

生研支援センター 戦略的スマート農業技術等の開発・改良（JPJ011397）

「輸出拡大のための新技術開発」

かんしょ輸出産地を支えるサツマイモ基腐病総合的防除体系の開発

## かんしょ生産工程におけるサツマイモ 基腐病発病リスク低減技術集

# 「かんしょ種苗生産工程における サツマイモ基腐病発病リスク低減」 マニュアル



2025年3月

かんしょ基腐病コンソーシアム

---

かんしょ基腐病コンソーシアム編（2025）かんしょ種苗生産工程  
におけるサツマイモ基腐病発病リスク低減技術マニュアル. pp.74.

表紙写真

かんしょ苗の採苗風景

## 目次

はじめに .....	1
1. 苗床の土壌還元消毒 .....	4
(1) 苗床土壌還元消毒の特徴 .....	4
1) 土壌還元消毒について .....	4
2) 糖含有珪藻土について .....	5
(2) 苗床土壌還元消毒の作業手順 .....	6
1) 事前準備 .....	7
2) 資材散布、耕うん、鎮圧 .....	8
3) かん水、被覆 .....	9
4) 消毒中、消毒後の対応 .....	11
(3) 苗床土壌還元消毒の効果 .....	12
1) 防除効果 .....	12
2) 経営評価 .....	13
(4) 土壌還元消毒の重要管理点 .....	15
1) 苗床の雑草繁茂 .....	15
2) かん水設備の点検 .....	15
3) 苗床の土壌水分状態 .....	15
4) かん水時の苗床外への水漏れ .....	16
5) 被覆フィルムの不具合 .....	16
6) 様々な被覆固定の方法 .....	17
(5) 導入をお勧めする経営体 .....	19
2. 種イモの蒸熱処理 .....	21
(1) 蒸熱処理装置の原理と仕様 .....	21

(2)	蒸熱処理の条件と処理プログラム.....	24
1)	蒸熱処理の条件検討.....	24
2)	蒸熱処理の処理プログラム.....	24
(3)	イモの収穫から蒸熱処理、貯蔵までの流れ.....	25
1)	種イモの収穫.....	25
2)	蒸熱処理から貯蔵まで.....	26
(4)	蒸熱処理の効果.....	27
(5)	蒸熱処理装置の操作手順.....	30
(6)	蒸熱処理装置の保守管理.....	32
1)	乾湿計のメンテナンス.....	32
2)	シーズン終了後のメンテナンス.....	33
3.	効率の良い挿し苗育苗.....	35
(1)	挿し苗育苗の手順.....	35
(2)	栽植密度.....	35
(3)	育苗中の管理.....	38
1)	施肥.....	38
2)	温度管理.....	38
3)	水管理.....	40
(4)	挿し苗育苗の流れ.....	40
1)	親株の準備.....	40
2)	挿し苗育苗の増殖イメージ.....	41
3)	種イモ育苗とのコスト比較.....	43
	コラム：薬剤浸漬による苗の消毒.....	45
4.	つる苗の温湯消毒.....	46
(1)	温湯消毒の作業手順.....	46

(2) 温湯消毒に最適なつる苗の条件.....	48
(3) 温湯消毒の防除効果および生育・収量への影響.....	49
5. 茎頂培養苗（バイオ苗）による育苗の生産工程管理.....	54
(1) 育苗中に異常株を発見した場合の対応.....	57
(2) 茎頂培養苗（バイオ苗）の健全性の実証例.....	59
(3) 生産工程管理による感染拡大の回避.....	60
(4) 生産現場での管理体制モデル.....	61
(5) PCR検定の方法.....	62
1) 試料調製.....	62
2) DNA抽出.....	62
3) PCR検定.....	63
6. 多検体検査法.....	66
(1) 種苗の品質管理.....	66
(2) 必要試料数の算出方法.....	67
(3) 切苗の多検体検査法.....	68
(4) 種イモの多検体検査法.....	69
(5) 技術の活用.....	70
参考資料.....	73
執筆者一覧.....	74
免責事項.....	74
本マニュアルに関するお問い合わせ先.....	74





## はじめに

本マニュアルは、サツマイモ基腐病（以下、基腐病）の蔓延防止とかんしょ生産量の早期回復を目的として、基腐病を「持ち込まない」対策として健全種苗の育成・供給方法について生産現場の作業手順に沿って技術の目的・目標、手順、留意点等について示しています。戦略スマ農で得られた新たな研究成果や実証事例を加えて、かんしょ生産者自身がすぐに取り組めるよう分かりやすく解説するよう心がけました。

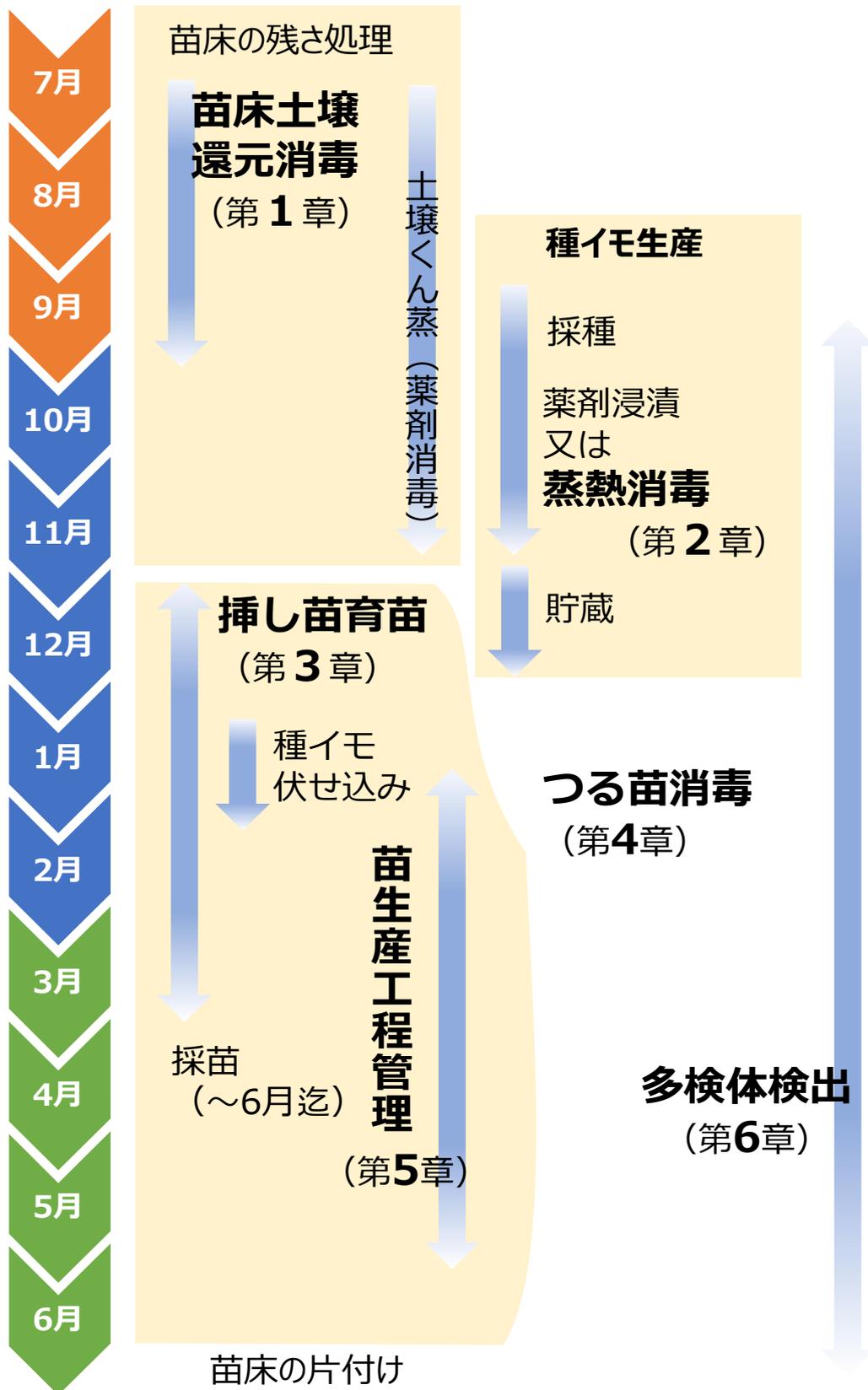
かんしょ苗の育成には、種イモを伏せこんで苗を伸ばす方法（以下、種イモ育苗）と茎頂培養苗（バイオ苗）から増殖する方法（以下、挿し苗育苗）とがあります。種イモ育苗は少ない手間で多くの苗を採苗することができますが、種イモによって基腐病等の病害が苗床に持ちこまれるリスクがあります。そのため、無病の種イモを用いることが重要です。基腐病を対象とした種イモの消毒法には、蒸熱消毒とチオファネートメチル水和剤に浸漬する薬剤消毒があり、本マニュアルでは蒸熱消毒について詳述しています。一方、挿し苗育苗では茎頂培養苗（バイオ苗）から形質の優れた無病の切苗を得ることができ、収穫物の品質向上にも役立ちます。種イモを使わないため、病害発生の危険の少ない育苗法ですが、育苗労力が多くかかり、出荷作業との労働競合があること、苗床単位面積当たりの採苗本数が少なくなること等が欠点として挙げられます。本マニュアルでは、挿し苗育苗における苗床の管理方法、異常株が発生した時の対処方法並びに、効率的な苗増殖方法について詳述しています。

以上のいずれの育苗方法をとるにしても育苗床が確実に消毒されていることが肝心です。ハウス内育苗において、白絹病、サツマイモつる割病や基腐病に罹病する事例が多くみられます。これらの病害の防除には、ダゾメット粉粒剤による処理や土壌還元消毒が有効です。また、ダゾメット粉粒剤は医薬用外劇物であり、保管・取扱に細心の注意が必要です。ダゾメット粉粒剤は土壌混和後に土壌水分に

より速やかに反応して刺激性のメチルイソチオシアネートを生成するため、曝露しないように作業する必要があります。一方、土壌還元消毒は薬剤消毒に比べて手間がかかり、多量のかん水が必要であったり、消毒可能な時期も限られたりしますが、作業者の健康と環境にやさしい消毒方法です。本マニュアルでは、糖含有珪藻土を用いた土壌還元消毒について詳述しています。

沖縄県以外の地域では、育苗ハウスで育苗した苗を本ぽに定植することが一般的であるのに対して、年中温暖な沖縄県では育苗床を作らず、本ぽで成育している株から苗（つる苗）を採取することが一般的に行われています。いずれにおいても採苗後の苗消毒は、本ぽに基腐病を持ちこまない上で最も重要な管理工程です。ベノミル水和剤並びにチウラム・ベノミル水和剤による苗浸漬は、基腐病、つる割病に適用があります。本マニュアルでは、戦略スマ農プロで取り組んだ温湯の熱を使った苗の消毒方法について紹介します。

最後に、かんしょ苗の育成工程の中で、あるいは苗の本ぽへの定植後に基腐病の発病が明らかになることがあります。こうした場合、原因究明と再発防止の観点から、いつ（どの工程で）、どこで（どの苗床で）、どうやって（病原菌の侵入経路）感染したかを明らかにすることが必要です。こうした要請に対応するため、多数の検体から迅速に基腐病菌の有無を判定する方法を案出したのでこの方法について紹介します。



本マニュアルで紹介する技術の防除暦上の位置づけ

## 1. 苗床の土壌還元消毒

苗床での土壌病害虫対策として、一般的には次作の伝染源となる茎葉や塊根を持ち出した後に複数回耕うんして残さの分解を促し、ダゾメット粉粒剤、クロルピクリン剤並びにカーバムナトリウム塩液剤などの化学農薬



を用いて土壌消毒を行います。土壌消毒は基腐病対策に重要な健全苗を生産する「持ち込まない」対策のうち、汚染された苗床の土壌を清浄化する技術となります。しかしながら、これらの土壌くん蒸剤を用いる場合には、作業時や処理期間中に刺激性のガスが揮発するため、作業者や周辺環境への影響が懸念されます。

そこで本章では化学農薬に代わる手法として、糖含有珪藻土を用いた苗床の土壌還元消毒について紹介します。詳しい解説は、「サツマイモ基腐病を防除する苗床の土壌還元消毒技術標準作業手順書」（参考資料1）に掲載しています。

### (1) 苗床土壌還元消毒の特徴

#### 1) 土壌還元消毒について

土壌還元消毒は、土壌に有機物を混和して湛水し、30℃以上の高い地温で還元状態にすることにより、糸状菌、細菌、線虫など土壌中の病害虫を死滅させる防除技術です。化学合成農薬を用いない環境負荷の低い土壌消毒技術として注目されています。初めに、米ぬかや糖含有珪藻土など分解されやすい有機物を土壌中にすき込みます。次に、湛水するまでかん水した後、地表面を農業用の透明フィルムで被覆します。太陽熱により地温が30℃程度まで上昇すると土壌中

の微生物がすき込んだ有機物と共に酸素を消費して大量に増殖しますが、湛水と被覆により土壤への酸素の供給は断たれているため、土壤内は酸素の少ない還元状態となります。その結果、病害虫は酸欠やそれに付随する作用によって死滅し、土壤中の密度が低下します(図1-1)。

## 2) 糖含有珪藻土について

糖含有珪藻土は、トウモロコシ・かんしょでん粉を原料にした糖化工程で副生される環境配慮型の製品で、糖化液由来の糖とろ過助剤である珪藻土を主成分とします(図1-2)。土壤還元消毒資材としての糖含有珪藻土には、①粉状で扱いやすい、②水溶性の糖が土壤深くまで浸透して還元消毒できる、③還元消毒時の臭い(どぶ臭)が少ないという優れた特徴があります。本資材は、鹿児島県のでん粉・糖化メーカーより九州・沖縄地域限定で販売されています。

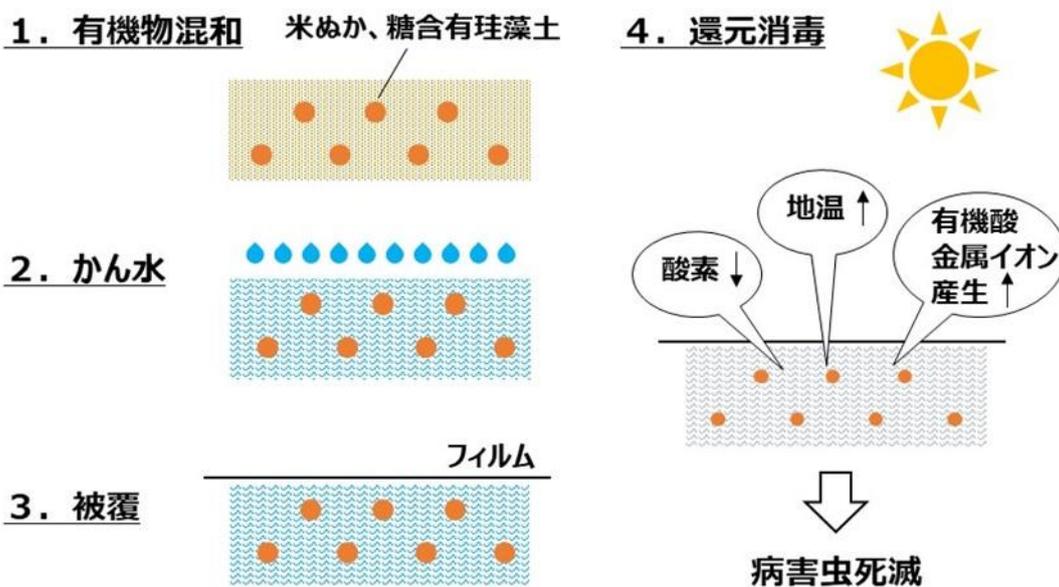


図1-1 土壤還元消毒の模式図



図 1-2 糖含有珪藻土

製造元の株式会社サナス（電話 099-269-1011）へお問い合わせの上、お近くの販売代理店を通じてご購入ください。安全データシート（SDS）をあらかじめご確認の上、適切に作業してください。

## (2) 苗床土壤還元消毒の作業手順

苗床で土壤還元消毒を行う際の作業手順を工程ごとに紹介します。土壤還元消毒では 30℃以上の高い地温で 3～4 週間維持するため、消毒適期は夏期（7～9 月）に限定されます。本マニュアルでは、かん水に頭上スプリンクラーを用いています。前出の作業手順書（参考資料 1）にはかん水チューブなど他の方法でかん水する場合を含めて、作業内容を詳細に記載していますのでご参考ください。なお、天井フィルムを展張したままでハウス内を閉め切り土壤還元消毒を行うことで、天候に左右されずに作業が行えます。さらに地温が上がりやすくなり、より安定して消毒できます。ただし、ハウス内が高温になるため、涼しい早朝や夕方に作業を行い、日中の暑い時間帯はかん水に充てるのが望ましいです。

## 1) 事前準備

基腐病菌は罹病残さ上で生き残るため、育苗終了後に茎葉や種イモは苗床の外へ持ち出し（図 1-3）、取り切れない残さの分解を促すため、何度か耕うんします。苗床は高低差がないように均平に耕うんし、均一に湛水できるようにします。



図 1-3 作物残さの持ち出し前の育苗床

資材散布前の土壌の水分状態は、握ると塊ができて放すとひびが入る程度であれば、処理作業が順調に進行します（図 1-4）。土壌還元消毒は、被覆してからの 3 日間に晴天が続くと高い消毒効果が得られるため、天気予報を確認して処理日を決定します。

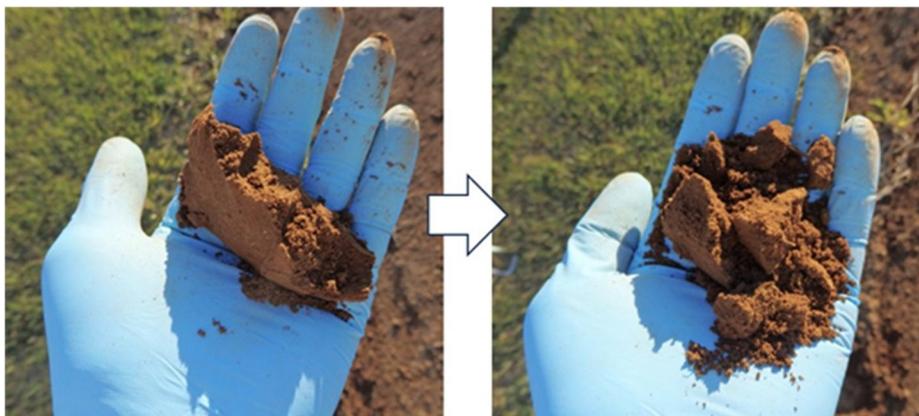


図 1-4 資材散布前の水分状態の適した土壌  
（左：握った直後 右：手を開いた後）

## 2) 資材散布、耕うん、鎮圧

土壤還元消毒資材に用いる糖含有珪藻土は、10 a 当たり 1 トン（1 m<sup>2</sup>当たり 1 kg）苗床全面に均一に散布します。小面積であれば手撒きで問題ありませんが、大面積ではライムソーア、ブロードキャスタなどの散布機を用いると効率よく作業できます（図 1-5）。

