濃度エタノール土壌還元消毒は、エタノールを 0.5～1%程度に薄めて、畑土壌を湛水または湿潤状態になるよう散布し、その後、農業用ポリエチレンフィルム（農ポリ）等で土壌表面を覆うという方法です。

低濃度エタノールを用いた本技術は、フスマや糖蜜などを利用した土壌還元消毒と同様の原理で、**土壌の消毒効果は、土壌が還元される結果として生じる間接的なものです。**このため、本技術で用いる低濃度エタノールは農薬に該当しません。また、粘性が低い液体なので、フスマ等を用いた場合よりも土壌深くまで消毒効果が得られます。低濃度エタノール土壌還元消毒の具体的な処理方法は、低濃度エタノールを利用した土壌還元作用による土壌消毒実施マニュアル（農研機構農業環境変動研究センター、2021）に基づき行います（図IV-5、図IV-6）。

どうやって処理するの？

① ほ場整備

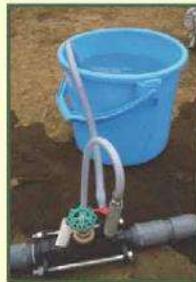
- ☑ ほ場：できるだけ均平にしましょう。
- ☑ 耕起：処理前に耕起する場合は、土壌が細くなるように留意してください。ただし、土壌が柔らか過ぎると作業性が悪いので、処理前に鎮圧しましょう。
- ☑ 雑草：フィルムを土壌に密着させるため、処理前に除草しておきましょう。
- ☑ 散水チューブを早めに敷設して、十分かつ均一に散布できることを確認したら、定期的に灌水しましょう。土壌が湿っている方が深くまで地温が上がります。また、数日前に散水または降雨後（露地の場合）に実施すると、エタノールが均一に浸透し、消毒ムラが少なくなり、効果が安定します。

② エタノールの希釈

必ず希釈してから処理してください。

多量の水（土壌還元消毒用エタノールを50～200倍程度に希釈）を処理しますので、大型タンク、仮設の溜池、または液肥混入器（用水の直接導入や頭上灌水）を用意しましょう。

- ☑ 大型タンク（小面積向き）：500L/m²程度の水を入れるタンクが必要です。また、十分攪拌してから処理しましょう。
- ☑ 液肥混入器（広い面積向き）：50～200倍程度の希釈率に調整できるものがが必要です。
- ☑ 動力噴霧器を用いて用水と混合しながら散布する方法もあります。
- ☑ 装置によって1回の処理面積が制限されます。



液肥混入器



動力噴霧器



散水チューブによる処理

③ 希釈水の処理

処理した水を一定期間湛水または湿潤状態に維持する必要があります。

- ☑ フィルム周辺を土壌や水枕で抑え、水の蒸発や周辺への表面流出を防ぎましょう。うね立て後にマルチングをした土手を作るのも有効です。
- ☑ 散水チューブの場合、散布口の数が多の方が均一に短時間で処理できます。また、土壌全体が均等に湿るように、散布口の向きを調整しましょう。



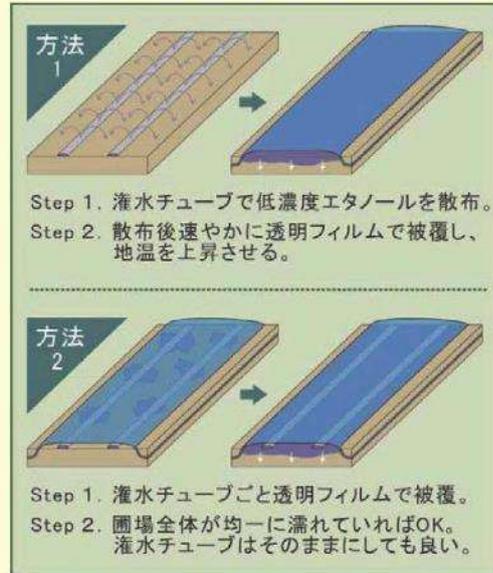
うね立て&マルチによる土手

図IV-5 低濃度エタノールを利用した土壌還元作用による土壌消毒実施マニュアル（農研機構農業環境変動研究センター、2021）から一部抜粋

④ 透明フィルムの被覆

土壌を一定期間湛水または湿潤状態に維持するには、透明フィルムで被覆する必要があります。破れていなければ、使い古しのフィルムでもかまいませんし、補修して利用できます。

- ☑ フィルムの種類：フィルム内の温度を上げるためには、透明フィルムがお勧めです。
- ☑ 被覆方法：土壌が十分湿ったら、フィルムで被覆しましょう。散水チューブの場合、処理前にフィルムを被覆することもできます。
- ☑ 被覆時期：処理後ただちに被覆しましょう。



低濃度エタノール処理の方法

⑤ 太陽熱処理

- ☑ 期間：土壌の種類や季節等によりますが、2～3週間が必要です。
- ☑ 土壌温度：深さ 20cm 以下の地温で 30℃以上必要で高いほど効果的です。そのため、土壌にフィルムを密着させる、温室の気密性を高めるなど、温度が上がりやすい条件で処理しましょう。
- ☑ 作用の持続性の確認方法：土壌還元が進むと、エタノール消毒特有の発酵臭がします。ジピリジルや酸化還元電位 (Eh) などによっても土壌還元状態がわかります。