散布後にトラクタで資材を土壤中にしっかり耕うんします（図 1-6）。さらに、ほ場全面にトラクタを走らせて土壤を鎮圧し（図 1-7）、土壤の水分保持力を高めます。



手撒き



スピナ式ブロードキャスタ

図 1-5 糖含有珪藻土の散布



図 1-6 耕うん（資材のすき込み）



図 1-7 耕うん後の鎮圧

### 3) かん水、被覆

耕うん、鎮圧後に頭上スプリンクラーからかん水を開始します。土壌全体が十分に水を含んでぬかるむまで、一般的には苗床 10a 当たり 100~150 トン (1 m<sup>2</sup> 当たり 100~150 L) かん水しますが、苗床により土壌の透水性が異なるため、水はけの良い苗床ではさらに多くかん水します。土壌全体が水を含むようになると、ほ場全面に水たまりが現れます (図 1-8 左)。試験した多くの苗床では一晩かん水しました。地中への水のみたまり具合は、農業用支柱を用いて簡便に確認できます (図 1-8 右)。農業用支柱を地中へ垂直に小刻みに突き刺してゆき、底に当たったところで引き上げます。引き上げた支柱に付着した泥水の長さから、浸水している深さを把握できます。苗床内の複数地点全てで泥水が 30 cm 以上付着するようにかん水します。

次に、農業用の透明フィルムを苗床全面に被覆します (図 1-9)。苗床全面を被覆したら、端から空気が漏れないように、端を土や鉄パイプなどで押さえたり、土中に埋め込んだりしてしっかり固定します。傷や破れを補修すれば、中古の農業用フィルムでも代替できます。

被覆固定後にはフィルム上に水たまりができるまで 15 分間程度散水して、フィルムと地表面との密着性をより高めます。



図 1-8 かん水終了後の苗床の苗床（左）と水のたまり具合の確認方法（右）  
農業用支柱を用いて泥水が付着している部分（波括弧）の長さから浸水している深さを把握する。



図 1-9 農業用フィルムの被覆

#### 4) 消毒中、消毒後の対応

消毒期間中はフィルムがはがれないように注意し、地表面を被覆したまま 30℃以上の高い地温で湿潤状態を 3~4 週間維持します。外張りがあるハウスでは、地温を高めるために消毒期間中に天窗や側窓を閉め切ります。土壌の還元化が順調に進むと、処理数日後から弱い還元臭（どぶ臭）が発生して周囲に漂います。土壌の還元程度はジピリジル反応によって簡便に確認できます。鉄さびの生じないステンレス製の移植ごてを使って新しく露出した断面や手で割った直後の土塊をろ紙に広げ、 $\alpha, \alpha'$ -ジピリジル溶液（ $\alpha, \alpha'$ -ジピリジル 1 g を 10% (v/v) 酢酸 500 mL に溶解）を数滴滴下します。還元していれば即時に鮮明に着色し、着色の濃さや反応の時間により還元程度を評価します（図 1-10）。還元していなければ変色しません。

消毒終了後は被覆フィルムを除去し、トラクタが入れるくらいまで乾いた後、耕うんして土壌に酸素を含ませます。この時、資材をすき込んだ深さよりも浅く耕起すると、消毒されていない下層土壌からの再汚染のリスクを避けられます。耕うん数日後にも還元臭が残っている場合には、再度耕うんします。畝立ての 10 日程度前まで被覆したままで構いません。



図 1-10 ジピリジル反応による還元状態の確認

土壌の還元化で生成された 2 価鉄と反応し、赤く呈色する。2 価鉄は空気に触れると次第に酸化されるため、採取後すぐに反応させる。還元していれば即時に鮮明に着色し、還元していなければ変色しない。着色の濃さや反応の時間により還元程度を評価する。

### (3) 苗床土壌還元消毒の効果

苗床で土壌還元消毒を実施した場合の基腐病に対する防除効果について紹介するとともに、作業に要する人員・時間および作業コストから経営面についても評価します。

#### 1) 防除効果

2022～2023 年にのべ 30 か所以上の現地苗床で土壌還元消毒を実施し、翌春の育苗状況を調査したところ、大半の苗床で健全苗の生育を確認しました。鹿児島県南九州市の生産者現地苗床では、2022 年 8 月に土壌還元消毒（平均地温 36.0 °C、深さ 15 cm）を実施し、試験終了後の翌春に「シロユタカ」および「みちしずく」を挿し苗育苗した結果、消毒前の前年作では基腐病の発病株率が 10%以上あったのに対し、消毒後には発病は認められませんでした（図 1-11、表 1-1、苗床 a）。同様に処理した隣接ハウスでは、蒸熱処理した「みちしずく」の種イモおよびその挿し苗を育苗し、こちらでも発病は確認されませんでした（表 1-1、苗床 b）。



図 1-11 土壌還元消毒実施苗床での育苗状況

表 1-1 土壌還元消毒前後の苗床での育苗中の発病株率

苗床No.	発病株率	
	2022年	2023年
a	10%以上	0%
b	10%以上	0%

## 2) 経営評価

鹿児島県鹿屋市の生産法人苗床（各 2.5 a）において、糖含有珪藻土を用いた土壌還元消毒とダゾメット粉粒剤を用いた薬剤消毒を行い、作業に要する時間および人員（作業工数）を比較しました（図 1-12）。作業時間に関して、土壌還元消毒ではスピナ式ブロードキャスタを用いて資材 250 kg を 3 分間、薬剤消毒では背負い式散布機を用いて資材 5 kg を 7 分間で苗床全面に均一に散布しました。かん水中はほとんど対応しないため作業時間には含めず、それ以外の工程で実作業時間を比較したところ、土壌還元消毒は合計 35 分間、薬剤消毒は 31 分間とほぼ同等でした。また、作業人員に関しては、資材散布に土壌還元消毒で 4 名、薬剤消毒で 2 名を要しましたが、それ以降はほぼ同数でした。以上より、土壌還元消毒と薬剤消毒は作業工数に大きな差は生じないと評価しました。

続いて、作業に要した時間および人員を基に、資材費を含む作業全体のコストを試算しました（表 1-2）。作業コストを苗床 2.5 a 当たりで算出したところ、土壌還元消毒は約 39,100 円、薬剤消毒は約 25,500 円となり、土壌還元消毒の方が約 13,600 円高くなりましたが、苗床 1 a からは本圃 1.0~1.2 ha 分を採苗できるため、本圃 10 a 当たりに換算すると作業コストは土壌還元消毒の方が約 550 円上昇に留まります。

## 土壌還元消毒（35分）



## 薬剤消毒（31分）



図 1-12 土壌還元消毒と薬剤消毒の作業工数の比較

表 1-2 薬剤消毒と土壌還元消毒における作業コスト

項目	単価	必要量	コスト/250㎡	
糖含有珪藻土	¥1,900 / 20 kg	250 kg	¥23,750	
ダゾメット剤	¥16,280 / 10 kg	7.5 kg	¥12,210	
被覆資材（共通）	¥25,300 / 100m	38 m	¥9,615	
項目	単価	土壌還元消毒	薬剤消毒	備考
資材費		33,365	21,825	上表より
労働費*				
薬剤散布	¥2,000/ 10a	0	500	
資材散布	¥150 / 袋	1,875	0	機械散布
混和作業	¥5,500 / 10a	1,375	1,375	
鎮圧作業	同上	1,375	0	
補助者賃金*	¥853 / 時間	1,134	1,763*	*待機含む
小計		5,759	3,638	
<b>合計</b>		<b>39,124</b>	<b>25,463</b>	

\* 鹿屋市の令和5年度農作業標準賃金及び農作業料金を参照。  
<https://www.city.kanoya.lg.jp/nouinouchi/sangyo/nogyo/inkai/h30nosagyo.html>

## (4) 土壌還元消毒の重要管理点

以下では、南九州のサツマイモ苗床で広く設置されている頭上スプリンクラーを使用してかん水することを想定しています。かん水チューブを使用する場合の注意事項は「サツマイモ基腐病を防除する苗床の土壌還元消毒 技術標準作業手順書 別冊(参考資料1)」にて詳しく記載しています。ぜひそちらもご一読ください。

### 1) 苗床の雑草繁茂

苗床は高低差がないように均平に耕うんし、均一に湛水できるようにする必要があります。雑草が生い茂っている状態では床面に凹凸ができ、還元資材をムラなく散布することができません。被覆の密閉性にも影響がでる場合があるので、土壌還元消毒前にはあらかじめ雑草管理をしておきましょう。

### 2) かん水設備の点検

かん水の勢いが弱いと、水が苗床全体に行き渡らずにムラが生じる場合があります。還元消毒の失敗につながります。対策としては①一度にかん水する面積を絞ることで水圧を上げる、②水を貯めてポンプで水圧を上げてかん水する方法があります。それでも十分な水圧を確保できない場合には薬剤消毒を選択しましょう。

頭上スプリンクラーに目詰まりがあると、コマが回転しないので水が広がらず散水ムラが生じてしまいますので、かん水前には確認、修理しておきましょう。

### 3) 苗床の土壌水分状態

消毒の際、土壌水分は適度な状態であることが推奨されます(図1-4)。水分が少なすぎると砂ぼこりが舞う、鎮圧が不十分になるなどの不具合が生じます(図1-13)。逆に多すぎると耕うん時にダマができ、資材が十分に混ざらない場合があります。



図 1-13 水分が少ない土壌

#### 4) かん水時の苗床外への水漏れ

かん水の水が苗床の外へ流出する場合があります。かん水時は、こまめに様子を確認するようにしましょう。

#### 5) 被覆フィルムの不具合

フィルムに破れがあると空気が流入してしまい、還元形成が上手くいきません。破れはテープ等で補修し、補修しきれない場合には二重に被覆するのも有効です。

フィルムがハウス全長に比べ、短い場合には、複数のフィルムを重ね合わせても問題ありません（図 1-14）。その場合は、1 m 以上、余裕をもって重ね合わせて重しで固定することで、空気の流入を抑制することができます。一方、1 m 幅程度のマルチフィルムを複数列重ねることで被覆した場合には（図 1-15）、土壌の還元形成がいずれも不十分でした。密閉性が低くなったためだと考えられます。そのためマルチフィルムの代用は推奨されません。



図 1-14 フィルムの長さ不足のため2枚を重ねて使用



図 1-15 1m幅マルチによる被覆で失敗

## 6) 様々な被覆固定の方法

土壤還元消毒では土壤表面をフィルムで被覆し、密閉することが何より重要です。密閉が甘いと空気が流入して還元形成されません。被覆固定をしなかった場合、風が吹くと簡単に空気が流入します。23カ所での事例を通して様々な方法で被覆固定を行ってきました。それらに関する考察を以下に示します。

図1-16はフィルム端にクワなどで土をのせて固定した事例です。労力がかかりますが、地面の起伏にフィットして固定することができ、かつ面的に抑えることができるため空気の侵入口がほとんど無く、非常に優れた固定方法になります。土のせを行った場合には、ほとんどの事例において深さ5cmの浅い位置から15cmまでしっかりと還元形成が確認できました。ただし、のせた土は還元状態にならないので、消毒できないため注意が必要です。被覆を外す際は、のせていた土は端に寄せるなどし、作土と混ざらないように気を付けましょう。



図1-16 土のせ

図 1-17 は杭を地面に刺してフィルムを固定した事例です。1 m おきなど密に固定することで密閉性が高くなります。杭を挿すことでフィルムが張り、土壌表面に合わせて密着するので、密閉性が高い固定方法であると考えられます。



図 1-17 杭

図 1-18 は鉄パイプ、土のう等重しになる資材でフィルムを固定した事例です。フィルム上に置くだけであるため、労力はさほどかかりません。ただし、重しをおいたところでしか空気が遮断されないため、密閉性は下がります。そのため浅い位置では還元形成しているものの深さ 5 cm では還元形成されないことがあります。



図 1-18 鉄パイプ、土のう等重し

図 1-19 ではパッカーや、アゼ波などを使用して、被覆フィルムをハウスの支柱に挟み込みました。こまめに挟み込むことで密閉性は比較的高くなると考えられます。

連棟を同時に土壌還元消毒する場合、棟ごとのフィルムは洗濯バサミでとめることが有効です（図 1-20）。



図 1-19 挟みこみ



図 1-20 洗濯バサミ

## (5) 導入をお勧めする経営体

基腐病は土壌中の罹病残渣に生息する糸状菌が原因となる土壌病害です。「健全苗の育成」は本病の防除対策の要であり、清浄な苗床を確保するための土壌消毒は非常に重要な防除対策となります。通常は化学合成農薬を用いて苗床の薬剤消毒を行いますが、環境負荷の軽減と持続可能な生産体系の構築を目標とするSDGs やみどりの食料システム戦略に貢献できる環境保全型農業を推進していく中で、農薬を用いない土壌還元消毒にも関心が持たれています。

土壌還元消毒は以下のような経営にお勧めします。

- ・ 労働安全衛生の観点から苗床消毒で農薬を使いたくない
- ・ かんしょ栽培において農薬の使用回数を減らしたい
- ・ 夏場に苗床消毒を行える
- ・ 苗床にかん水するための水量・水圧をまかなえる水源がある

## 土壌還元消毒実施時のチェックリスト

時期	確認事項・注意事項
育苗期	資材の手配←夏季に処理が集中するため、必要数量を把握して早めに手配する
育苗後	残渣の持ち出し
	ハウスの整備←処理中に外張りがあれば、地温が上昇しやすく消毒効果も高まる
処理数日前 ～前日	事前耕起、均平化←かん水が均一に行き渡りやすくなる
	スプリンクラーの動作確認（頭上かん水の場合）
	被覆フィルム、被覆重し、かん水チューブ（チューブかん水の場合）の準備
	水源確認←大量の水を使うため水切れしないようにする
	天気確認←被覆後三日間に晴天が続くと消毒効果が高まる
	トラクター、散布機の動作確認
処理初日 （散布 ・耕起）	資材を全面に均一に散布する←まきむらがあると消毒が不安定になる
	できるだけ深くまで耕起する
	鎮圧後の均平化←特に出入口付近で高低差が生じやすいので平らにならす
	事故注意←トラクター、散布機、刃物などでけがをしない
	熱中症対策←暑い中での作業になるため、水分や休憩をこまめにとる
	結晶質シリカ対策←防塵マスク、保護メガネ、保護手袋、長袖、長ズボン、長靴を着用する
処理初日 （かん水）	かん水チューブの動作確認（チューブかん水の場合）←破れや詰まりがあれば補修する
	苗床全面への均一かん水の確認
	苗床外への漏水の防止←盛り土や波板（畔波）で補強する。
	水量計の設置（可能なら）←かん水量を正確に把握できる
処理二日目 （被覆）	かん水具合の把握←水量計や農業用支柱の突き刺しにより確認する
	被覆時の転倒注意←ぬかるみで足を取られやすい
	フィルム端の固定←覆土、重しで密封する
	フィルムの重ね合わせ←広めに重ねて固定する
処理期間中	フィルム端の補修←破れている箇所には補修テープを貼る
	被覆がはがれないように注意
処理数日後	土壌の乾燥防止（チューブかん水の場合）←追加かん水により湿潤状態を維持できる
	還元臭の確認←還元臭（ドブ臭）が漂っていれば、還元化が進行している目安になる（糖含有珪藻土の場合は米ぬかよりも臭気は弱い）
処理三週間 ～一か月後	土壌の還元状態の確認←ジリジル反応、IRIS（還元杖）、土壌色で判定する
	終了時期の見極め←処理中に天候不順が続いたら、被覆期間を延長する
	※処理後も被覆をはがさずに密封しておく、抑草効果が期待できる
処理終了後 畝立て十日 ～一週間前	被覆除去、耕起←土壌に酸素を入れるために耕起する（資材混和時より浅くする）、ドブ臭が残るようであれば耕起を繰り返す
	※基肥は慣行の施肥量でよい

## 2. 種イモの蒸熱処理

基腐病に感染した種イモを用いるとそこから育った苗が感染し、感染した苗を植え付けることで本ぼで発病します。見かけ上健全な種イモでもすでに基腐病菌が感染している場合があるため、本病害の拡大防止の上で種イモの消毒は必須です。種イモの消毒にはチオファネートメチル水和剤（トップジン M 水和剤）薬液浸漬処理が通常行われており、基腐病にも適用があります（2025年3月現在）。しかしながら、薬液浸漬は重労働であり、使い終わった薬液の適切な廃棄も必要になります。一方、サツマイモ種イモの消毒には、蒸熱処理が有効かつ省力的な方法として推奨されます。これについてご紹介します。



蒸熱処理は、飽和水蒸気（相対湿度が100%に近い気流）を利用してミバエの卵や幼虫を殺虫する技術で、1910年代にアメリカで研究が始まりました。この技術は植物検疫の分野で使用され、輸入果実の検疫処理に広く活用されています。蒸熱処理の特長として、湿度の低い乾熱処理に比べて果実の目減りや萎凋がほとんどないことが挙げられます。サツマイモ種イモの蒸熱処理では、長年培われてきたこの技術を種イモの消毒に適用し、生産現場でその防除効果を実証しました。詳しい解説は、「サツマイモ基腐病を防除する種イモの蒸熱消毒技術標準作業手順書」（参考資料2）に掲載しています。

### (1) 蒸熱処理装置の原理と仕様

蒸熱処理では温湿度が精密に制御されることと、庫内全体の温度ムラが最小限に抑えられることが求められます。そこで蒸熱処理装置は（図2-1）のように、差圧室（左）と処理室（右）の2室に分

かれた構造になっており、差圧ファンを利用して空気を強制的に循環することで、気流がムラなく処理対象物の隙間を通過し、すべての生果実にムラなく蒸熱が作用する「差圧通風」という技術が用いられます。加湿用のノズルから噴霧されるミストは、熱交換器（電気ヒータ）により加熱され水蒸気となり室内を加湿し、処理対象物の表面で水蒸気が結露する際に凝縮熱を受け取り、処理対象物の温度が上昇します。また、高精度の温度センサとコンピュータ制御によって温度を  $0.1^{\circ}\text{C}$  の精度で精密に制御することで、処理対象物の品質を保ちつつ、確実な殺虫や殺菌を行う処理条件で蒸熱処理を行うことが可能となっています。

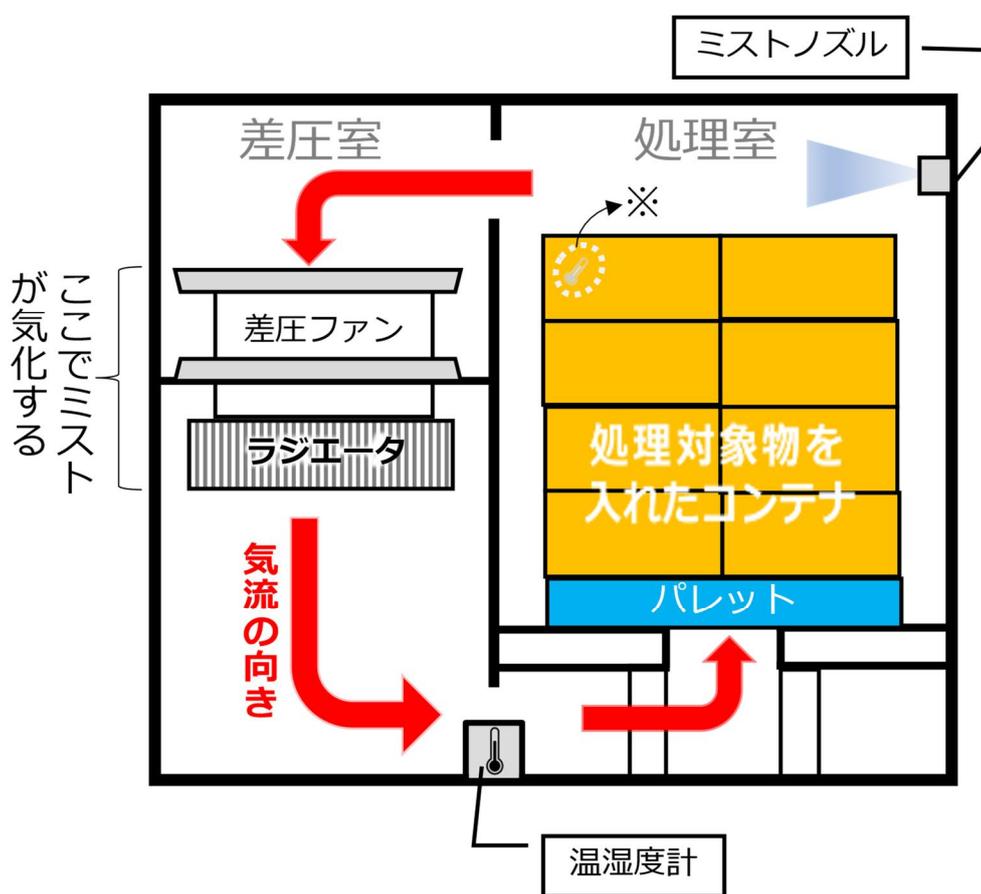


図 2-1 蒸熱処理装置の模式図

基腐病対策としての蒸熱処理装置を開発するにあたり、処理精度と現場での運用面で処理が大きな負担にならないことの 2 つの点に

ついて重点的に開発を進めました。熱帯果実の検疫処理では収穫した果実を専用の処理コンテナに移し、さらに整然と並べて処理を行います（図2-2）。しかしながら基腐病対策の現場での運用を考えた場合、収穫、保管、貯蔵で通常使用される収穫コンテナから蒸熱処理のために種イモを専用コンテナに移し替えるということは作業性の上で現実的ではありません。蒸熱処理専用コンテナと収穫コンテナの大きく異なる点は、専用コンテナは側面に開口部がない構造となっているのに対し、収穫コンテナは底面だけでなく側面も網目構造となっている点です。したがって、そのまま蒸熱処理を行うと側面から気流が吹き抜けて、「差圧通風」の効果が薄れ、温度ムラや処理庫内の温度上昇の均一性がなくなり、処理精度が落ちてしまうという問題があります。そこで、収穫コンテナを積み上げた後に、コンテナ側面全体をカバーシートで覆うことにより、コンテナ側面からの気流の流出を防止することで「差圧通風」の効果を落とさずに蒸熱処理することができるようにしました（図2-3）。これにより処理精度を維持しつつ、現場での作業手間を極端に増やすことなく蒸熱処理することが可能となりました。



図2-2 蒸熱処理専用コンテナへの熱帯果実の整列状況



図2-3 コンテナ側面へのカバーシートの装着

## (2) 蒸熱処理の条件と処理プログラム

### 1) 蒸熱処理の条件検討

蒸熱処理では、飽和水蒸気に近い気流が種イモに触れると結露し、その凝縮熱で種イモが加熱されます。一方、高温の気流で急激に種イモを加熱したり、加熱時間が長すぎたりすると、種イモが蒸されて萌芽しなくなったり、場合によっては腐敗する恐れがあります。検討を重ねた結果、気流の温度を31℃から41℃までゆっくり上げながら種イモを均一に加熱した後、48℃に上げて1時間40分加熱することで、種イモを傷めずに消毒することができることを明らかにしました。

### 2) 蒸熱処理の処理プログラム

蒸熱処理の処理プログラム(図2-4)は、暖機工程(STEP1)、蒸熱処理による高温環境に種イモが生理的に耐えるよう、徐々に温度を上げて順応させる順化工程(STEP2)、蒸熱処理温度の48℃に昇温する移行工程(STEP3)そして48℃定温で1時間40分の蒸熱処理を行う消毒工程(STEP4)で構成されています。STEP1～4を通じて湿度設定は95%とします。イモの中心温度はSTEP4の開始時点で44℃前後まで上昇し、STEP4の開始から60分前後で48℃に到達します。

処理の開始から終了まで6時間20分、処理終了後約60分の冷却運転を含めておよそ7時間20分かかることとなります。順化工程の時間を3時間30分から半分以下の1時間20分に短縮しても、装置周囲温度の高い秋季であれば、問題なく温湿度を制御できることから、処理量を増やすために処理回数を多くしなければならない場合には処理時間を短縮したプログラムでの運転を選択することも可能です。具体的な処理手順については後述します。

メニュー		プログラム設定 パターンNo. #		戻る
STEP No.	TEMP °C	HUMI %RH	TIME H:M	
0	20.0	95	0:00	
1	31.0	95	0:10	
2	41.0	95	3:30	
3	48.0	95	1:00	
4	48.0	95	1:40	

選択	削除	コピー	ウイト	リト	設定
----	----	-----	-----	----	----

図 2-4 蒸熱処理のプログラム例

### (3) イモの収穫から蒸熱処理、貯蔵までの流れ

#### 1) 種イモの収穫

蒸熱処理による種イモの消毒効果は確認されているものの100%ではありません。また炭腐病菌、白絹病菌、フザリウム属菌は蒸熱処理の温度では死なないため、これら病原菌に感染しているイモは、蒸熱処理をしても発病を抑えることはできません。従って種イモは基腐病等の病害が未発生のは場から収穫することが原則です。仮に基腐病の発生が認められるは場から収穫する場合、は場萌芽が見られる株や茎基部に異常が見られる株は基腐病に感染している可能性が高いため見かけ上健全な塊根も含めて株ごと除外します。

種イモの機械収穫時に落下、衝突等により衝撃を受けた際に生じる打撲傷は、外観に変化がなくても貯蔵中に腐敗の原因になります。収穫時の種イモの扱いは丁寧に行うことが重要です。なお、種イモは収穫が遅れると貯蔵中に腐敗する割合が高くなります。種イモの収穫はできれば雨天を避けて実施します。種イモが濡れて腐敗しやすくなる上、泥がついて異常イモの選別が困難になるためです。

生産現場で汎用されている収穫コンテナには、底面の構造が異なる数種類があります。(図 2-5)。蒸熱処理に用いるコンテナは、底面が全面網目構造である必要があります。気流は通風抵抗が少ない箇所を流れる性質があるので、底面の開口率が小さいコンテナ(通風抵抗が大きい)が混在するとそちらに入れた種イモには気流が流れにくくなり、消毒効果が不安定になります。

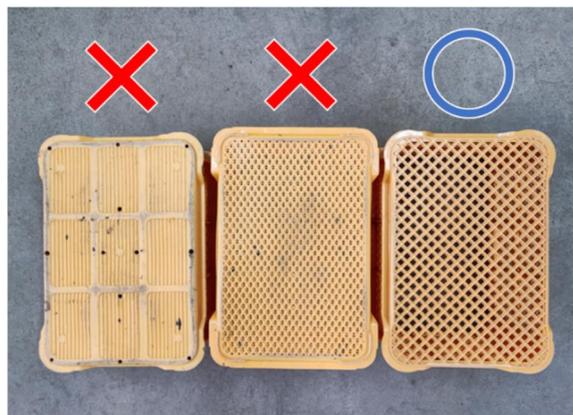


図 2-5 蒸熱処理に用いるコンテナ

## 2) 蒸熱処理から貯蔵まで

種イモには、品種固有の色と形状を備えた無病のものを選びます。よく観察し、表皮の変色や萎縮、軟化が認められる種イモは除去します。種イモの大きさは200~300g程度のものを使用します。この範囲を大きく外れるイモは萌芽数が少なくなったり、芽の揃いが悪くなったりする傾向にあります。貯蔵中に病害が進むことを考慮して、貯蔵前にできるだけ早く蒸熱処理を行うことをお勧めします。

かんしょの貯蔵条件は一般的に温度  $13 \pm 1$  °C、湿度 90~95 % が良いとされています。かんしょは熱帯に起源を持つ作物であるため元来寒さに弱く、低温下の貯蔵により障害が生じます。一般的に 10 °C 以下で貯蔵すると低温によりダメージを受け、苗床に伏せ込んだ後に腐敗しやすくなります。一方、15 °C 以上で貯蔵すると、萌芽や発根が起こります。また、二酸化炭素濃度にも敏感であるため 3 %

以下に保つこと（換気）が必要です。蒸熱処理直後の種イモは表皮が柔らかく、傷つきやすいので、輸送中の振動にも留意すべきです。蒸熱処理した種イモであっても伏せこみ前に改めて健全な種イモを選別して使用することが必要です。

#### (4) 蒸熱処理の効果

2022年10月に宮崎市の生産者の種イモ「コガネセンガン」を蒸熱処理し、同年12月末に苗床に伏せ込んで苗床での基腐病発病の経過を観察しました。蒸熱処理した種イモを伏せこみ前に選別したところ、腐敗するイモが一部見られたものの、多くは見かけ上健全で歩留まりは、92.9%でした。伏せこみ後の萌芽も順調で2023年2月末時点で95%が萌芽しました。

蒸熱処理区（蒸熱処理あり）並びに対照区（蒸熱処理なし）の基腐病発病の経過を2月末より5月下旬まで隔週で調査しました（図2-6）。基腐病初発が確認されたのが、対照区は3/27だったのに対して、蒸熱処理区では4/25と遅く、5月下旬までの累積の発病率も蒸熱処理区が低く抑えられました。対照区の発病株率は各調査回で1.1~1.7%でしたが、これだけの発病株率になると罹病株の持ち出しに労力がかかりました。

さらに、2023年9月より、鹿児島県・宮崎県の実産者の種イモ（表2-1）を預かり、蒸熱処理あり/なしのグループにわけ、貯蔵後の種イモのうち見かけ上健全なものの割合とこれらを苗床に伏せこんだ後の発病経過を調べました。

伏せ込み前に行った調査で見かけ上健全な種イモの割合を表2-1に示しました。生産者A、Bで蒸熱処理を行った場合に見かけ上健全な種イモの割合が高まりました。一方生産者Cでは蒸熱処理を行った種イモでイモ尻に乾腐症状を示す種イモが増え、見かけ上健全な種イモの割合は、下がりました。生産者Dでは見かけ上健全な種イモの割合はほとんど変わりませんでした。

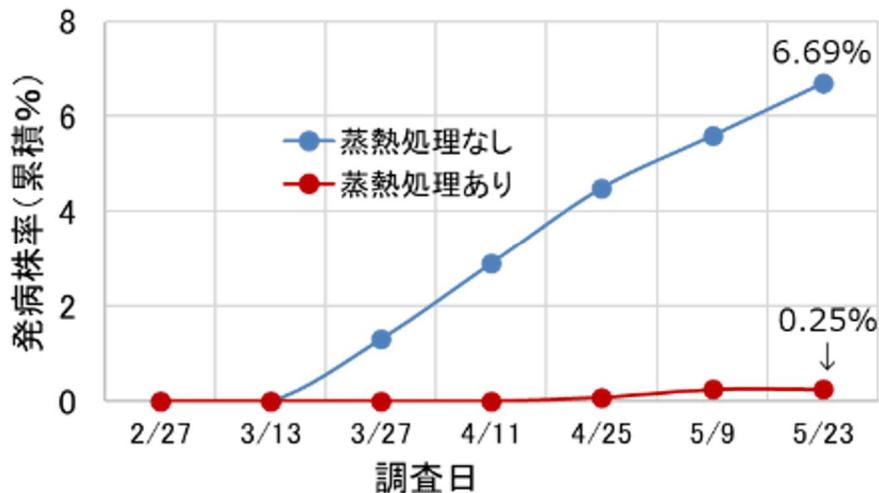


図 2-6 蒸熱処理した種イモの使用による苗床での発病抑止事例  
試験は土壌還元消毒した宮崎市内の 1 棟の苗床で実施した。罹病株は発見次第抜き取り、苗床外に持ち出した。

表 2-1 種イモ蒸熱処理の実証試験

生産者	品種	見かけ上健全な種イモの割合%	
		蒸熱処理なし	蒸熱処理あり
A	コガネセンガン	77	93
B	コガネセンガン	76	90
C	コガネセンガン	72	67
D	シロユタカ	97	96

見かけ上健全な種イモについて、蒸熱処理ありの種イモは生産者の苗床に、蒸熱処理なしの種イモは研究センターの苗床に伏せこんで、苗床での基腐病発病の経過を本ほへの定植が終わる 6 月まで追跡し、育苗期間に発病した株の割合を図 2-7 に示しました。いずれの生産者の種イモも、蒸熱処理ありの種イモの発病率は、蒸熱処理なしの種イモに比べて低かったです。特に、生産者 A では、蒸熱処理なしの発病率 48.04% に対して、蒸熱処理ありでは、0.13% と大幅に小さくなりました。

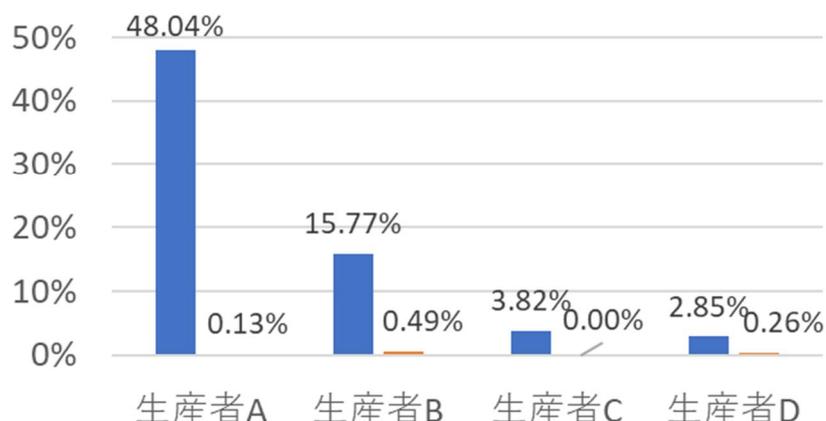


図 2-7 苗床での基腐病発病株率（累積%）

以上のことから特に生産者 A、B の種イモは潜在的に基腐病菌に感染しており、蒸熱処理を行わないと貯蔵中並びに育苗中に相次いで発病したと推察できました。一方、蒸熱処理を行うことで、潜在的に基腐病菌に感染していた種イモを消毒することができ、育苗中での罹病株の発生を大幅に軽減できることが示されました。なお、生産者 C の乾腐症状を示した種イモからは、炭腐病菌 (*Macrophomina phaseolina*) が検出されました。同菌は種イモが収穫後に高温にさらされると発病が助長される土壌伝染性の病原菌です。2024 年現在、同病に登録のある農薬は無いので本病が発生したほ場は翌年度に種イモほ場として利用することを避けるなどの対策が必要です。

## (5) 蒸熱処理装置の操作手順

基腐病用蒸熱処理装置（三州産業株式会社製 VT-24K）を例に操作手順を示します。

- ①パレットにコンテナを1段6箱、4段に積み上げ、台車に載せ、コンテナ周りをパレット部分も含めてカバーシートで覆います。

（説明）種イモの蒸熱処理では基腐病菌の殺菌に必要な温度と種イモに萌芽不良、腐敗等の温度障害をもたらす温度帯が近いため、処理装置には庫内温度を精密にすることと、時間的・空間的な温度ムラを最小限に抑えることが求められます。差圧ファンによる通風では、ファンの吹き出し側と吸い込み側を仕切り、種イモに吹き込む気流の方向を一方通行に制限し、空間的な温度ムラを最小限に抑えます。その効果を高めるためにコンテナ側面をカバーシートで巻いて覆います（図 2-8）。コンテナの積み上げ方にデコボコがあったり、種イモの入っていない空のコンテナがあったり、あるいはコンテナとパレットを覆うカバーシートに大きな隙間があったりする場合、そこが気流の通り道（バイパス）となってしまうと庫内の温度分布が不均一になる恐れがあります。



図 2-8 基腐病用蒸熱処理装置（三州産業株式会社製 VT-24K）

- ②ミスト供給水の水栓を開け、ドレインホースを排水口に差し入れます。

③コンプレッサーのドレイン栓を閉め、蒸熱処理装置の電源を入れます。

④手動スイッチでミストを発生させ、ミストノズル2か所からミストが噴霧されていることを目視で確認します。

(説明)ミストノズルは小さなゴミやスケール(水垢)等により詰まりが発生することがあります。詰まりにより加湿が不十分で、運転中に極端に相対湿度が下がると、種イモの中心温度が上がらず、処理効果が不安定になるだけでなく、乾燥した加熱気流により種イモから水分を奪ってしまい、種イモに障害が発生する恐れがあります。ミストノズルにつながる水栓が開いているかどうか、ミストノズルの噴出口(図2-9)が異物(配管内部で発生したスケール等)の詰まりにより閉塞していないかどうか確認しましょう。



図2-9 ミストノズル  
(VT-24K)

⑤処理室にコンテナを導入し、最上段の種イモ1個体の中心に装置付属の温度センサを設置した後、処理室扉を閉じます。

⑥処理プログラム(図2-4)を呼び出して消毒を開始します。

(説明)暖機工程では、装置が冷えている場合に装置内空気の加熱に加湿が追い付かず相対湿度低下のエラー警告が出る場合があります。暖機工程中の本警告は無視して構いません。