処理区	土壌温度	
	30℃	20℃
無処理	4800 万	1800 万
水処理	380	500 万
0.5% エタノール	0	65 万
1% エタノール	0	16 万
2% エタノール	0	45 万

土壌温度と消毒効果の関係
(接種源 1g あたりの病原菌数)

⑥ 処理後の作業

還元消毒終了後は、透明フィルムを取り外します。

- ☑ 作用の確認方法：土壌の深いところほど還元化され、灰緑色に変色していて、特有の臭気があります。
- ☑ 耕起方法：耕起する場合は、通常の深さで大丈夫です。ただし、病害虫・雑草で再び汚染されないように、トラクターのタイヤ、耕起部、胴体をよく洗浄してください。
- ☑ 播種・定植までの期間：栽培する作物を播種・移植できる程度の水分になって、土壌の温度や還元状態が元に戻れば大丈夫です。



定植後の状況

図IV-6 低濃度エタノールを利用した土壌還元作用による土壌消毒実施マニュアル（農研機構農業環境変動研究センター、2021）から一部抜粋

土壌還元消毒は、夏場で最低地温 25℃以上が常に確保される時期（関東以西では7～9月頃）の処理が好適です。灌水量やエタノール量は土壌の種類により異なります（表IV-4）（農研機構農業環境変動研究センター、2021；農業環境技術研究所、2012）。

表IV-4 灌水量、エタノール量の目安

土壌の種類	灌水量 (t/10a)	エタノール量 (L/10a)
黒ボク土	80～100	800～1,000
砂壌土	60～100	500～1,000
黄色土	60～80	390～800
グライ土	60～80	390～800

低濃度エタノール土壌還元消毒については、現地露地ショウガ栽培圃場を用いた実証試験を行っており、その安定した消毒効果が確認されています（表IV-5）。また、土壌消毒後のショウガ栽培試験では、2作以上青枯病の発生がみられない等の報告も得られています（別冊（p.15～44）参照）。

表IV-5 還元消毒前後の土壌中の青枯病菌密度（実施例）

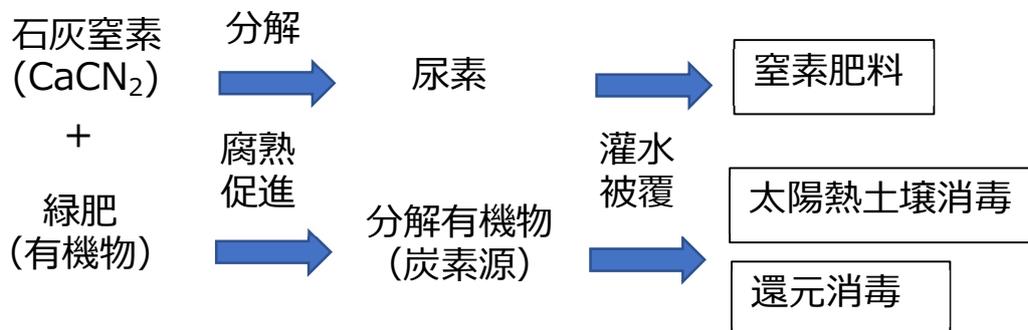
調査地点	消毒前		消毒後		
	A	B	A	B	
深さ (cm)	10	検出限界以下	1.7×10 ⁴	検出限界以下	検出限界以下
	20	30	4.9×10 ⁴	検出限界以下	検出限界以下
	30	検出限界以下	5.2×10 ⁴	検出限界以下	検出限界以下
	40	70	7.0×10 ⁴	検出限界以下	検出限界以下
	50	30	2.2×10 ⁴	検出限界以下	検出限界以下
	60	未調査	3.7×10 ⁴	検出限界以下	検出限界以下

菌密度：個数/g 土、検出限界以下：< 1 個/g 土

- 土壤還元消毒を行うために必要な灌水量（60 L/m²以上）を確保できない、圃場が傾斜地（斜度 6～7%以上）である、および排水が良すぎる等の理由で灌水処理ができない場合は、「石灰窒素を用いた太陽熱土壤消毒法」を利用します。

（２）石灰窒素を用いた太陽熱土壤消毒

石灰窒素を土壤にすき込むと、分解して尿素になり、最終的に窒素肥料に変換されます。また、緑肥と一緒にすき込む（農研機構中央農業研究センター、2020）と、有機物の腐熟を促進します（日本石灰窒素工業会HP 土づくり効果事例（4）太陽熱・石灰窒素法）。そこで、夏場に石灰窒素と緑肥を混入後、灌水して表面をフィルムで被覆すると、分解した有機物を炭素源として土壤中の微生物が働いて還元状態になり、太陽熱消毒効果に加え、還元消毒効果も得られると期待できます（図IV-7、図IV-8）。



図IV-7 石灰窒素を用いた太陽熱土壤消毒の作用機作

・処理手順

- 1) 緑肥（ソルゴー等）の栽培（5～7月）
- 2) 地上部を刈り倒し、深耕ローターで2～3回耕うん
- 3) **石灰窒素 (200 g/m²)***を散布後、2～3回さらに耕うん
- 4) 灌水チューブ等を用いてムラなく散水（26～40 L/m²）
- 5) 被覆（農ビ、農ポリ）（被覆後に灌水でも良い）
（端をムラなく水枕で押さえる、または土をかぶせる）
- 6) 2ヶ月以上被覆（最低地温が25℃以上確保できる時期（関東以西では7～9月頃）が好適）