処理プログラム終了後は、自動的にダンパーが解放され外気が導入されます。処理終了後30分間はミスト噴霧しながら通風、さらに30分間はミストを止めて種イモが通風冷却されます。この工程は、種イモ表面に常温の気流をあてて、付着した結露水を蒸発させて乾燥させること、さらに、ミストの蒸発による気化熱を利用して種イモを急速に冷却することをねらいにしています。

⑦装置から種イモを取り出し、種イモを触ってまだ熱を持つ場合は、貯蔵庫に入れる前にしばらく放冷します。種イモの表面が乾いていることを確認し、貯蔵庫へ入庫します。

⑧処理の経過を後から確認できるよう、装置付属のデータロガーにより記録された処理中の温湿度記録を保管するようにしましょう。

(説明) 基腐病対策の蒸熱処理では処理直後にその消毒効果を目視等で確認することはできないので、消毒効果のある蒸熱処理プログラム通りに処理が行われ、種イモの品温が処理効果のある温度で一定時間処理されたかどうかを消毒効果を判断する指標となります。そこで、三州産業(株)製の蒸熱処理装置には庫内温度、庫内湿度、種イモの品温を記録するデータロガー(記録計)を搭載し、毎処理の温湿度記録を残すことで蒸熱処理効果を担保するようにしました。それにより蒸熱処理を依頼するかんしょ生産者と蒸熱処理を請け負う業者とのトラブルを未然に防ぐよう対策を行いました。

## (6) 蒸熱処理装置の保守管理

### 1) 乾湿計のメンテナンス

種イモの蒸熱処理では、温度と湿度が正確に測定されていることが安定した処理の前提です。相対湿度の測定には、高湿度域でも正確な測定が可能な乾湿計を用いています。乾湿計は乾球温度計と湿球温度計から構成され、相対湿度は両温度計の温度差により算出されます。

湿球温度計の感温部には専用のガーゼが巻かれ、そのガーゼを湿らすための水を入れるポットが取り付けられています(図 2-10)。感温部に巻かれたガーゼの表面から水が蒸発するとき、その周囲の熱を奪いますが、これによって湿球の温度が下がり、乾球と温度差が生じます。空気が水蒸気で飽和していて水が蒸発出来ない状態のとき、両者の温度差はゼロとなり、相対湿度は100%と算出されます。

従って乾湿計で正しく測定するには、次のような注意が必要です。ガーゼを湿らすためのポットの水が無くなりガーゼが乾いてしまうと湿度は正しく計算できません。運転前にガーゼを湿らすためのポットの水が減っていないことを確かめてください。また、ガーゼが汚れたり、固くなったりすると、水の飽和水蒸気圧が変わり、計算上の誤差が生じます。このようなガーゼは新しいものと交換してください。ガーゼと温度計の感温部との間に隙間がないようにガーゼを巻いて、ガーゼがポットから吸水して濡れているのを必ず目視で確かめてください。正しい温湿度制御が出来ていないと処理が不十分になったり、種イモに障害が発生したりする恐れがあります。



図 2-10 乾湿計（右写真は乾湿球の感温部を拡大）

乾湿計のカバーを外して撮影。赤印の温度計が湿球、青印の温度計が乾球である。

## 2) シーズン終了後のメンテナンス

蒸熱処理では装置室内に結露が生じます。装置室内は防水されていますが、わずかな隙間から水分が装置内部に入り込みます。処理室床面に泥がたまってしまった場合には都度流水で洗い流します。処

理終了後の乾燥が不十分だとカビが発生する原因になるばかりでなく、装置の腐食の原因になりますので、十分に乾燥させてください。

ミストノズルやポットなどに水が残ったまま長時間放置すると内部の水が蒸発し、残った石灰分によってガーゼが汚れたり、スケール（水垢）によってノズルが詰まったりし、故障の原因になります。処理シーズンが終わったら水が残らないように十分排水してください。

### 3. 効率の良い挿し苗育苗

かんしょの育苗においては、自家種イモを伏せこんで苗を伸ばす方法が主流となっています。一方、病害発生リスクを大幅に減少させ、品質と収量を安定させるためには、定期的に種苗を更新することが必要です。そこで、種苗会社等から購入した茎頂培養苗（バイオ苗）を効率的に増殖する育苗技術の開発が求められています。本章では挿し苗育苗について、栽植密度の違いが苗の生育及び本ぽでの収量に及ぼす影響について紹介します。



#### (1) 挿し苗育苗の手順

挿し苗育苗は、土壌消毒後、ハウス内に1 m巾の平畝をつくり、親株として購入した茎頂培養苗（バイオ苗）を定植し、地際から展開葉7-10節程度伸びたら、5-7節の節数で適宜採苗・挿苗を繰り返す育苗方法です。基腐病に罹患していない苗のため、感染苗を本ぽに拡散しない効果があります。

挿し苗育苗の方法について図3-1に示しました。購入した切苗（親株）の下2節程度を土中に埋めていきます。つるが伸びてきたら地際2節を残して上部を5～7節で採苗します。

#### (2) 栽植密度

種イモ育苗の場合、本ぽ10 aあたり60 m<sup>2</sup>の苗床が目安として必要です（宮崎県経営管理指針）。種イモ育苗から挿し苗育苗に切り替える際、現在、種イモ育苗において本ぽに定植する苗数に余裕がなければ、密植で増殖しないと苗数が足りないことが予想されます。品種「高系14号（宮崎紅）」の挿し苗育苗における標準的な栽植密度は、株間10 cm×条間10 cm（8条）、40株/m<sup>2</sup>ですが、密植にす

ることで単位面積あたりに採苗できる苗を、種イモ育苗と同等程度確保することができます。



図3-1 挿し苗育苗の方法

図3-2のように、栽植密度を各段階に変えて挿し苗育苗をした時の採苗本数を調べました。「疎植」では、株間20 cm×条間10cmとし、4条千鳥植えて20株/㎡としました。「標準2本」では株間20 cm×条間10cm（8条）、「標準4本」では株間20cm×条間22.5cm（4条）とし、1穴に各々2本、4本植えて標準と同じ40株/㎡としました。密植では、株間10 cm×条間10cm（8条）で1穴に2本植えて80株/㎡としました。

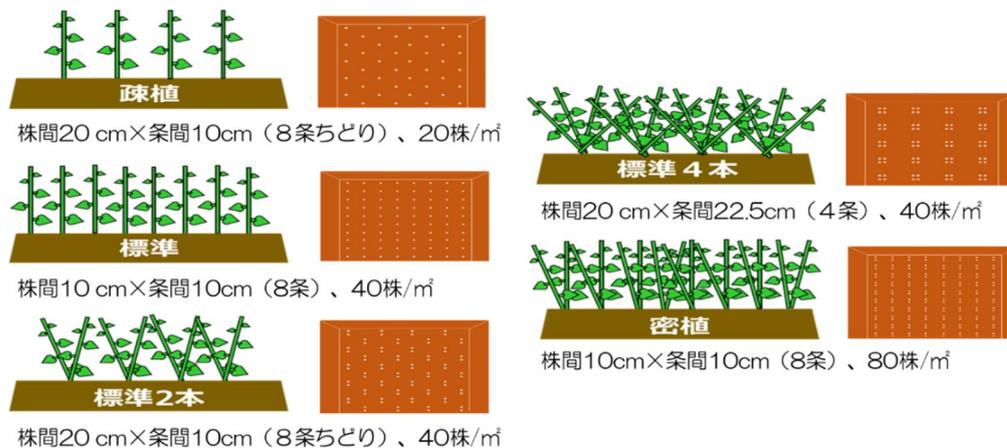


図3-2 栽植密度を変化させた試験における栽植条件

2023年、2024年の2か年共に、密植にすることで1回あたりの採苗本数が増加し、種イモ育苗と同等の採苗本数を確保することができました(図3-3)。一方、苗床の面積が本ぼの面積に対して大きい場合、疎植や標準で増殖することで、親株導入コストを下げることができます。以上のように、挿し苗育苗における栽植密度は、苗床や本ぼの面積に応じて選択してください。詳しくは、後述します。

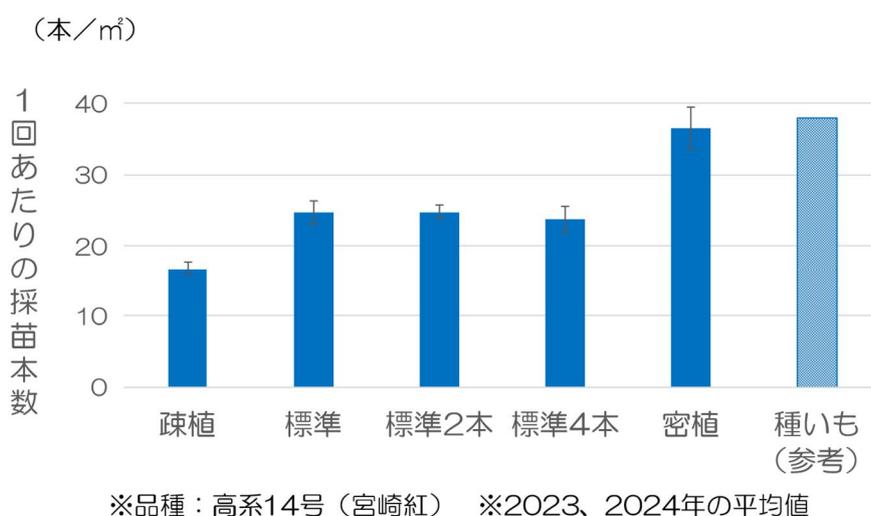


図3-3 栽植密度を各段階に変えた時の採苗本数

1 m<sup>2</sup>あたりの挿苗時間は、標準より疎植にすると短縮でき、密植にすると増加します。「標準2本」、「標準4本」のように1穴にまとめて挿苗した場合、挿苗時間が短縮できます(図3-4左)。苗床の面積に応じて作業時間は変化しますが、標準～密植にする場合は、1穴に複数まとめて挿苗することで作業時間の短縮が可能と思われます。一方、1000本あたりの採苗時間については栽植密度の高低で大きな差がありませんでした。(図3-4右)。

なお、密植にすると茎の太さがやや細い傾向にはありますが、本ぼに定植した後の上イモ収量に影響はありませんでした。

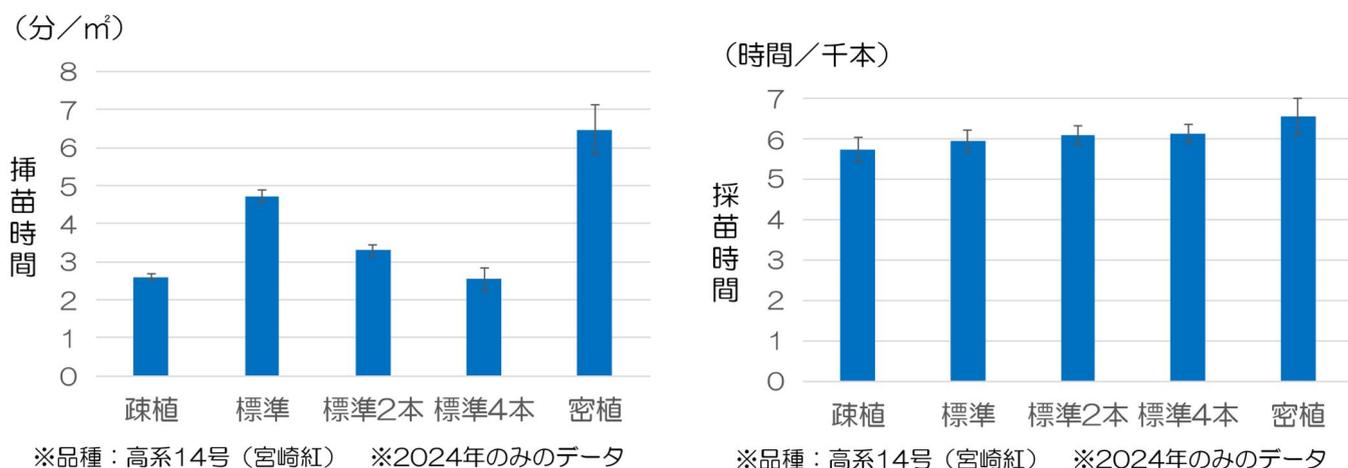


図 3-4 1 m<sup>2</sup>あたりの挿苗時間（左）と 1000 本あたりの採苗時間（右）

### (3) 育苗中の管理

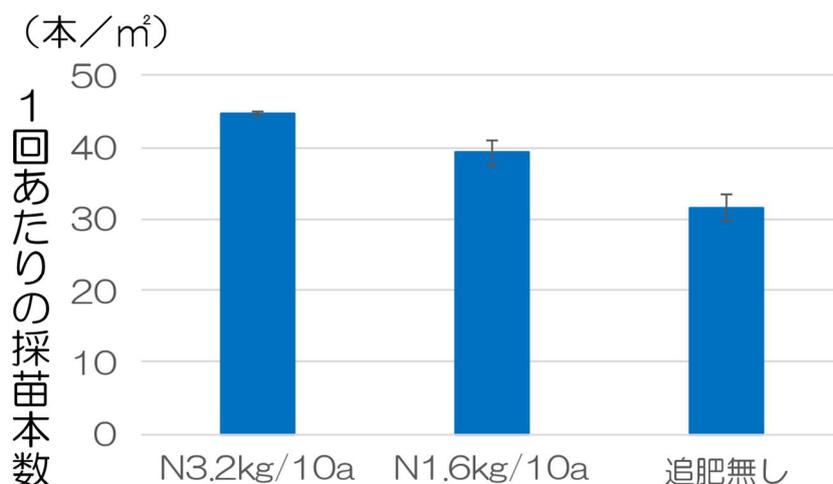
#### 1) 施肥

元肥はおおむね、窒素、リン酸、加里を各々 20 kg/10a を目安に施用します。

12月～2月下旬までは生育が遅く、堆肥や元肥を施用していれば追肥は積極的にやらずに様子を見ます。3月以降はかん水量の増加に伴い、土壌中の肥料濃度が下がるので採苗毎に追肥します。粒肥であれば14日おき（採苗毎）に、追肥量はN成分で約 3.2 kg/10a が目安です。図 3-5 は、追肥量を変えた時の1回あたりの採苗本数で、追肥を行うことで採苗本数が増えることが分かります。

#### 2) 温度管理

加温機や電熱線がある施設ではそれらを利用します。暖房設備がないハウスで年内から育苗をスタートする場合はハウスのサイドや妻面に保温性の高いシートを設置してください。また、ベッドの上にはトンネル被覆を行い（図 3-6）、寒気が強いときは、不織布等複数枚重ねて被覆し、夜間は 15℃を目安に保温につとめます。



※品種：高系14号（宮崎紅） ※2024年のみのデータ

図3-5 追肥量別の採苗数（平均14日おきに8回追肥）

※N3.2kg及びN1.6kgは、10aあたりの追肥1回分の量（株元散布）

#### 【日中の温度管理の目安】

##### ○外気温が13～18℃程度の場合

ハウス内日中30～35℃を目安に管理し、トンネル内は更に高温になるので、トンネルを換気します（図3-7）。

##### ○外気温が18～23℃超の場合

ハウス内は35～40℃になるので、トンネルとハウスの両方とも換気を行い、35℃を超えないよう管理します。



図3-6 トンネルの被覆



図3-7 トンネルの換気

### 3) 水管理

定植の数日前にたっぷりかん水し、定植後は畝全体が湿り、苗のしおれが出ない程度にかん水を行います。黒ボク土苗床における時期別のかん水頻度の目安は、表3-1の通りですが、天候によって回数が増減しますので、ご注意ください。

また、かん水を行う時間帯も重要です。厳寒期のかん水は地温を考慮します。地温が最も低下するのは朝8時～10時頃なので水温が高い場合はかん水で地温を早く上げ、逆に水温が低い場合はある程度地温が暖まってからかん水しましょう。夕方かん水すると地温を下げ、生育が遅れるので注意しましょう。3月以降は適宜かん水（土が乾いたらかける）しますが、厳寒期よりもかん水量や回数を増やし、萎れが出ないようにかん水しましょう。

表3-1 時期別のかん水頻度（黒ボク土）の目安

12月から3月上旬	週に1～2回
3月中旬4月中旬	週2～3回
4月下旬以降	週3回

かん水は既存のかん水設備（頭上散水やかん水チューブ等）を利用します。かん水チューブであれば、トンネル被覆したままかん水可能なのでオススメです。なお、水源がない場合は挿し苗での育苗は難しいです。

## (4) 挿し苗育苗の流れ

以下は、高系14号（宮崎紅）の切り苗を親株に、12月中旬から増殖をスタートする場合の例になりますので、参考にしてください。

### 1) 親株の準備

まず増殖に必要な親株（茎頂培養苗）を購入します。購入数は苗床の面積や、育苗開始時期、栽植密度に応じて検討する必要があります。

親株を種苗会社等から購入する場合、半年～1年前を目安に予約されることを推奨します。

【想定】

- 苗床の広さ：間口6m×長さ52mのハウス  
(3畝：長さ46m、ベッド巾1m ※通路除く)
- 本播：3月末から定植開始
- 切り苗：44円/本（宮崎県経営管理指針より）

まず、12月中旬に種苗会社等から切り苗を購入します。購入数は表3-2の親株数に記載のとおりです。栽植密度が高いほど、苗1本から採苗できる本数を示す増殖率が低下することが前述の試験結果から分かっています。加えて、栽植密度が高いと単位面積あたりに挿苗できる本数が増えるので、限られた期間内に満床にするためには導入する親株を増やす必要があります。そのため、栽植密度が高いほど、親株の導入コストがかかる試算となっています。

表3-2 栽植密度ごとの必要親株数

栽植密度	満床時本数（本）	採苗回数（回）	増殖率（%）	親株数（本）	価格（円）
疎植	5,520	5	80	590	25,960
標準	11,040		60	1,732	76,208
密植	22,080		40	2,744	120,736

## 2) 挿し苗育苗の増殖イメージ

親株を苗床に挿苗したイメージが、図3-8左の水色の部分になります。挿苗後、約1ヶ月後（1月中旬）から採苗が開始でき、その後は約2週間おきに採苗すると想定すると、3月中旬、5回目の増殖で満床になります。

それからさらに2週間後、3月末頃から、本ほへの定植用に苗が採苗できるという流れになります。

図3-8 右に、それぞれの採苗・挿苗時にかかる作業時間を載せています。家族経営を想定し、2人で作業する想定で計算すると、1回の増殖が1日では終わらないことがあります。必要に応じて人を雇用したり、数日かけて増殖したりすることを検討してください。

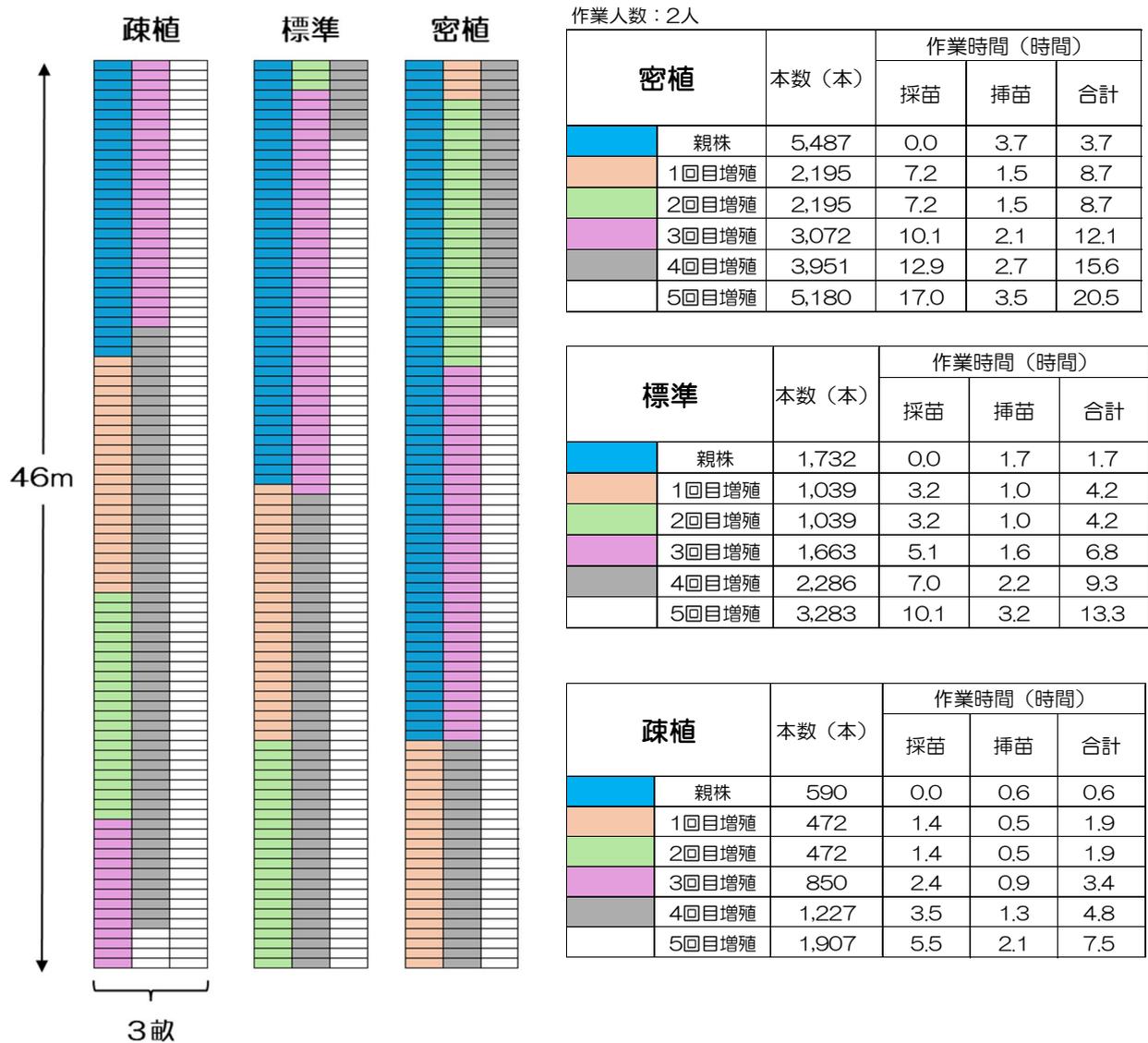


図3-8 苗床での増殖イメージ

※1 マス1 m<sup>2</sup>。※作業時間は、2人で実施した場合を想定

## 挿し苗育苗

また、本ぽへの定植用に採苗できる本数と、そこから計算した栽培面積が表 3-3 に示したとおりです。同じ苗床でも密植で挿し苗育苗することで、より多くの苗を確保できます。

表 3-3 栽植密度ごとの本ぽ定植用採苗本数

栽植密度	本ぽ定植用採苗本数 (本)	本ぽ面積 (a)
疎植	26,496	64
標準	39,744	95
密植	52,992	127

※3月末～6月上旬、2週間おきに6回採苗した場合

※本ぽにおける栽植本数：417株/a

## 3) 種イモ育苗とのコスト比較

挿し苗育苗では、次作の種イモを収穫・保管する必要がありません。そのため、これまで種イモとして保管していた分を出荷することができます。表 3-4 は、前述の 312 m<sup>2</sup>のハウスで、平均 250g の種イモを合計 5520 個 (20 個/m<sup>2</sup>) 使用して育苗していたことを想定した例です。挿し苗育苗では種イモ育苗に比べて、親株導入コストや増殖期間中の管理費はかかりますが、出荷できるイモが増えることで、結果的に挿し苗育苗のほうがコストを抑えられる可能性があります (注：青果用かんしょの販売単価によって大きく変動します)。

表 3-4 栽植密度ごとの育苗コスト

栽植密度	親株購入金額 (円)	管理費 (円)	支出合計 (ア)	種いも出荷金額 (イ)	差額 (イ) - (ア)
疎植	25,960	50,000	75,960	267,720	191,760
標準	76,208		126,208		141,512
密植	120,736		170,736		96,984

※種イモ20個/m<sup>2</sup>を伏せこんだ場合

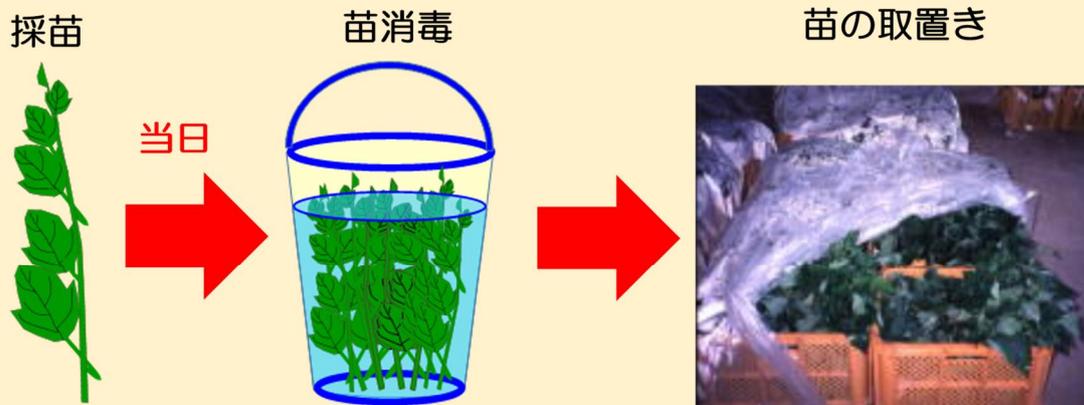
※宮崎県経営管理指針より、青果用かんしょ：194円/kgで計算

※管理費は、増殖期間中の保温資材、農薬、肥料代の概算

以上のように、適切な栽植密度で増殖・採苗することで、効率的な挿し苗育苗が可能ですが、種イモ育苗では不要な、苗床を満床にするまでの増殖作業が発生することが課題です。作業負担を少しでも軽減できる方法について、今回は 1 穴にまとめて複数本挿す方法をご紹介しますが、引き続き、労力削減できる育苗方法について研究を進めていきます。

## コラム：薬剤浸漬による苗の消毒

採苗作業において無病徴の感染苗を見分けることは非常に困難です。そこで苗は必ず消毒を行ってから増殖床ないし本ぼに挿苗します。2025年3月現在、消毒薬剤としてベノミル水和剤（ベンレート水和剤）、チウラム・ベノミル水和剤（ベンレートT水和剤20）、トリフルミゾール剤（トリフミン水和剤）が適用となっています。以下ではベノミル水和剤による苗消毒法について手順を示します。



**※ 苗全体を消毒液に30分間浸漬  
（基腐病は苗の先端でも潜在的に存在）**

- (1) 苗は、株基部から離れるほど病原菌の感染リスクが低くなります。そのため、苗は株の地際から5cm以上切り上げて採取することで、より健全な苗を確保することができます。
- (2) 苗はベンレート水和剤またはベンレートT水和剤20を用いて、採苗当日に苗消毒を行います。
- (3) 汚染苗床の苗には茎先端にも病原菌がいることがあるので、苗消毒では苗全体を消毒液に30分間浸漬します。
- (4) 採苗で使用するハサミは、消毒して使用しましょう。また、消毒液は使用日ごとに毎回調製することが重要です。

（参考資料3 サツマイモ基腐病の発生生態と防除対策(令和4年度版)）

## 4. つる苗の温湯消毒

かんしょ苗の消毒方法としてベノミル水和剤による苗消毒（以下、ベノミル苗消毒）が一般的ですが、古い指導書には48℃の温湯に15分浸漬するという方法が載っています。そこで、沖縄県の主要品種「ちゅら恋紅」を用いて最適なつる苗の温湯消毒条件を検討しました。沖縄県では本品種を用いる場合、慣行としてベノミル苗消毒を基本防除として普及を進めながら、有機栽培や減農薬栽培を目指す生産者を対象に、防除方法の選択肢の一つとして温湯消毒を紹介します。これら生産者にとって、温湯消毒は苗による基腐病の本ぼへの持込みを抑える有効な防除手段になりえます。

### (1) 温湯消毒の作業手順

温湯消毒の作業手順を図4-1に示します。ここで使用した温湯消毒装置は、大型恒温槽 MR-50（アズワン）で0.1℃単位で温度設定（5～95℃）、1分単位で時間設定（5分～99時間59分）が可能です。つる苗は後述のように前日までに採苗し、冷暗所にて保管したものを用います。

- ① 大型恒温槽に50 Lの水を満たします。この水温を48℃まで上げるのにおよそ30分かかります（図4-2左）。また、温湯消毒後の冷却のため桶などに適量の水を貯めておきます（図4-1）。
- ② 水温が48℃まで上がったら、苗100本程度を1束にして15分間全身を浸します。苗を投入直後から数分で束内部は速やかに48℃に到達します（図4-2右）。
- ③ 温湯消毒後は、速やかに水道水で2分間ほど冷却します。
- ④ 温湯消毒後は、できるだけ当日中に定植します。

大型恒温槽 MR-50 を用いた場合、電源をいれてからおおよそ30分で48℃に到達し温湯処理が始められます。このため、温湯消毒は

## つる苗の温湯消毒

5時間で14回（苗約1400本）の処理が可能で、その間のお湯の交換は不要です。



図4-1 つる苗を用いた温湯消毒の作業手順

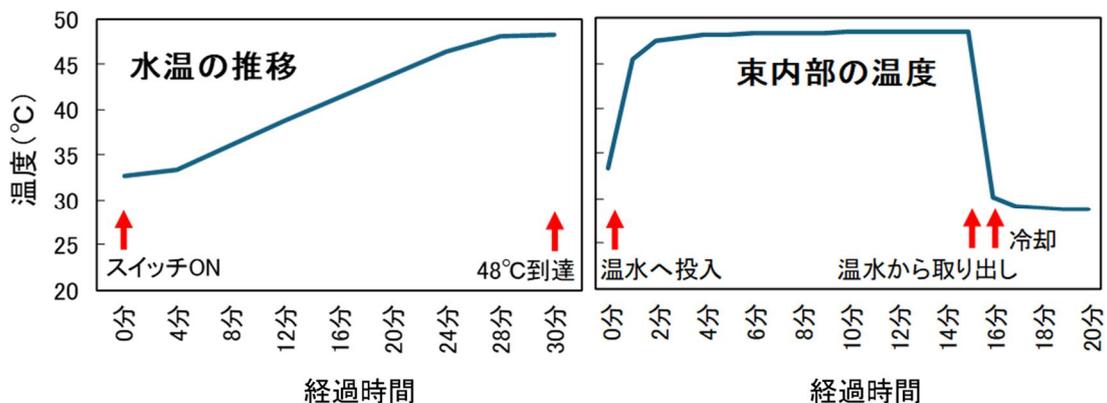


図4-2 温湯消毒の水温および束内部の温度の推移

大型恒温槽 MR-50（アズワン）を使用。MR-50（アズワン）は、単相200V電源が必要です。2024年10月現在の定価は¥162,800で、レンタルもあります。

## (2) 温湯消毒に最適なつる苗の条件

図4-3には採苗経過日数における温湯消毒の生育への影響について示しました。ベノミル苗消毒では採苗当日消毒が励行されていますが、「ちゅら恋紅」のつる苗では採苗当日に温湯消毒を行うと、苗の生育が著しく抑えられることが分かりました。苗を1～5日取り置いてから温湯消毒（48℃15分）を行うことで、苗の生育異常や植え痛みが減少することが分かりました。なお、細くて軟弱な苗は温湯消毒に適さないため、採苗の際は生育の良好な苗を選ぶように注意します。

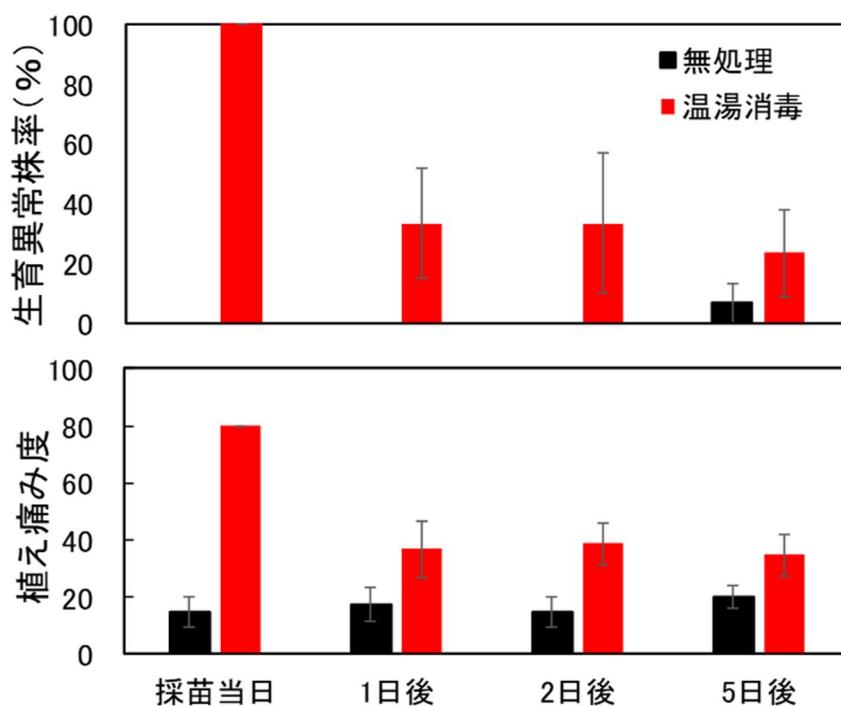


図4-3 採苗経過日数における温湯消毒の生育への影響（育苗7日後）

供試品種「ちゅら恋紅」、採苗当日（0日）、1日後、2日後ないし5日後に温湯消毒（48℃15分→冷水2分）を行った。その後、培養土を入れたトレイ内で育苗した。育苗7日後の茎頂部の褐変・枯死（図4-4）と指数3以上（図4-5）の株数から生育異常株率を調査した。また、指数の計算式（図4-5）より植え痛み度を調査した。エラーバーは標準偏差を示す。調査は苗30本/区3反復で行った。



図4-4 茎頂部の褐変・枯死

0	症状なし～ 10%未満の 葉枯れ		3	指数2+ 茎頂部褐変	
1	10～30%未満 の葉枯れ		4	指数2+ 茎頂部枯死 (脇芽は生存)	
2	30%以上の 葉枯れ		5	指数2+ 茎頂部、脇芽 が枯死	

図 4-5 生育異常株の指数および植え痛み度の算出法

$$\text{植え痛み度} = \sum \{ (\text{指数 } 0 \sim 5 \times \text{各株数}) / (5 \times \text{調査株数}) \} \times 100$$

### (3) 温湯消毒の防除効果および生育・収量への影響

基腐病菌を接種したつる苗を温湯消毒したところ、ベノミル苗消毒と同様に生育中の基腐病の基部発病の抑制に有効でした(図4-6)。一方で、温湯消毒した苗では初期生育の異常や植え痛みの影響が出やすい傾向にありました(データ未掲載)。しかしながら、生育後期

には地上部の生育はほとんど回復し、収穫時には無処理と比べて地上部の被覆度に大きな差はありませんでした（図4-7）。

収量を比較すると、2023年試験（秋植え）では温湯消毒と比べてベノミル苗消毒で高い収量が得られました。このとき、無処理では発病著しく（図4-6）収穫皆無となりました。2024年試験（夏植え）では無処理と比べて温湯消毒とベノミル苗消毒のいずれも高い収量が得られ、両区は概ね同等の収量を示しました。この年は大きな台風の襲来もなく、生育も非常に良好であったため、収量が増加したものと考えられます。また、発病イモ率では、2023年試験で温湯消毒の方がベノミル苗消毒よりも低く被害を抑える傾向を示しました。2024年試験では温湯消毒とベノミル苗消毒のいずれも発病イモはみられず、高い防除効果を示しました（図4-8）。

以上から、温湯消毒による生育異常株や欠株はできるだけ補植を行い、生育期に登録農薬による茎葉散布を組み合わせることで、より収量や防除効果の向上が期待できます。温湯消毒による生育異常などのデメリットについては、今後よりマイルドな処理温度（変温処理等）の検討により改善する可能性があります