*** 窒素の過剰投与になる恐れがあるので、作物を栽培する前に土壌調査を実施するなどして元肥の量を調整してください。**



緑肥刈り倒し、耕うん

⇒



石灰窒素混入
(200 g/m²)

⇒



散水、被覆（夏場）

図IV-8 石灰窒素を用いた太陽熱土壌消毒の処理手順

石灰窒素を用いた太陽熱土壤消毒についても実証試験を行っており、その消毒効果が確認されています（表Ⅳ-6）。

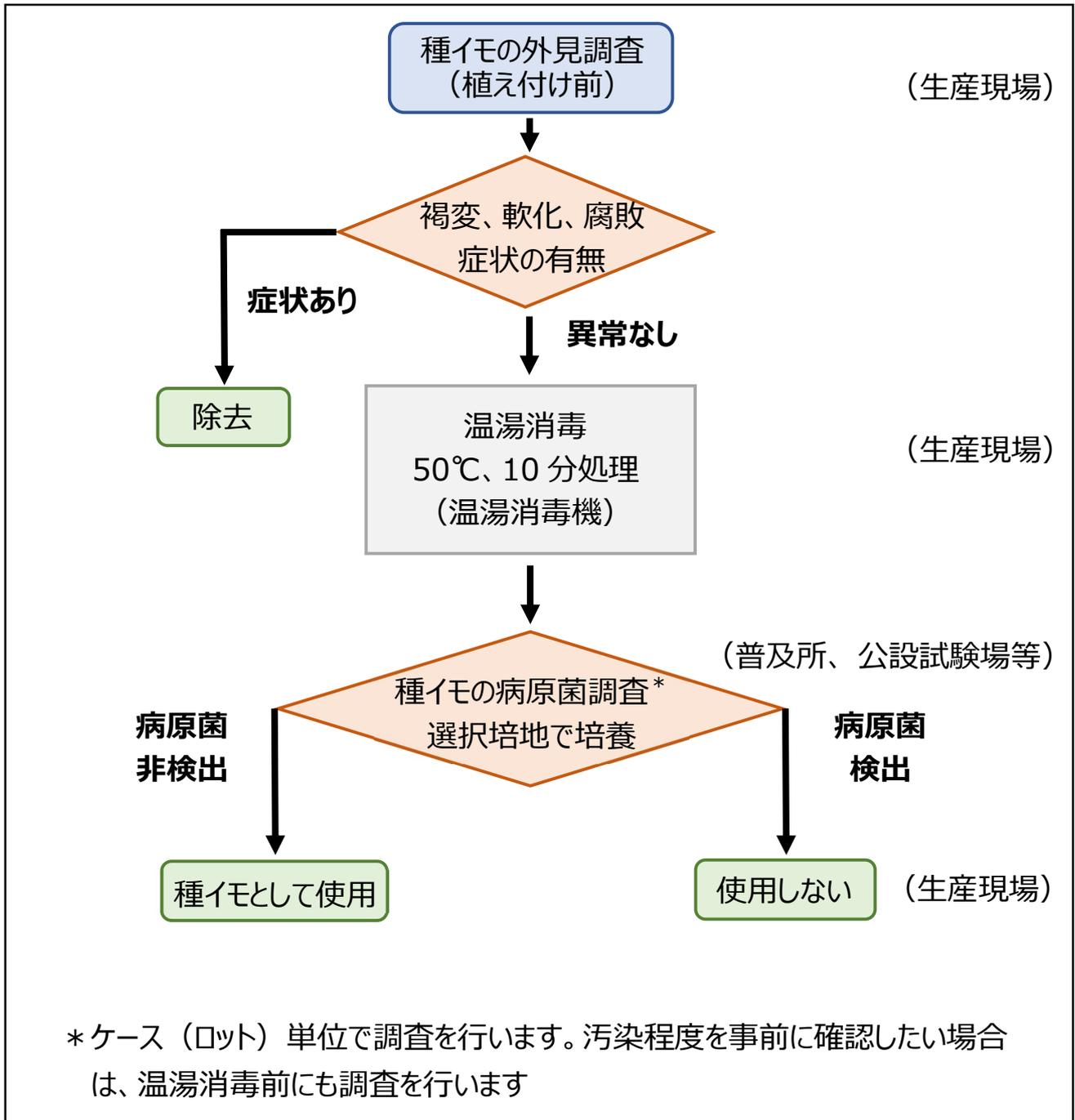
表Ⅳ-6 石灰窒素を用いた太陽熱土壤消毒処理前後の青枯病菌の菌密度調査結果（実施例）

地点	深度別	消毒前	消毒後
		菌数 (個数/g 土)	菌数 (個数/g 土)
①	表層	2.7×10^3	検出限界以下
	深層	3.3×10^1	検出限界以下
②	表層	2.3×10^2	検出限界以下
	深層	検出限界以下	検出限界以下
③	表層	1.6×10^4	検出限界以下
	深層	1.0×10^2	検出限界以下

表層：0～30 cm、深層：30～60 cm、検出限界以下：< 1 個/g 土

V. 種イモ対策

- 青枯病発生防止のため、以下の手順（図V-1、フローチャート3）で種イモ対策を行います。



図V-1 種イモ対策（フローチャート3）

- ショウガ青枯病は種イモ伝染性の病害でもあり、健全種イモの使用、汚染種イモの除去や消毒対策が病害防除に重要です。**種イモには、基本的に青枯病等の病害が未発生の圃場で採取して、保存中に異常が見られないものを使用します。**
- 種イモを採取した圃場周辺で青枯病の発生が見られたり、分譲してもらった種イモの由来がわからない（汚染圃場周辺で採取された可能性がある）など、**種イモ汚染の可能性が考えられる場合は、以下の対策を植え付け前（1～7週間程度前）に行います。**