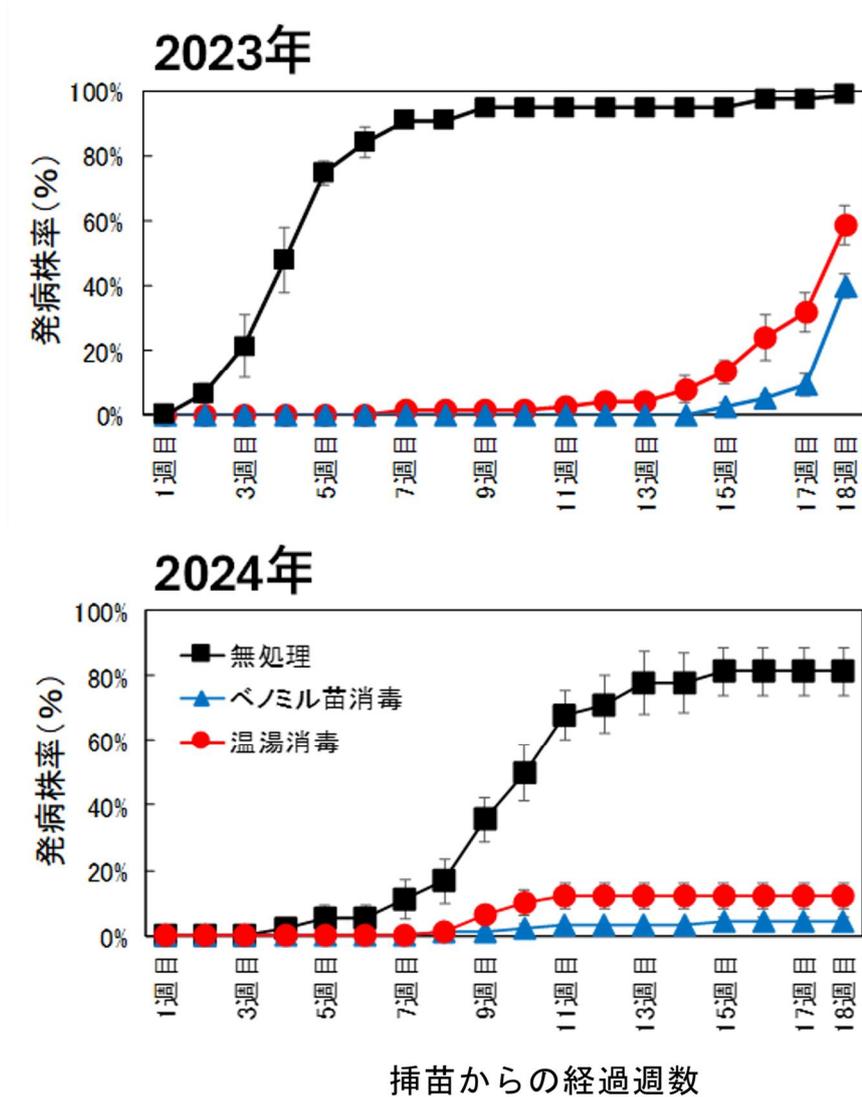


図 4-6 各試験区における地上部基部の発病株率の推移

試験地：沖縄県糸満市（2カ年ともに本病未発生の所内露地）、品種：「ちゅら恋紅」、接種つる苗（採苗当日に病原菌の孢子懸濁液を 1ml/本で噴霧）を使用した。採苗 5 日後に作業手順（図 4-1）に従い温湯消毒を実施した。ベノミル苗消毒では苗全体をベンレート水和剤 500 倍に 30 分浸漬した。2023 年（定植：11 月 1 日）、2024 年（定植：7 月 8 日）、調査は全区 33 本/区 3 反復で行った。生育異常株の補植と生育期の殺菌剤散布は行わなかった。定植 4 か月後までは二次感染を防ぐために、発病株は抜き取った。施肥やその他一般管理は沖縄県野菜栽培指針に沿って行った。エラーバーは標準偏差を示す。

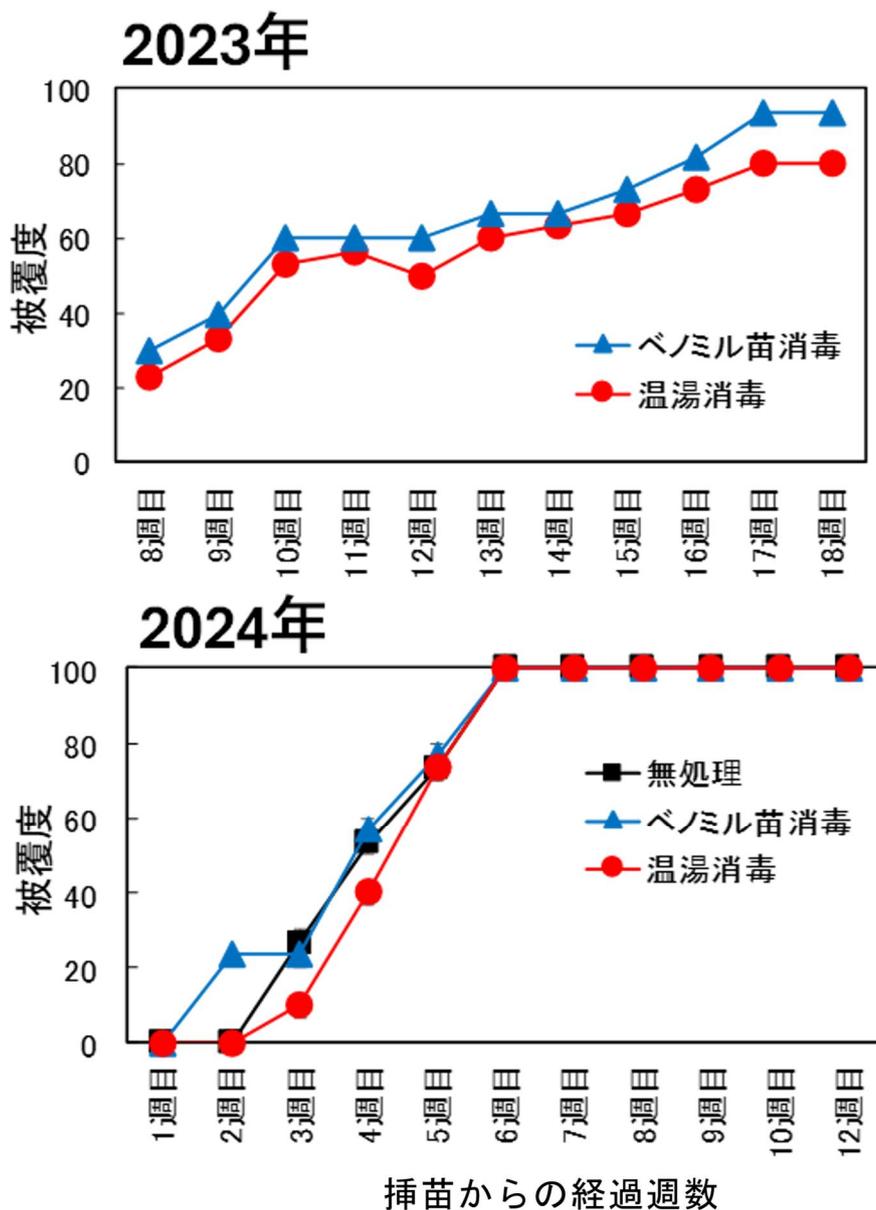


図 4-7 各試験区における地上部の被覆度

試験概要は図 4-6 を参照。地上部の被覆度については、区当たり畝内の茎葉の被覆割合（0～100%：11段階）を目視で調査した。

## つる苗の温湯消毒

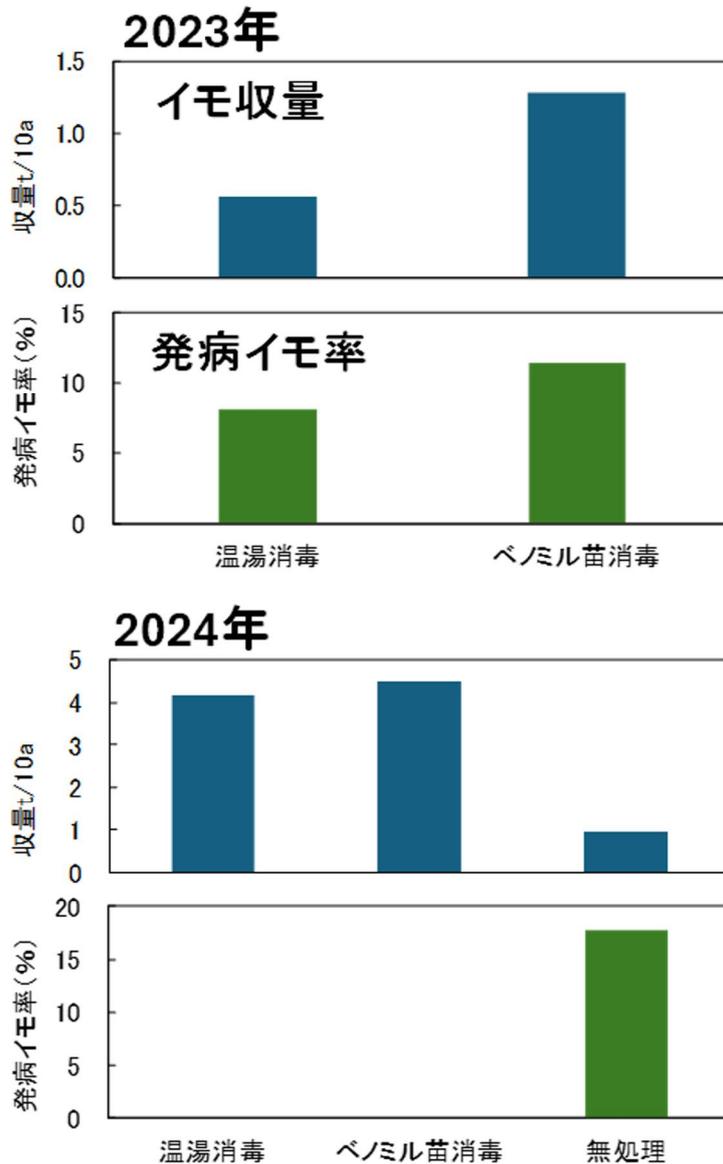


図 4-8 各試験区における収量および発病イモ率

試験概要は図 4-6 を参照。2023 年試験（定植：11 月 1 日、収穫：2024 年 5 月 20 日）、2024 年試験（定植：7 月 8 日、収穫：12 月 2 日）、収穫時に塊茎（イモ）を切断して腐敗を調査した。調査は 30 個/区 3 反復で行った。収量は 100g 以上の可販品の量を示す（発病イモは含まない）。発病イモ率は 100g 以上のイモあたりの割合を示す。

## 5. 茎頂培養苗（バイオ苗）による育苗の生産工程管理

生産工程とは原材料が加工され製品になるまでの生産活動の進行過程のことであり、農業では、土づくりや耕耘などほ場準備から収穫して出荷するまでの一連の農作業全てが農業生産工程となります。各生産工程が確実に実施されているか、記録、点検および評価を行うことが生産工程管理であり、特に農業分野においては、食品安全、環境保全、労働安全等の持続可能性を確保するための生産工程管理の取り組みのことをGAP（Good Agricultural Practice）とよんでいます。

サツマイモ基腐病対策の基本である、ほ場に基腐病菌を「持ち込まない」、「増やさない」、「残さない」対策のうち、特に育苗段階における「持ち込まない」を実践するため、鹿児島県では、サツマイモ基腐病対策の生産工程管理表の様式を作成し、県ウェブサイト上で公開しています（参考資料4）。このうち、茎頂培養苗（バイオ苗）による育苗の生産工程（図5-1）では、5つの生産工程管理表を用います（表5-1）。その一部を、図5-2、図5-3に示します。様式4-2では、前作の残渣処理から薬剤防除など育苗中の管理作業全般を記録します（図5-1、図5-2）。様式4-3では、巡回確認時の生育状況と病徴株など異常株の発生状況を記録します（図5-1、図5-3）。これらのほか、様式4-1は定植した元苗の購入先など経歴を、様式5は採苗方法や苗消毒の方法を、様式6は生産した苗の出荷先や定植先をそれぞれ記録します。

本章では、生産工程管理の手法に基づき、主に育苗ほ場で異常株が発生した場合の対処方法について概説します。

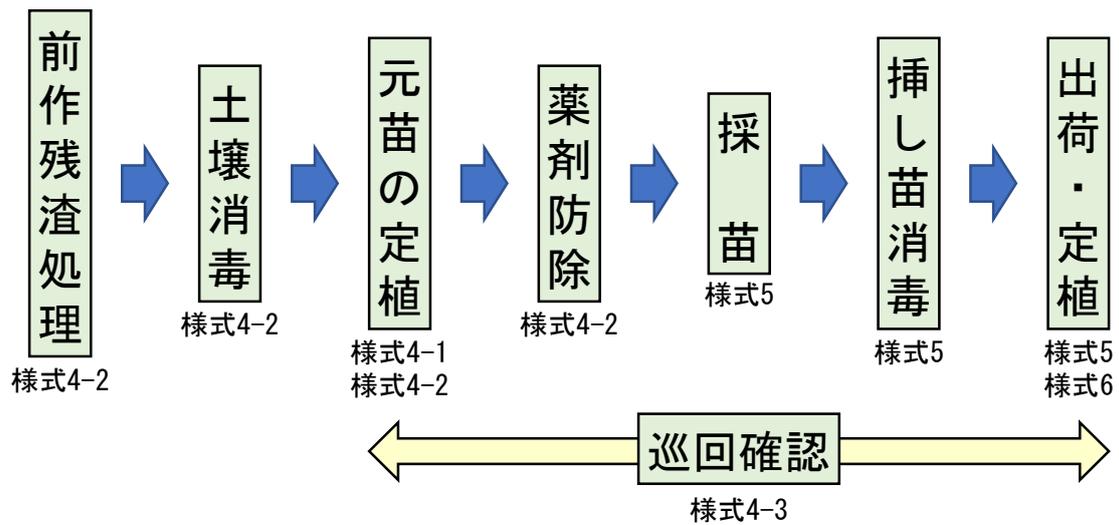


図5-1 莖頂培養苗(バイオ苗)による育苗の主な生産工程

表5-1 鹿児島県版の生産工程管理表

様式 4-1	サツマイモ基腐病対策生産工程管理表（基苗管理表） 記載内容：元苗の経歴、定植日
様式 4-2	さつまいも基腐病対策生産工程管理表（育苗編） ～莖頂培養苗（バイオ苗）版 記載内容：前作の残渣処理、土壌消毒の方法・時期等、育苗中の管理
様式 4-3	さつまいも基腐病対策生産工程管理表（育苗編） ～育苗ほ場巡回確認～ 記載内容：巡回状況
様式 5	さつまいも基腐病対策生産工程管理表（採苗編） 記載内容：採苗日、採苗方法、苗消毒方法
様式 6	サツマイモ基腐病対策生産工程管理表（採苗及び出荷・定植管理表） 記載内容：採苗日、採苗本数、出荷先・定植ほ場等

## 育苗の生産工程管理

さつまいも基腐病対策生産工程管理表（育苗編） ～茎頂培養苗（バイオ苗）版～									
【用語説明】									
茎頂培養苗（セル苗）：茎頂培養により分化した苗をセルトレイなどに植え付け順化した苗など。									
茎頂培養苗（バイオ苗切り苗）：茎頂培養苗（セル苗）を育苗床に定植・育成し、伸長したつるを採苗（切り苗）したもの。また、同切り苗を別の育苗床に定植・育成（増殖）して、伸長したつるを採苗（切り苗）したもの。									
※いずれの場合でも、茎頂培養を行ってから種いもを介さずに生産された苗である。									
1	組織名・氏名	〇〇農協・（担当：薩摩 次郎）							
2	育苗床番号等	育苗ハウス西-B-2 （500m）							
※育苗ハウスをバイオ苗の植え付け日などで区別する場合は枝番等で区別する。									
3 育苗床の土壌消毒について									
(1) 前年の採苗終了日					6月15日				
(2) 当育苗床における前年の基腐病発生程度					0株				
(3) 育苗後における、茎葉や塊根などの残さを持ち出し					持出方法	人力による回収			
(4) 腐熟促進剤等の使用									
	番号	作業日	資材名		使用量(kg)				
	1	7月10日	石灰窒素		50kg				
	2	9月10日	微生物資材（〇〇）		30kg				
(5) 耕うんによる残渣処理									
	回数	作業日	機械種類	回数	作業日	機械種類	回数	作業日	機械種類
	1回目	6月16日	トラクター	4回目	9月10日	トラクター	7回目	12月10日	トラクター
	2回目	7月10日	〃	5回目	10月10日	〃	8回目		
	3回目	8月10日	〃	6回目	11月10日	〃	9回目		
(6) 育苗床の消毒（薬剤、土壌還元消毒、太陽熱消毒等）									
薬剤名・その他消毒法			バスアミド微粒剤			実施日	8月11日		
被覆期間			3年 8月 11日 ～ 3年 8月 26日						
施用量や方法の詳細を記載			施用量30kgを全面混和し、0.1mm厚の農業用ビニールフィルムで被覆。被覆資材を外した後、耕耘してガス抜きを実施。						
(7) 植付前の残渣状況				微細な残渣等も全くみられなかった					
4 育苗中の管理について									
(1) 茎頂培養苗（バイオ苗切り苗、セル苗）の購入先、増殖元 ※バイオ苗切り苗の購入・増殖の場合、購入・増殖元の生産工程管理表を添付									
苗の種類	バイオ苗切り苗	購入先 (増殖元)	〇〇育苗センター	購入日(採苗日)	1月21日				
(2) 品種名		へにはるか							
(3) バイオ苗（切り苗）、バイオ苗（セル苗）の定植日					日付	1月25日			
(4) 巡回の実施及び異常株の除去					様式4-3を添付				
(5) 使用薬剤等 ※同一薬剤の連用は避けローテーション散布とする。									
	番号	薬剤名		倍率	使用日				
	1	Zボルドー		500倍	4年 2月 20日				
	2	アミスター20フロアブル		2,000倍	4年 4月 10日				

図5-2 挿し苗育苗に関する生産工程管理表（様式4-2）

さつまいも基腐病対策生産工程管理表（育苗編） ～育苗ほ場巡回確認～			
1	組織名・氏名	〇〇農協・（担当：薩摩 次郎）	
2	育苗床番号等	育苗ハウス西-B-2	
※育苗ハウスをバイオ苗の植え付け日などで区別する場合は枝番等で区別する。			
3 巡回状況			
番号	巡回日	生育状況	異常株抜き取り
1	○月○日	異常株なし	0株
2	○月○日	異常株なし	0株
3	○月○日	異常株なし	0株
4	○月○日	異常株なし	0株
5	○月○日	異常株なし	0株
6	○月○日	異常株なし	0株
7			
8			
9			
10			
11			
12			
13			
14			
15			

図5-3 挿し苗育苗に関する生産工程管理表（様式4-3）

## (1) 育苗中に異常株を発見した場合の対応

育苗期間中は、1か月ごとに全ての育苗ほ場を対象に定期的な巡回確認を行うようにします。目視により基腐病感染の疑いのある異常株（病徴株・生育不良株・枯死株）を発見した場合、当該株および隣接する周辺株を抜き取り、速やかに薬剤防除を行います（図5-4、図5-5）。この際、その後の本圃での薬剤防除体系への影響を考慮し、薬剤耐性菌の発生リスクが低いトリフルミゾール剤（トリフミン