1. 種イモの外見調査

ショウガの場合、種イモは泥を付着させたまま、低温（15℃前後）かつ高湿度（90%以上）を保った状態でケース内に保存しますが（図V-2A）、泥を洗い落とした種イモではカビが繁殖して保存できなくなる場合が見られます（図V-2B）。そのため、種イモ調査は植え付け前に行う必要があります。



図V-2 保存中の種イモ

A：保存ケース内の様子、B：表面の泥を水洗して長期保存した種イモ（矢印は繁殖したカビの菌糸を示す）

ケース内の種イモを観察します。褐変、軟化、腐敗等の症状（Ⅲ章 図Ⅲ-3（p.8）参照）が見られた種イモは除去して、健全なものだけを残します。

2. 物理的防除（温湯消毒）

選別した種イモについて、温湯消毒を行います。温湯消毒は、種イモを温湯に浸漬して処理することで、青枯病菌を死滅させる方法です。消毒温度が高すぎると出芽率が低下したり、また温度が低くても十分な殺菌効果が得られなかったりするため、専用の温湯処理機を使用します。

コンテナに入れた種イモを温湯に浸して 50℃、10 分間処理することで、種イモ表面に生息する青枯病菌が死滅します（図V-3、図V-4）。

温湯処理後は低温庫（13～15℃）で定植まで保管します。1 日で 1 機あたり 960 kg の種イモを処理できます（長崎県農林技術開発センター、2014）。



図V-3 種イモの温湯消毒処理

A：コンテナに入れた種イモ、B：温湯消毒中の様子

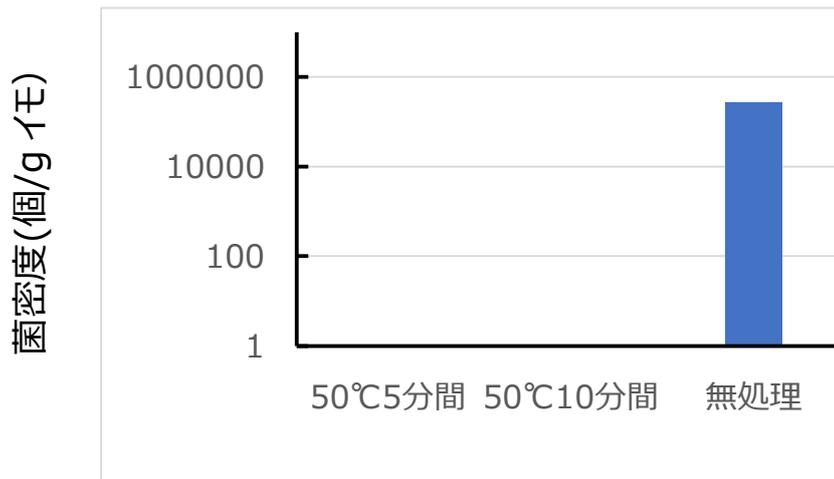


図 V-4 種イモ表面に生息する青枯病菌の温湯処理による殺菌

温湯処理した種イモでは、表面から病原菌が全く検出されない

3. 種イモ内部の病原菌調査

種イモの内部に侵入した病原菌は温湯処理で死滅しない場合がみられます。そのため、処理後に病原菌が生存していないか調査します。普及所または公設試験場等で行います。

ケース（ロット）単位で調査を行います。温湯消毒した種イモを、植え付ける時の大きさに切断し、切断面を滅菌水に 10 分以上浸漬することで、種イモに存在する病原菌を分離・懸濁します（Ⅲ章 図Ⅲ-4 (p.8) 参照）。

採取した懸濁液は、青枯病菌分離用の選択培地に塗抹後、30℃で 3 日間程度培養し、青枯病菌の有無を調査します（Ⅲ章 図Ⅲ-6 (p.10) 参照）。

①病原菌が検出されなかった場合 → 種イモとして使用します

②病原菌が検出された場合 → 使用しません

● 種イモの事前調査

温湯消毒前に種イモの汚染状況を知りたい場合は、以下の手順で行います。

- 1) ケース内から取り出した種イモを、まず滅菌水中に浸漬して振とうし、種イモ表面に存在する病原菌を分離・懸濁します。
- 2) 種イモ表面を 70%エタノールや 0.5%次亜塩素酸ナトリウム（アンチホルミン）溶液中に数分間浸漬し、水道水で水洗後、種イモの一部を切断して取り出し、滅菌水に 10 分以上浸漬することで、種イモ内部に存在する病原菌を分離・懸濁します。
- 3) 採取した懸濁液は、上記と同様に青枯病菌分離用の選択培地で培養し、青枯病菌の有無を調査します。

VI. 防除に必要な費用・機材等

1. 低濃度エタノール土壌還元消毒

(必要な機材・資材等)

- ・灌水ポンプ (くみ上げが必要な場合) (10 万円～)
- ・液肥混入器 (4.5 万円～) または動力噴霧器 (2 万円～)
- ・灌水チューブ (600～1,500 m/10 a、70 cm～2 m 間隔で敷設) (88 円/m～)

(変動費)

- ・被覆フィルム (農ポリ、農ビなどの透明フィルム。穴の開いていないものであれば使い古しでも OK) (4.8 万円/10 a～)
- ・エタノール資材 [エコロジール (日本アルコール産業)、エタノール濃度 65% (v/v)、20 L 箱、1 トン容器]、使用量 (濃度と灌水量) によって費用が異なる (12 万円/10 a～)
- ・水まくら用ダクトチューブ (折り幅 25 cm 以上) (44 円/m～)
- ・波板 (高さ 30 cm 以上、スポット的な処理を行う場合) (70 円/m～)

詳細は、低濃度エタノールを利用した土壌還元作用による土壌消毒実施マニュアル (農研機構 農業環境変動研究センター、2021) (https://www.naro.go.jp/publicity_report/publication/pamphlet/tech-pamph/080354.html) を参照ください。

2. 石灰窒素を用いた太陽熱土壌消毒

(必要な機材・資材等)

- ・灌水ポンプ (くみ上げが必要な場合) (10 万円～)
- ・灌水チューブ (600～1,500 m/10 a、70 cm～2 m 間隔で敷設) (88 円/m～)
- ・石灰窒素 (200 kg/10 a) (5 万円/10 a～)

(変動費)

- ・被覆フィルム（農ポリ、農ビなどの透明フィルム。穴の開いていないものであれば使い古しでも OK）（4.8 万円/10 a～）
- ・緑肥種子（2～3 kg/10 a）（ソルゴーの場合、2 千円/kg 程度）
- ・水まくら用ダクトチューブ（折り幅 25 cm 以上）（44 円/m～）

石灰窒素処理の詳細は、日本石灰窒素工業会 HP 土づくり効果事例 太陽熱・石灰窒素法 (<http://www.cacn.jp/soil/casestudy/>) を参照ください。

3. 種イモの温湯消毒

(必要な機材・資材等)

- ・温湯処理機（湯芽工房、タイガーカワシマ）（39.9 万円）
- ・コンテナ（幅 52 cm×長さ 36.5 cm×高さ 30.5 cm）（850 円～）
- ・冷却用水槽（幅 170 cm×長さ 78 cm×高さ 38.3 cm、排水栓付き）（5.9 万円～）

詳細は、ショウガ根茎腐敗病に対する種ショウガの温湯消毒マニュアル（長崎県農林技術開発センター、2014）(<https://www.pref.nagasaki.jp/e-nourin/nougi/manual/syouga-manual.pdf>) を参照ください。

なお、本章に記載の金額は、2024 年 1 月時点の価格を参考に記載しています。

Ⅶ. 現地実証事例

- フローチャートに基づいて防除を行った事例を紹介します。

事例 1.

試験に用いたショウガ栽培圃場では、夏場に地上部が萎凋・枯死する病害が発生し、フローチャート 1 (図Ⅲ-1) (p.6) に基づき、病徴観察およびイムノクロマト法を用いて検査した結果、青枯病と診断されました。発病株と周辺株を直ちに抜き取るとともに、被覆しました。

その後、圃場対策として、フローチャート 2 (図Ⅳ-1) (p.13) に基づき、生産者に聞き取り調査を行い、青枯病発生箇所やその周辺等、計 4 地点から深層まで土壌を採取しました。PCR 検査が可能な現地の試験研究機関に土壌を持ち帰り、Bio-PCR 法を用いて土壌中の菌密度の測定を行いました (表Ⅶ-1)。その結果、いずれの採取地点からも青枯病菌が検出されました。

表Ⅶ-1 土壌中の菌密度調査

調査場所		消毒前	消毒後
		(個数/g 土)	(個数/g 土)
①	表層	3.3×10^2	検出限界以下
	深層	1.0×10^2	検出限界以下
②	表層	<33	検出限界以下
	深層	検出限界以下	実施せず
③	表層	1.3×10^3	検出限界以下
	深層	3.3×10^1	検出限界以下
④	表層	2.7×10^2	検出限界以下
	深層	1.1×10^3	検出限界以下