水和剤) または銅剤 (ジーファイン水和剤、Zボルドー等) を散布します。

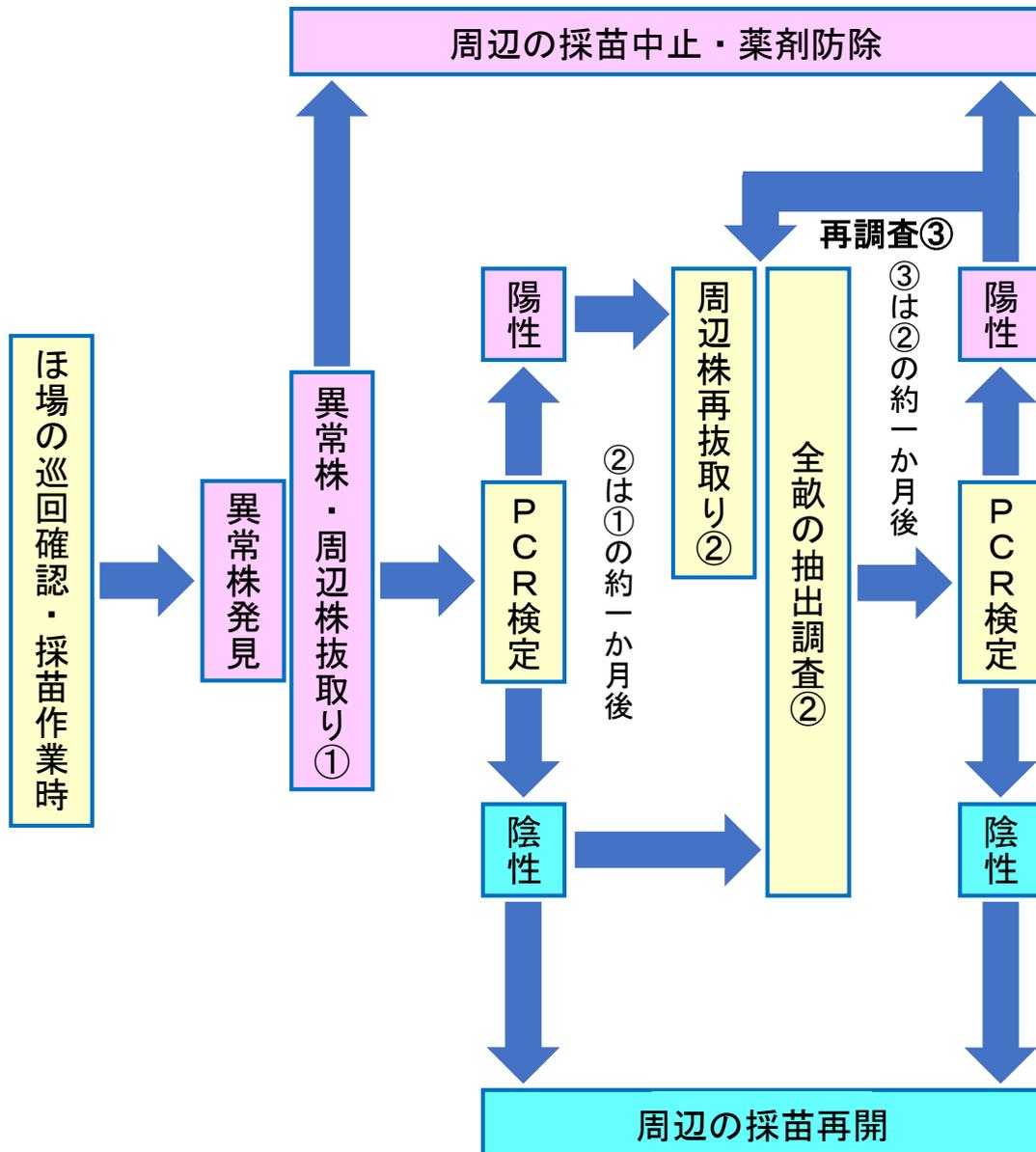


図 5-4 異常株発生時の対応手順

抜き取った株はPCR法による病害検定(以下、PCR検定、後述)を依頼します。検定結果が陽性だった場合、1か月後に周辺株の再検定を実施します。さらに検定結果の陽性・陰性に関わらず、感染が拡大せず、ほ場内の他の株が健全であることを確認するため、育苗中に全畝の抽出調査(図5-5)を行います。

周辺株再抜き取り調査および全畝の抽出調査で陰性を示した場合は感染拡大を抑制できたと見なし、追加調査は不要です。一方で陽性を示した場合、異常株を発見した場合の対応に準じて追加の薬剤防除を行い、陰性になるまでPCR検定を繰り返し実施します。抽出調査により健全株への感染拡大が認められる場合、陽性株周辺からの採苗を停止する対応が必要となります。

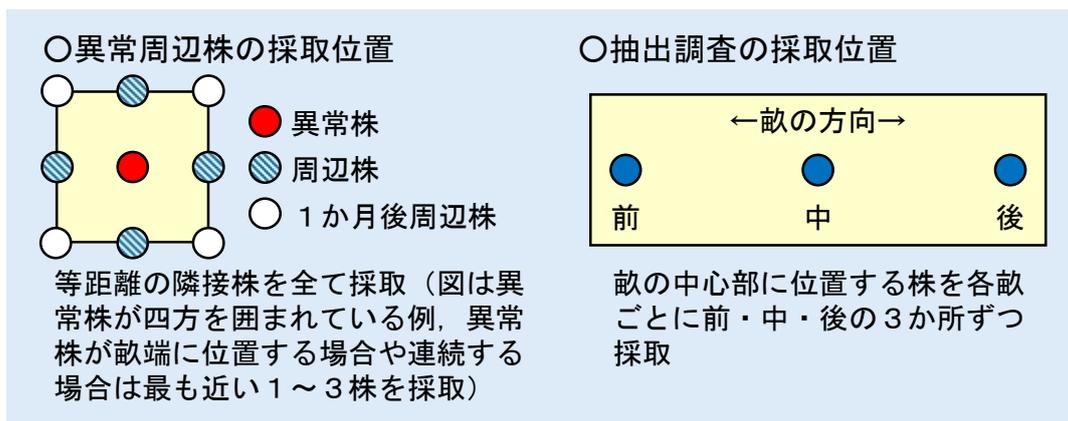


図5-5 PCR検定用試料のほ場採取方法

## (2) 茎頂培養苗（バイオ苗）の健全性の実証例

以上で示した生産工程管理の手法に基づき、病害検定を組み入れた健全種苗生産の管理体制モデルを構築するため、鹿児島県内に茎頂培養苗（バイオ苗）からの育苗ほ場を設置し、健全種苗生産の実証試験を行いました。

ほ場1では、5月の調査で枯死株（病徴無し）1株から基腐病が検出されましたが、その後の調査では検出されませんでした。ほ場2では、育苗開始から採苗完了まで基腐病は検出されませんでした。ほ場3では、1月の巡回確認で病徴株の発生が認められ、病徴株3株および周辺株6株から基腐病が検出されました。そこで、病徴株抜き取り後に薬剤散布等の対策を実施した結果、その後の調査では基腐病は検出されませんでした（表5-2）。

以上の結果から、育苗ほ場で基腐病が検出された場合でも、病徴株の抜き取りや薬剤防除など適切な対策を実施することで、ほ場の健全性を確保できることが示されました。

### (3) 生産工程管理による感染拡大の回避

ほ場3では、生産工程管理表に基づく定期的な巡回確認において、上述のとおり基腐病特有の病徴が認められる異常株が発見されたため、当該株および周辺株を抜き取るとともに、速やかに薬剤防除を行いました。採取した異常株および周辺株からはPCR検定により基腐病が検出されましたが、その後のPCR検定では基腐病は検出されませんでした(表5-2)。このことは、生産工程管理における調査や対策を適切に実施することで、周囲への感染拡大を回避できることを示しています(表5-3)。

表5-2 育苗ほ場での基腐病感染状況の調査

ほ場名		育苗ほ場1	育苗ほ場2	育苗ほ場3
品種		コガネセンガン	みちしずく	こないしん
苗供給元		民間業者	民間業者	鹿県経済連
異常株 抜取調査	調査日	令和5年5月16日	令和6年6月6日	令和5年1月18日
	調査数	枯死株7	生育不良株1	病徴株3
	感染数	1	0	3
異常周辺株 抜取調査1	調査日	令和5年5月16日	-	令和5年1月26日
	調査数	10	無し	12
	感染数	0	-	6
異常周辺株 抜取調査2	調査日	令和5年6月9日	-	令和5年5月23日
	調査数	7	無し	6
	感染数	0	-	0
育苗中 抽出調査	調査日	令和5年5月16日	令和6年5月27日	令和5年5月23日
	畦数	3	2	3
	調査数	9	6	12
	感染数	0	0	0

注1) ほ場1とほ場3は令和5年度、ほ場2は令和6年度の調査結果

- 2) ほ場1は枯死株や欠株が連続していたため、周辺株の抜取調査数が少ない
- 3) ほ場3の2回目の周辺株抜取調査では病徴株跡に隣接する2株ずつを調査
- 4) ほ場3は1畦当たり4株の抽出調査を実施

表5-3 育苗圃場3における異常株発生時の生産工程管理

実施日	項目
9月7日	土壌消毒
10月12日	バイオ苗定植
1月18日	異常株3株を抜き取り
1月21日	薬剤散布
1月26日	異常周辺株12株を抜き取り
2月9日	薬剤散布
3月8日	薬剤散布
5月23日	異常周辺株6株を採取
5月23日	抽出調査用12株を採取

#### (4) 生産現場での管理体制モデル

サツマイモの種苗生産は、個人、法人、農協等により行われており、それぞれの生産形態に応じた管理体制が必要です（表5-4）。生産工程を適切に管理するためには、管理表を記録する当事者以外に、記録した管理表の確認と巡回確認を行う者が必要となります。育苗に関する生産工程管理の確認と巡回確認を行う機関としては、市町村・農協・民間業者・都道府県普及指導員等で構成される対策班等の組織が適していますが、酒造会社等との契約栽培の場合、委託元が責任を持って巡回するなど生産形態に応じた組織を構築することが望まれます。また、PCR検定を行う機関としては、各種PCR検定業務を受託している植物病院や民間業者等が適しています。

表5-4 育苗ほ場生産工程の管理体制

種苗生産者	一般農家	契約農家	農協	農業法人 民間業者
管理表記録	生産者	生産者	生産担当者	生産担当者
管理表確認	関係機関職員 普及指導員	委託元職員 普及指導員	当該農協職員 普及指導員	当該法人職員 普及指導員
巡回確認	関係機関職員 普及指導員	委託元職員 普及指導員	当該農協職員 普及指導員	当該法人職員 普及指導員
検定試料採取	生産者 巡回確認者		生産担当者 巡回確認者	
PCR検定	植物病院 民間業者			

## (5) PCR検定の方法

ここでは、異常株および周辺株の抜き取り調査や育苗中の抽出調査における個体別の検定に適した、簡易で効率的なPCR検定法を説明します。なお、本法は微量の個別試料での検出感度向上を目的とした手法であり、生産する種苗全体の品質管理等の目的で多検体を網羅的に検定する場合は、後述の多検体分析の手法（P66）が適しています。

### 1) 試料調製

ほ場から抜き取って採取した検定用の株（異常株・周辺株・抽出株）は、付着した土を流水で良く洗い流した後、地際茎（主茎の地際部分）と根をそれぞれ約 10~50mg ずつサンプリングします。サンプリング量が必要以上に多くなると、PCR反応を阻害する夾雑物の濃度が高くなるので、50mg を超えないように電子天秤で秤量しながらサンプリングします。また、部位別にDNAを抽出することで、微量でも試料ごとのDNA検出感度が向上します。この際、表面に付着した菌の混入を防止するため、地際茎はメスやカミソリで表皮を削ってはぎ取り、根は紙ワイパーで表皮をこそいではぎ取ります（図5-6）。ただし、黒変した病徴茎や枯死した茎・根は表皮をはぎ取らず、洗浄後、そのままサンプリングします。調製した試料は、破碎用チューブ（1.5mL または 2.0mL）に入れ、DNAを抽出するまで-30℃以下で冷凍保存します。

### 2) DNA抽出

調製した地際茎と根の試料から、「バレイショ1分間DNA抽出法」（参考資料5）を改良した簡易抽出法によりDNAを抽出します（図5-7）。試料の破碎にはビーズ式破碎機等を使用し、組織片が残らないよう十分に破碎します。なお、市販のDNA抽出キット（キアゲン社 DNeasy Plant Mini Kit 等）を利用しても構いません。



図 5-6 DNA抽出用試料の調製

### 3) PCR検定

地際茎と根のDNA抽出液を1:1で混合し、PCR検定用の鋳型DNA溶液とします。両者を混合することで、どちらかの部位が陰性であっても検定結果は陽性となるため、供試数を削減することができます(図5-8)。PCR検定の反応系は、サツマイモ基腐病の発生生態と防除対策(令和4年度版)(参考資料3)に準じます(表5-5、表5-6)。なお、基腐病菌検出用Dd-ITSマーカーは農研機構の特許(特許第7349149号)であり、使用に当たっては許諾契約が必要です。また、PCR検定を行う際には、PCR反応の不具合による偽陰性を判定するために、内在性コントロール用サツマイモDNAを同時に検定します(表5-5)。基腐病菌とサツマイモDNAがともに未検出の場合、夾雑物による反応阻害が考えられるため、鋳型DNA溶液を10倍および100倍に希釈してPCR検定を再度行い、検出結果を確定します。基腐病菌が検出された場合、サツマイモDNAの検出結果に関わらず「陽性」と判定します。基腐病菌が未検出の場合、サツマイモDNAが検出された場合は「陰性」と判定しますが、サツ

マイモDNAが未検出の場合は「不明」と判定し、必要に応じて試料調製からやり直します（表5-7）。

【簡易抽出法】	【DNeasy Plant Mini Kit】
試料約50mgにEB液*を500μL添加	試料約50mgに細胞溶解Bufferを400μL添加
↓	↓
ビーズ式破砕機等で破砕	ビーズ式破砕機等で破砕
↓	↓
PA液*を160μL添加	反応停止Bufferを130μL添加
↓	↓
11,000~20,000 xgで5分間遠心	11,000~20,000 xgで5分間遠心
↓(使用する破砕チューブの上限に合わせる)	↓(使用する破砕チューブの上限に合わせる)
上清を5μL分取	上清を全て分取
↓	↓
TE (pH8.0) を195μL添加して希釈	遠心フィルターに移し20,000 xgで2分間遠心
	↓
	濾液にDNA結合Bufferを1.5倍容量添加
	↓
	遠心カラムに移し6,000 xgで2分間遠心
	↓
	濾液を廃棄し洗浄Bufferを500μL添加
	↓
	6,000 xgで1分間遠心
	↓
	濾液を廃棄し洗浄Bufferを500μL添加
	↓
	20,000 xgで2分間遠心し濾液を廃棄
	↓
	溶出Bufferを100μL添加し室温で5分間放置
	↓
	6,000 xgで1分間遠心しDNAを溶出
	↓
	溶出Bufferを100μL添加し同様に溶出を繰り返す

*EB液 : 0.1M Tris-HCl pH8.0 50mM EDTA pH8.0 0.5M NaCl 1.25% SDS 0.2% 2-Mercaptoethanol
*PA液 : 5M CH <sub>3</sub> COOK

図5-7 簡易抽出法と抽出キットの作業手順の比較

表5-5 基腐病PCR検定用のDNAマーカー

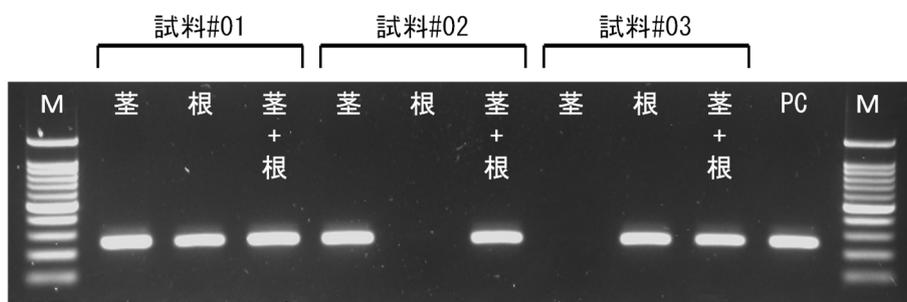
基腐病PCR検定用のDNAマーカー

区分	マーカー名	フォワードプライマー	配列(5'-3')	断片長 (bp)
		リバースプライマー	配列(5'-3')	
基腐病菌	Dd-ITS	Dd ITS-F	GTTTTTATAGTGTATCTCTGAGC	258
		Dd ITS-R	GGCCTGCCCCCTTAAAAA	
サツマイモ	Ipo psaB	Ipo psaB-F	TGTGAAACGTTACCCTGCCA	287
		Ipo psaB-R	GGACCCGGAGACTTTTTGGT	

注) 基腐病菌検出用Dd-ITSマーカーは農研機構保有の特許(特許第7349149号)

表 5-6 PCR反応条件

反応項目	温度	時間	サイクル数
初期変性	94℃	2分	-
変性	96℃	30秒	} ×35回
アニーリング	55℃	30秒	
伸長	72℃	30秒	
最終伸長	72℃	2分	-



茎：地際茎，根：細根，茎+根：地際茎と細根の抽出液を1：1で混合，  
PC：基腐病ポジティブコントロール，M：サイズマーカー

図 5-8 PCRによる基腐病の検出例

表 5-7 基腐病PCR検定の判定方法

区分	基腐病菌	サツマイモ	判定	判定理由
PCRの 検出結果	+	+	陽性	
	+	-	陽性	サツマイモDNAの分解・不良
	-	+	陰性	
	-	-	不明	DNA抽出またはPCRの不良

注) 初発の鋳型DNA溶液で未検出の場合，10倍および100倍に希釈して検出結果を確定

## 6. 多検体検査法

ほ場に基腐病を「持ち込まない」ためには、健全種苗の確保が最も重要であり、病原菌の混入の有無やその程度を検査することは病害の蔓延を防ぐ上で極めて有効な手段です。しかし、ほ場に持ち込まれる数千、数万の苗や種イモを一つ一つ検査することは労力的にも経済的にも困難であることから、多数の検体を効率的に検査する手法が求められています。プロジェクトでは、農研機構で開発した基腐病菌検出手法（参考資料 6）を基に、多検体一括処理法を開発しました。多検体一括処理法により、PCR検査に係る処理労力とコストを大幅に削減することが可能です。本章では、多検体一括処理方法における必要試料数の計算式、ほ場への汚染種苗の持込を 0.1%以下に抑えるための検査方法、さらに技術を活用した試料数の計算法について解説します。