表層 : 0~30 cm、深層 : 30~60 cm、検出限界以下: < 1 個/g 土

フローチャート2 (図IV-1) に基づき、汚染程度を2と判定し、一作休耕して、夏場に低濃度エタノール土壌還元消毒を行うこととしました。

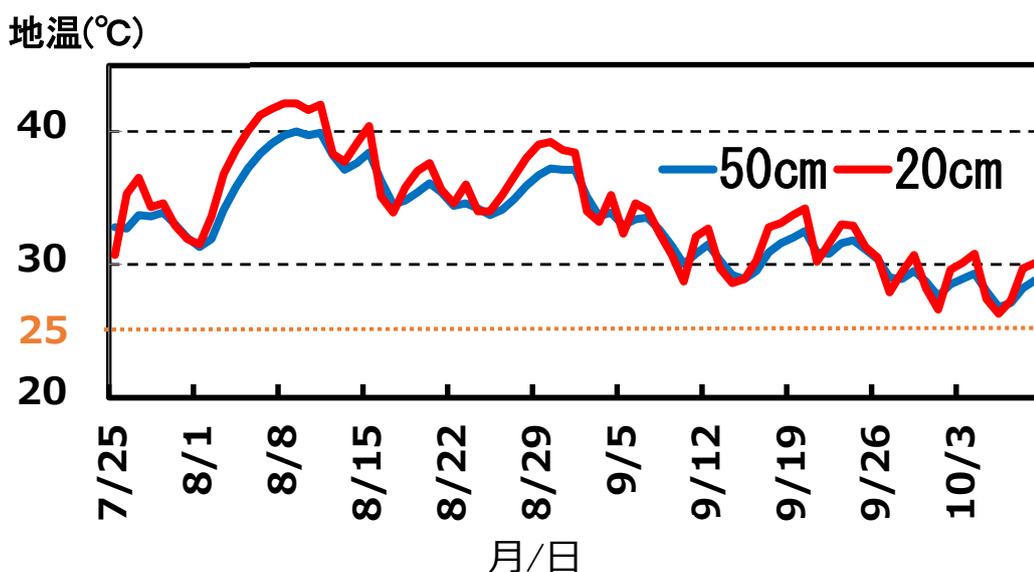
還元消毒（夏場の7/25に実施）は、低濃度エタノールを利用した土壌還元作用による土壌消毒実施マニュアル（農研機構農業環境変動研究センター、2021）に基づき行いました。まず圃場全体を整地後、灌水チューブを設置し（図VII-1A）、被覆後、エタノール水を灌水しました（図VII-1B）。



図VII-1 低濃度エタノール土壌還元消毒中の様子

A：灌水チューブ設置、B：被覆、灌水

消毒中の地温（深さ20cm、50cm）を測定した結果、常に25℃以上が維持されていました（図VII-2）。



図VII-2 土壌還元消毒中の土壌温度の推移

消毒後、消毒前と同じ地点から土壌を採取し、土壌中の菌密度の測定を行った結果、いずれの採取地点からも青枯病菌が検出されませんでした（表Ⅶ-1）。

病原菌が検出されなかったため、翌年4月にショウガを定植・栽培しました（図Ⅶ-3A）。圃場外縁から目視で青枯病発生状況を複数回確認した結果、栽培期間中に発病は認められませんでした（図Ⅶ-3B）。



図Ⅶ-3 消毒後のショウガ栽培

A:ショウガ定植後、B：栽培4ヶ月後

事例 2.

事例 1 と同様に、試験に用いたショウガ栽培圃場では、夏場に地上部が萎凋・枯死する病害が発生し、フローチャート 1（図Ⅲ-1）に基づき調査した結果、青枯病と診断されました。

その後、フローチャート 2（図Ⅳ-1）に基づき、生産者からの情報を基に、青枯病発生箇所やその周辺、計 2 地点（A、B）から深層まで土壌を採取しました。PCR 検査が可能な現地の試験研究機関に土壌を持ち帰り、土壌中の菌密度の測定を行いました。その結果、A 地点では深層（深さ 40 cm）まで青枯病菌が検出されました（表Ⅶ-2）。

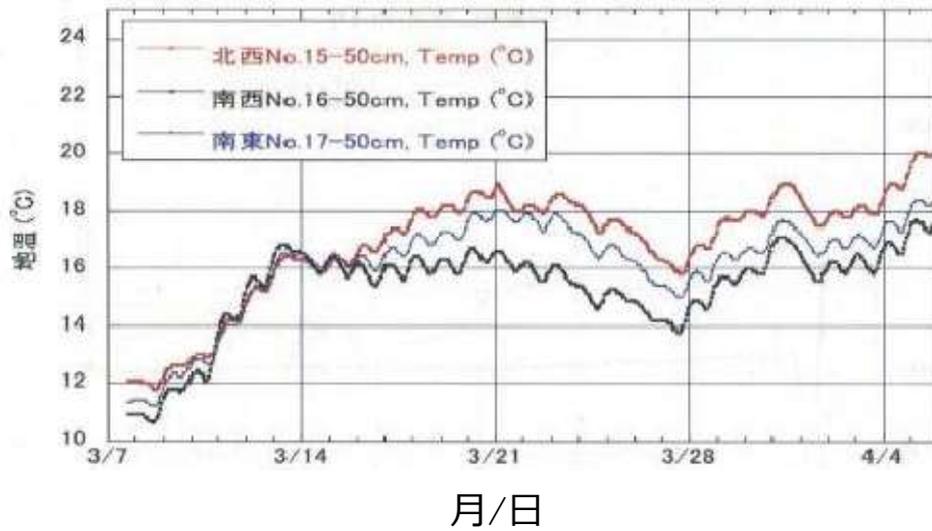
表Ⅶ-2 土壌中の菌密度調査

調査地点	消毒前		消毒後	
	A	B	A	B
10	検出限界以下	検出限界以下	1.7×10^3	検出限界以下
20	8.3×10^2	検出限界以下	1.3×10^3	検出限界以下
30	1.3×10^3	検出限界以下	2.3×10^2	検出限界以下
40	6.0×10^2	検出限界以下	検出限界以下	未調査
50	検出限界以下	検出限界以下	検出限界以下	未調査
60	検出限界以下	検出限界以下	検出限界以下	未調査

菌密度：個数/g 土、検出限界以下：< 1 個/g 土

フローチャート 2（図Ⅳ-1）に基づき、汚染程度を 2 と判定し、土壌対策として低濃度エタノール土壌還元消毒を行うこととしました。生産者側の都合により、地温が低い春先（3 月 10 日）に還元消毒を行いました。消毒中の土壌中の温度（深さ 50 cm）を測定した結果、還元消毒効果が安定して得られる地温（25℃以上）まで上がりませんでした（図Ⅶ-4）。

消毒後、消毒前と同じ地点から土壌を採取し、土壌中の菌密度の測定を行った結果、病原菌が検出されたため（表Ⅶ-2）、予定していたショウガ栽培を中止し、夏場で地温が 25℃以上になる時期に再度還元消毒を行うことにしました。



図Ⅶ-4 土壤還元消毒中の土壤温度の推移

安定した消毒効果が得られる地温（25℃以上）まで上がらなかった

Ⅷ. 経営収支評価

- IV章で示した土壌消毒処理が経営収支に及ぼす影響について試算した結果（ショウガ露地栽培の場合）を表Ⅷ-1 に示します。
- 上の行が各土壌消毒処理を行った場合の「収量」と「粗収益」（10 a 当たり）で、その下が「経営費」（土壌消毒にかかった経費等）、一番下が「所得」と「所得率」を示しています。「青枯病対策無し」、「低濃度エタノール土壌還元消毒」、および「石灰窒素を用いた太陽熱土壌消毒」を行った場合について、それぞれ示しています。
- 「**青枯病対策無し**」では、青枯病以外の土壌病害虫対策として化学農薬処理（ダゾメクト粉粒剤 40kg/10a）（**土壌消毒資材費**として表内に太字で示す）を行って青枯病が発生し、30%減収した場合を想定して記載しています。
- 「**低濃度エタノール土壌還元消毒**」では、2作目までの効果を期待して1作目の前でのみ実施し、2作とも青枯病無発生の場合を、「**石灰窒素を用いた太陽熱土壌消毒**」では、1作目の前に実施し、青枯病無発生の場合を、それぞれ想定して記載しています（別冊の低濃度エタノール土壌還元消毒実施事例 No. 1、4、5、6（p.19～38）、石灰窒素を用いた太陽熱土壌消毒実施事例 No. 1、2（p.47～51）参照）。それ以外に、共通の「**土壌消毒関連資材費**」として、灌水チューブ、被覆フィルム代等を計上しています（各資材費用を表内に太字で示す）。
- 「その他薬剤」として、「白星病」、「アブラムシ」等の地上部病害虫対策費を計上しています。

表Ⅷ-1 土壤消毒処理別収支試算（露地ショウガ栽培、10 a 当たり）

収支		青枯病対策無し (病害発生 30%減収)	低濃度エタノール 土壤還元消毒 (1作目無発生)	低濃度エタノール 土壤還元消毒 (2作目無発生)	石灰窒素を用いた 太陽熱土壤消毒 (1作目無発生)
収量	(kg)	3,206	4,580	4,580	4,580
粗収益	(千円)	1,122	1,603	1,603	1,603
種苗費	(千円)	336	336	336	336
肥料費	(千円)	83	83	83	83
農薬費等 (内訳)	(千円)	92	216	36	80
(土壤消毒資材)	(千円)	56	180	0	59
(除草剤)	(千円)	5	5	5	5
(その他薬剤)	(千円)	31	31	31	31
土壤消毒関連資材費	(千円)	0	186	0	186
その他資材費等	(千円)	367	367	367	367
減価償却費・修繕費	(千円)	188	188	188	188
雇用労賃	(千円)	74	74	74	74
経営費計	(千円)	1,140	1,450	1,084	1,329
所得	(千円)	-18	153	519	274
所得率	(%)	-2	9	32	17

1) 収量は20株あたりの平均塊茎重で試算。

2) 粗収益は収量に350円/kgで試算。

3) 低濃度エタノール土壤還元消毒では、エタノール濃度を0.75%、灌水量を70t/10aで、石灰窒素を用いた太陽熱土壤消毒では、石灰窒素処理量を200kg/10aで資材費を試算し、灌水チューブ、被覆フィルム代等を共通の土壤消毒関連資材費として計上。青枯病対策無しでは（他土壤病害虫対策として）ダゾメット粉粒剤を40kg/10a処理で試算（資材費用を表内に太字で示す）。

なお、資材費等は2024年1月時点の価格を参考に記載。

4) 減価償却費の負担率は16.6%で試算。

5) 雇用労賃は、土壤消毒、植え付け、収穫にかかる雇用作業時間を試算し、1,000円/時間で算出。

- 今回の試算（露地ショウガ栽培）では、「青枯病対策無し」で青枯病が発生した場合、30%以上減収すると赤字になると見込まれました。
- 青枯病が発生した圃場では、病原菌が土壌中で 2 年以上生存可能なため、有効な土壌消毒対策を行わない限り、被害が継続、拡大する可能性が考えられました。
- 対策として、「低濃度エタノール土壌還元消毒」を行い、青枯病の発生が 1 作目および 2 作目まで抑止された場合、所得率はそれぞれ 9%、32%程度まで回復可能と試算されました。
- 同様に、「石灰窒素を用いた太陽熱土壌消毒」を行い、青枯病の発生が抑止された場合、所得率は 17%程度まで回復可能と試算されました。

IX. 用語解説

○ PCR

ポリメラーゼ連鎖反応（Polymerase Chain Reaction）の略称です。DNA サンプルの特定領域を、酵素の働きにより、一連の温度変化のサイクルを経て指数関数的に増幅させて検出します。ここでは土壌中の病原菌の有無を調べることに用います。