### (1) 種苗の品質管理

品質管理は製品の安全性、品質や効果を保証するために工業をはじめ様々な業種で行われています。品質管理を行う場合、「抜き取り検査」が広く行われています。抜き取り検査ではロット（生産単位や出荷単位など）から検査試料を抜き取りし、抜き取った試料だけを検査します。この結果を許容される品質水準に照らしてロット全体の合否判定を行います。これによりすべての個体を検査する「全数検査」に比べて数を少なくでき、労力とコストを削減できます。とはいえ、すべての個体を検査するわけではないため、一定の確率で不適合品が混入するリスクがあります。不適合品の混入率を 1%以下にする場合の抜き取りロット試験でも必要な検体数はおよそ 300 個（誤検出を起こす確率を 5%以下とした場合）となり、まだ多くの検査が必要です。

これまでの検査法では、基腐病菌の感染が疑われる塊根や茎等から基腐病菌の有無を高感度かつ正確に検出することが可能ですが、

## 多検体検査法

個々の試料からDNAを抽出し検査を行うため、多検体の検査には不向きでした。多検体一括処理（図6-1）では、苗や種イモの検査試料を複数のグループに分け、グループ毎にまとめた試料からDNAを抽出し、リアルタイムPCRで検査を行うことで、PCR検査に係る処理労力とコストを大幅に削減することが可能です。

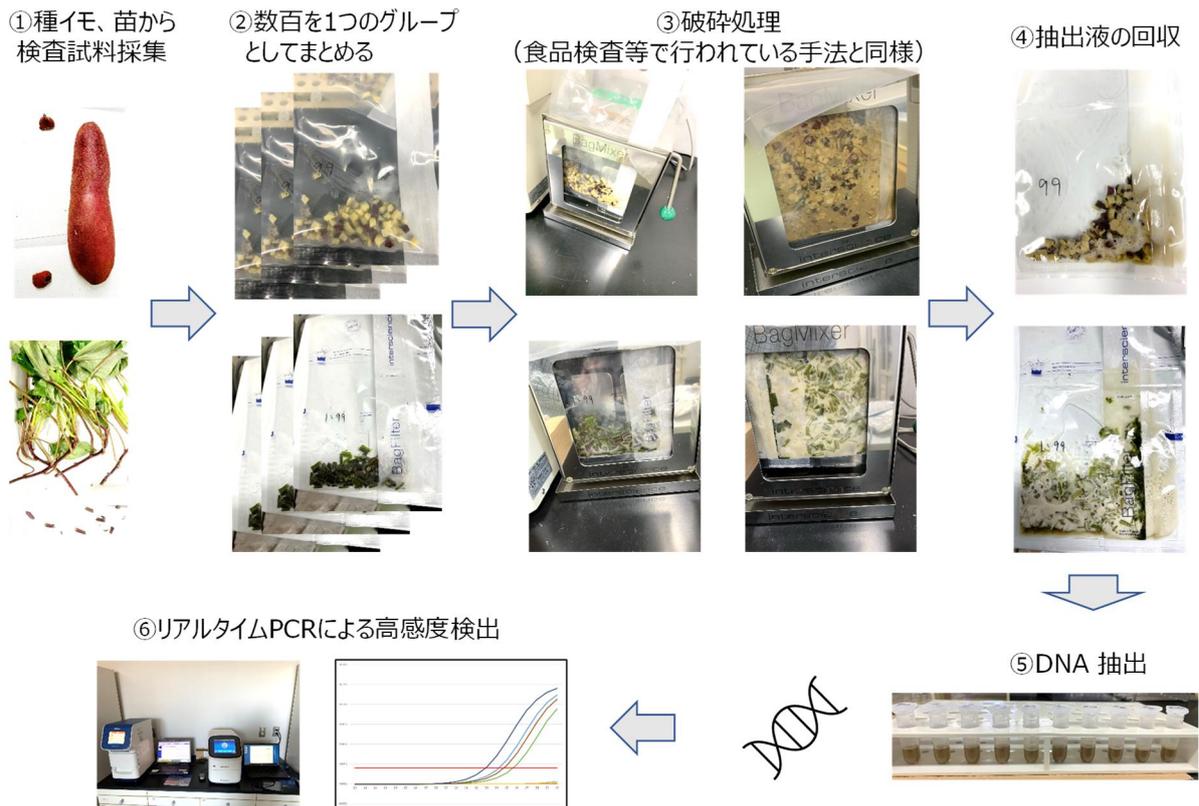


図6-1 多検体一括処理の概略図

多検体一括処理には基腐病菌検出手法（参考資料6）に用いる機材に加えて、ストマッカー（種子検査や食品検査等で広く使われている、サンプルを潰す機械）とストマッカー用袋（内部にフィルターがついていて試料残渣と抽出液を分けられるもの）が必要です。

## (2) 必要試料数の算出方法

多検体一括処理では、「抜き取り検査」と同様に許容される品質水準に照らしてロット自体の合否判定を行います。必要な全体の試料

数 ( $n$ ) や一括処理する試料数 ( $m$ ) と処理数 ( $g$ ) を計算するためには、許容感染率 (品質水準に相当するもの、 $p$ )、PCR段階での非検出率 (誤検出する確率、 $\phi$ )、最終的な検出率 (検査の正確性に相当するもの、 $1-\beta$ ) を決める必要があります。試料数の計算式は以下の通りとなります。

$$n = gm = -\frac{g}{p} \log_e \left( 1 - \frac{1 - \beta^{(1/g)}}{1 - \phi} \right)$$

これまでの研究結果をもとに多検体を一括してPCRを行った場合の誤検出率を多く見積もって 18.75%とし、検査の正確性も 95%として計算を行うこととしています。即ち、 $\phi=0.1875$ 、 $\beta=0.05$  となります。(誤検出の割合や検査の正確性については実施する場所において異なることが考えられるため、調整が必要です。) これに許容感染率( $p$ )と一括処理する試料数( $m$ )または処理数( $g$ )を決めることで全体の試料数( $n$ )が決まります。一括処理する試料数( $m$ )については茎の場合 600 個に 1 個、塊根の場合 500 個に 1 個の感染個体が混入している場合でも検出が可能であることを確認していますが、検査においては 200 個程度までとすることを推奨しています。この手法で陽性反応を示すものがひとつでもあれば、許容感染率以上の感染個体が存在する可能性を示唆します。

### (3) 切苗の多検体検査法

感染苗のほ場への持ち込みを 0.1%以下に抑えるために必要な検査方法について示します。切苗については、ベノミル水和剤への浸漬処理が基腐病に対して効果が高いことが知られています。日本植物防疫協会が JPP-NET により提供する新農薬実用化試験の試験成績書を基にベノミル水和剤の 500 倍 30 分浸漬処理の効果を調べると、処理 100 日後の防除価は 80 程度、すなわち発病を 80%低減できることが示されています (図 6-2)。苗消毒を行う前提で切苗の検査を行う場合、許容感染率を 0.5%とすれば消毒との組み合わせ

で感染苗の混入による発病を 0.1%以下に抑えることが可能となります。

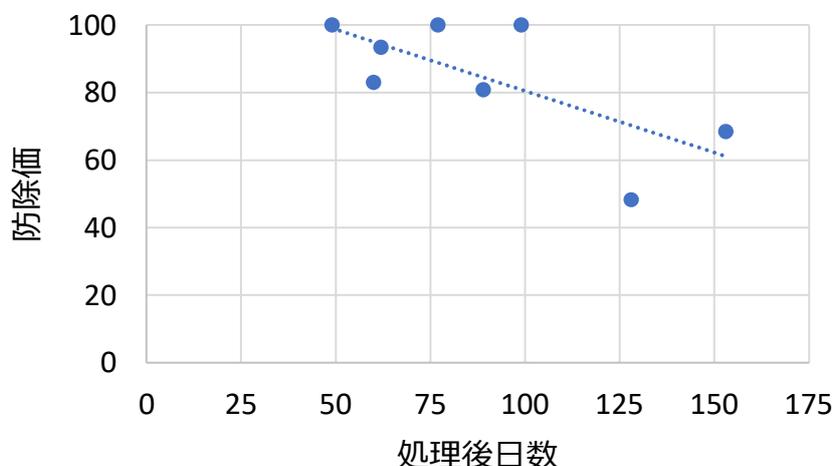


図 6-2 ベノミル水和剤 500 倍 30 分浸漬処理の防除効果

新農薬実用化試験の試験成績書からベノミル水和剤 500 倍 30 分浸漬処理の成績を抽出し作図した。

許容感染率を 0.5%とした場合、798 本の無作為抽出した試料を、133 本ずつ 6 つのグループに分けて検査することが想定できます。苗の出荷では、苗をそろえて束ねることから、束ねた末端部分を切断・回収して検査に活用できれば、サンプリングの手間を軽減した検査が可能と考えています。誤検出の割合 5%以下、検査の正確性 95%、許容感染率 0.5%の場合のフロー図を図 6-3 に示します。

#### (4) 種イモの多検体検査法

感染種イモのほ場への持ち込みを 0.1%以下に抑えるために必要な検査方法について示します。種イモについては、本マニュアルに記載の通り、蒸熱処理が基腐病に対して効果が高く、発病率を 90%以上抑えることが示されています。蒸熱処理を行うことでリスクが 10 分の 1 以下になることから、蒸熱処理を行う前提で許容感染率を 1%とすれば消毒との組み合わせで感染イモによる発病のリスクを 0.1%以下に抑えることが可能となります。

基腐病は地際部から感染する場合がほとんどですが、なり首側から確実に試料を採集することは難しく、なり尻側から感染する場合も想定されることから、両端から試料を採集することが望ましいです。許容感染率を1%とした場合、405本の無作為抽出した塊根から両端を切り出し、810個の試料を162本ずつ5つのグループに分けて検査することが想定できます。誤検出の割合5%以下、検査の正確性95%、許容感染率1%の場合のフロー図を図6-4に示します。

## (5) 技術の活用

本技術は種苗を販売する際の品質保証に活用することができます。また、試料をバルクの状態で冷凍して保存しておくことで、ほ場での発病が認められた場合の原因を追跡する、トレーサビリティへの活用も可能であり、様々な場面での利用が期待できます。

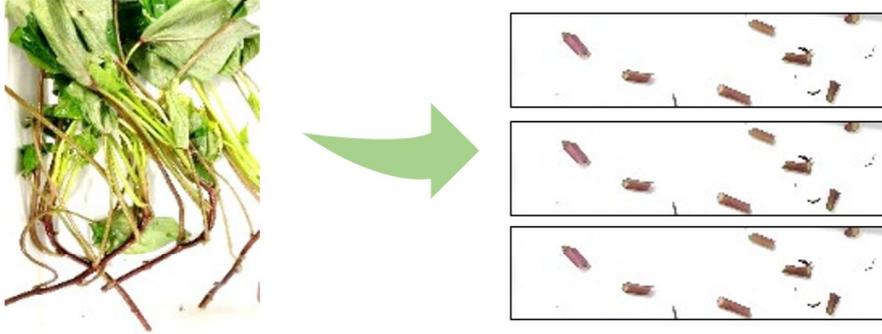
本稿では消毒等の処理後の許容感染率を0.1%として提示しましたが、そこで本手法では、許容感染率を実施する現場のニーズに合わせて変更し、それに合わせた必要な試料数を計算できるようにしています。また、多検体一括処理では、PCRの検査結果から感染した試料の個数を推測することが可能です。予想される感染物の混入数は処理数における非検出の数から求めることが可能です。前述の苗検査においては、処理数が6であることから、PCR検査による陽性が1個の場合1.09本、2個の場合2.43本、3個の場合4.15本、4個の場合6.56本、5個の場合10.68本程度と推測できます。これを検査に供した試料数で割ることで混入率を推測することができます。

検査で陽性になった場合、病気を持ち込まない観点からは検査対象のロットを使用しないことが理想ですが、実際には水準を超えたからと言って簡単に何千本もの苗や種イモを廃棄するのは難しいことです。経済的な観点も含めてその可否は総合的に判断する必要があります。使用する場合、伏せこみあるいは定植前に異常が疑われる

## 多検体検査法

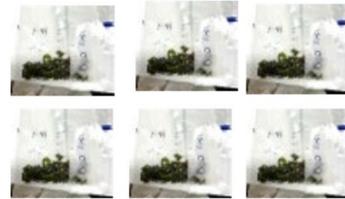
個体を目視で排除することや、発病への警戒を一段高める等の対応が求められます。

- ① 苗束の末端を1～2cm程度切断し、切断片を回収する  
(苗は消毒を行った後利用する)



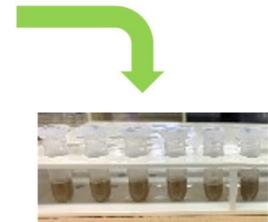
- ② 106個ずつ6グループに分けて、ストマッカー袋に入れる  
15mLのバッファーを加える

※一括処理する試料数とグループ数は変更可能

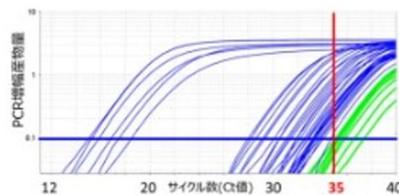


- ③ 破碎処理し抽出液を回収  
DNA抽出キットを用いてDNA抽出

※「リアルタイムPCRによるサツマイモ基腐病菌の検出・同定技術標準作業手順書」に従ってDNAの抽出とリアルタイムPCRを行う



- ④ リアルタイムPCRによる検査

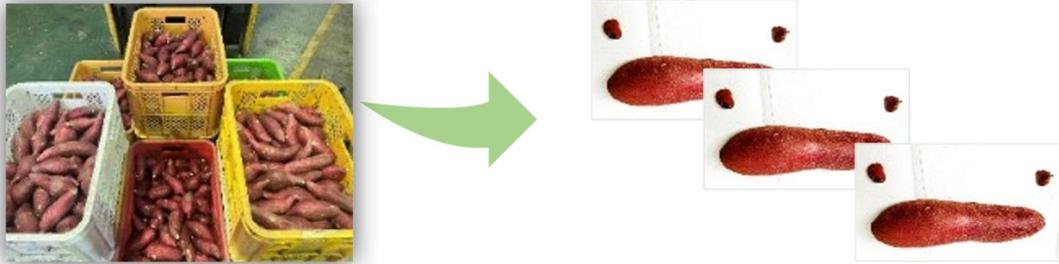


合否判定

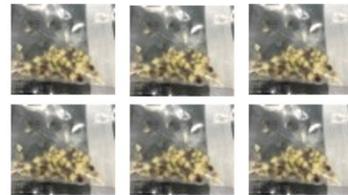
図 6-3 切苗検査方法フロー図

誤検出の割合 5%以下、検査の正確性 95%、許容感染率 0.5%の場合

- ①318本をランダムに回収し、両端部分を1～2cm切斷  
(種イモは蒸熱処理を行ったのち利用する)



- ②106個づつ6グループに分けて、ストマッカー袋に入れる  
6mLのバッファーを加える



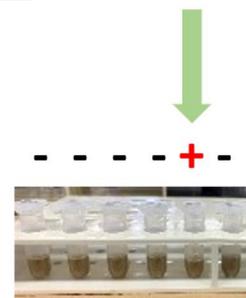
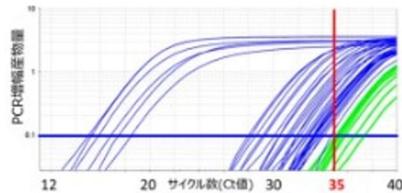
※一括処理する試料数とグループ数は変更可能

- ③破碎処理し抽出液を回収  
DNA抽出キットを用いてDNA抽出

※「リアルタイムPCRによるサツマイモ基腐病菌の検出・同定技術標準作業手順書」に従ってDNAの抽出とリアルタイムPCRを行う



- ④リアルタイムPCRによる検査



合否判定

図 6-4 種イモ検査フロー図

誤検出の割合 5%以下、検査の正確性 95%、許容感染率 1%の場合

## 参考資料

1. サツマイモ基腐病を防除する苗床の土壌還元消毒技術標準作業手順書（農研機構刊、2024年12月）  
<https://sop.naro.go.jp/document/detail/72>
2. サツマイモ基腐病を防除する種イモの蒸熱消毒技術標準作業手順書（農研機構刊、2024年11月）  
<https://sop.naro.go.jp/document/detail/100>
3. サツマイモ基腐病の発生生態と防除対策(令和4年度版)（農研機構刊、2023年5月）  
[https://www.naro.go.jp/publicity\\_report/publication/pamphlet/tech-pamph/158250.html](https://www.naro.go.jp/publicity_report/publication/pamphlet/tech-pamph/158250.html)
4. サツマイモ基腐病対策の生産工程管理表（鹿児島県、2022年6月）  
<https://www.pref.kagoshima.jp/ag06/sangyo-rodo/nogyo/nosanbutu/satumaimo/kouteikanri.html>
5. 「An Easy, Rapid, and Inexpensive DNA Extraction Method, “One-Minute DNA Extraction for PCR in Potato」(Hosaka K, 2004年、Amer J of Potato Res, 81: 17-19.)
6. リアルタイムPCRによるサツマイモ基腐病菌の検出・同定技術標準作業手順書（農研機構刊、2024年3月）  
<https://sop.naro.go.jp/document/detail/87>

## 執筆者一覧

- はじめに 荒川祐介（農研機構）
- 第1章 第1～3節：野見山孝司（農研機構）  
第4節：齊藤晶（農研機構）
- 第2章 第1～3、5、6節：古垣洋次（三州産業株式会社）  
第4節：荒川祐介（農研機構）
- 第3章 與田真音（宮崎県総合農業試験場）
- コラム 福田健（鹿児島県農業開発総合センター）
- 第4章 第1節：前上門陽（沖縄県農業研究センター）  
第2節：秋田愛子（沖縄県農業研究センター）  
第3節：澤岨哲也（沖縄県農業研究センター）
- 第5章 長井純一（鹿児島県農業開発総合センター）
- 第6章 井上康宏（農研機構）

## 免責事項

本マニュアルは、発行時点での情報に基づいて作成しております。本マニュアルを利用することにより生じたあらゆる損害等については、利用の如何にかかわらず一切責任を負いません。

## 本マニュアルに関するお問い合わせ先

農研機構：<https://www.naro.go.jp/inquiry/index.html>

上記サイトの「お問い合わせ」にある「技術について知りたい」から入り、「技術についてのお問い合わせ」フォームを利用して、お問い合わせください。