○ イムノクロマト法

病原菌の有無を調べる検査法の一つです。サンプルを検査紙（イムノストリップ）の先端に浸すと病原菌が吸い上げられ、病原菌と特異的に反応する成分（抗体）と結合して発色し、10～30 分程度の短時間で診断できる簡便性・迅速性に優れた方法です。

○ 土壌還元消毒法

土壌中の病害虫を死滅させるために用いる消毒法の一つです。緑肥等の有機物を土壌に混ぜて灌水、またはエタノールや糖蜜を薄めて灌水し、土壌表面を被覆（空気を遮断）すると、土壌中の微生物が酸素を消費して酸欠状態（還元状態）になり、また有機物が分解されて酢酸等の殺菌成分が蓄積して、病害虫を死滅させます。

参考資料

1. 井上康宏・中保一浩（2015）最確数（Most Probable Number）とBio-PCR法を応用した，MPN-PCR法による青枯病菌の高感度定量検出法．植物防疫69：439-443
https://www.jppn.ne.jp/jpp/s_mokuji/20150705.pdf 
2. 堀田光生・土屋健一（2012）微生物遺伝資源利用マニュアル（12）青枯病菌 *Ralstonia solanacearum*.
<https://www.gene.affrc.go.jp/pdf/manual/micro-12.pdf> 
3. 長崎県農林技術開発センター（2014）ショウガ根茎腐敗病に対する種ショウガの温湯消毒マニュアル.
<https://www.pref.nagasaki.jp/e-nourin/nougi/manual/syouga-manual.pdf> 
4. 日本石灰窒素工業会HP 土づくり効果事例 太陽熱・石灰窒素法
<http://www.cacn.jp/soil/casestudy/> 
5. 農業環境技術研究所（2012）低濃度エタノールを利用した土壌還元作用による土壌消毒技術 技術資料.
https://www.naro.go.jp/publicity_report/publication/pamphlet/tech-pamph/080354.html 
6. 農研機構中央農業研究センター（2020）緑肥利用マニュアル-土づくりと減肥を目指して-.
https://www.naro.go.jp/publicity_report/publication/pamphlet/tech-pamph/134374.html 

7. 農研機構農業環境変動研究センター（2021）低濃度エタノールを利用した土壤還元作用による土壤消毒実施マニュアル（第1.2版）.

https://www.naro.go.jp/publicity_report/publication/pamphlet/tech-pamph/080354.html



8. 農研機構 NAROchannel（2021）土壤還元消毒 低濃度エタノール編

<https://www.youtube.com/watch?v=QO0VfJV9OPw>



担当窓口、連絡先

外部からの受付窓口：

農研機構 農業環境研究部門 研究推進部 研究推進室 推進チーム

niaes_manual@ml.affrc.go.jp

付録：還元消毒用資材選択の手引き

- ・ 農研機構では、土壤病害虫対策として、糖含有珪藻土・糖蜜吸着資材、低濃度エタノール、緑肥（カラシナ他）等の資材を用いた土壤還元消毒技術を開発するとともに、利用マニュアルや標準作業手順書（SOP）を作成し、これら技術の紹介・普及に努めてきました。
- ・ これらの技術をさらに多くの場面でご活用いただけるよう、生産者ご自身に多様な資材の中からそれぞれの条件に合った資材を選んでいただくための「資材選択の手引き」を作成しました。これから土壤還元消毒を行う方にご利用頂ければ幸いです。

ここで扱う資材と利用方法の参照先

- ・糖含有珪藻土、糖蜜吸着資材

https://www.naro.go.jp/publicity_report/publication/laboratory/naro/sop/137330.html

- ・エタノール

https://www.naro.go.jp/publicity_report/publication/pamphlet/tech-pamph/080354.html

- ・糖蜜

<https://www.hro.or.jp/upload/19722/21210p.pdf>

- ・米ぬか、小麦フスマ

<https://www.hro.or.jp/upload/19722/21210p.pdf>

- ・緑肥（カラシナ等アブラナ科植物）

https://www.naro.go.jp/publicity_report/publication/pamphlet/tech-pamph/121100.html

表 還元消毒用資材選択の手引き

栽培方法	病虫害の種類	液肥混入器 動力噴霧器	緑肥事前 栽培	利用可能資材	
施設	青枯病、線虫	なし	——	糖含有珪藻土、糖蜜吸着資材	
		使用可能	——	エタノール、糖蜜 糖含有珪藻土、糖蜜吸着資材	
	糸状菌病	なし	不可	——	糖含有珪藻土、糖蜜吸着資材 米ぬか、小麦フスマ
			栽培可能	——	緑肥(カラシナ等アブラナ科植物) 糖含有珪藻土、糖蜜吸着資材 米ぬか、小麦フスマ
		使用可能	不可	——	エタノール、糖蜜、米ぬか、小麦フスマ 糖含有珪藻土、糖蜜吸着資材
			栽培可能	——	緑肥(カラシナ等アブラナ科植物) エタノール、糖蜜、米ぬか、小麦フスマ 糖含有珪藻土、糖蜜吸着資材
露地	青枯病、線虫 糸状菌病	なし	——	×(現時点で有効性が実証された 資材なし)	
		使用可能	——	エタノール	
人工 培地	青枯病、線虫	——	——	×	
	糸状菌病	——	——	エタノール	

資材名をクリックすると、利用方法が書いてある web サイトにアクセスできます



「農研機構」は、国立研究開発法人 農業・食品産業技術総合研究機構のコミュニケーションネーム（通称）です。