

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～種イモ蒸熱消毒～

農研機構 九州沖縄農業研究センター 暖地畑作物野菜研究領域 上級研究員

あらかわ 荒川 ゆうすけ 祐介

1. はじめに

サツマイモ基腐病（以下、基腐病）は感染した種イモや苗、土壤中の残さを通じて伝染する。基腐病が発生したほ場で採取した種イモは、収穫時に健全に見えても潜在感染している可能性がある。これらは貯蔵中に腐敗して周囲に伝染したり、そこから得られた苗が本圃に持ち出されたりすることで感染が拡大する恐れがある¹⁾。従って健全な種イモ・苗の確保が重要である。

本稿では農薬を使わない種イモの消毒法として蒸熱処理を紹介する。蒸熱処理は、43～50℃前後の飽和水蒸気（相対湿度が100%に近い気流）を利用し、ミバエの卵や幼虫を殺虫する技術として1910年代にアメリカで研究が始まった。現在、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る。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点が挙げられる。長年培われてきたこの技術をかんしょ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た。

2. 蒸熱処理のしくみ

蒸熱処理装置は（図1）のように、差圧室（左）と処理室（右）の2室に分かれた構造となっている。差圧ファンを利用して

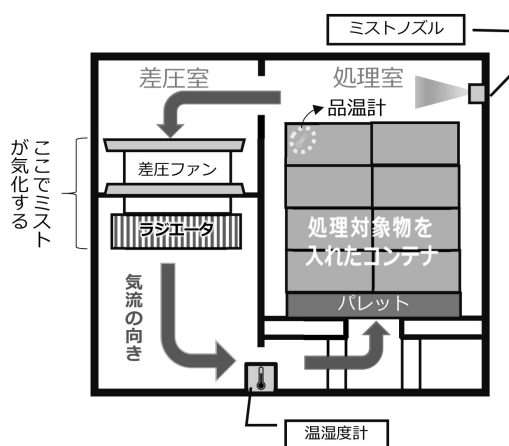


図1 蒸熱処理装置の模式図

空気を強制的に循環させることで、気流がムラなく処理対象物の隙間を通過し、均一に蒸熱が作用する「差圧通風」という技術が用いられる。ミストノズルから噴霧されるミストは、ラジエータ（熱交換器）により加熱されて水蒸気となり、庫内を加湿する。処理対象物の表面で水蒸気が結露する際に凝縮熱が放出され、処理対象物の温度が上昇する。

かんしょ種イモの蒸熱処理では、殺菌に必要な温度と種イモに熱障害が発生する温度帯が近いと、温湿度が精密に制御されることが求められる。また、移し替え作業による種イモの傷つきを防ぎ、作業工程を増やさないためには、生産現場で通常使用している収穫コンテナのまま蒸熱処理がで



図2 蒸熱処理装置への種イモ搬入



図3 サツマイモ基腐病用蒸熱処理装置

きることが望ましい（図2）。こうした要件を満たすサツマイモ基腐病用蒸熱処理装置を、鹿児島市の三州産業株式会社が開発している（図3）。

3. 種イモ蒸熱処理の条件検討²⁾

南西諸島から本土へかんしょ生塊根を移動する際の検疫手段として蒸熱処理の条件が規定されている。これは、アリモドキゾウムシ、イモゾウムシ、サツマイモノメイガなどの重要害虫が南西諸島に生息しており、本土への侵入を防ぐための措置である。処理の条件は、かんしょ生塊根を湿度95%以上の蒸熱処理庫内で処理するものである。まず、庫内温度を4時間かけて31℃から41℃まで一定の上昇率で上昇させる「順化処理」を行う。次に、庫内温度を48℃に設定し、塊根の中心温度が47℃に達した後、3時間10分間 47℃～48℃を維持し蒸熱処理を施す³⁾。

この処理要件は、害虫の完全死滅を保証するための措置としては有効であるが、基腐病菌の消毒においては必須と言えない可能性がある。このため、処理要件の過剰性を考慮し、簡便化を試みた。

はじめに基腐病菌の耐熱性について検討

した。基腐病菌の孢子懸濁液を調整し、所定の温度（43、46、47、48℃）と時間（～15分）で加熱し、孢子の生残の有無を確認した。その結果、46℃以上では時間経過とともに生残孢子が減少するのに対して、43℃では15分間処理しても孢子の生残数に変化が無いことが明らかとなった。そのため消毒には46℃以上の温度を一定時間維持することが必要であることが分かった。

また、かんしょ塊根の耐熱性について「べにはるか」を用いて検討した。その結果、塊根は48℃の蒸熱処理に120分間耐えるが、49℃の蒸熱処理では70分以降熱障害が発生し、腐敗・萌芽不良する塊根が増加することが明らかとなった。

次いで種イモに基腐病菌を人工接種し、菌の生残を蒸熱処理の温度と時間を変えて検証した。すなわち、孢子懸濁液を塊根のなり首に接種し、2日間貯蔵して、孢子の発芽を促し、見かけ上健全な人工接種イモを準備した。これらを47℃ないし48℃で120分まで時間を変えて蒸熱処理し、12日間の貯蔵後に目視により病徴である黒変の有無を確認した。なり首の黒変が見られる場合は菌が生残したと判断できるが、なり首の黒変が見られない個体においても菌が

生残している可能性があるため、黒変していない個体の接種部位からイモ片を切り出し、平板培地上に置床し菌の再分離を試みた。この結果48℃－100分以上の処理並びに47℃－110分処理では、菌が再分離されなかった（表1）。

さらに、人工接種したイモの数を210個に増やして48℃－100分処理を施したところ、202個体で菌が再分離されなかった（標本比率96.2%；母比率の95%信頼区間93.2～98.1%）。この結果から、仮に蒸熱処理1回処理分に当たる24コンテナ（図2）の中に見かけ上健全な感染種イモが15個混じっていたとしても、処理後に菌が生残する種イモは最大1個程度になると計算できる。

$(15 \times (100\% - 93.2\%)) = 1.02$ 。

以上の検討から種イモへの影響を最小限に抑えつつ、見かけ上健全な感染種イモに潜む基腐病菌を消毒する実用的な処理条件として、48℃－100分の蒸熱処理が妥当と判断した。

4. 蒸熱処理プログラム

実際の蒸熱処理では、熱障害の予防と種イモの温度を斉一化するため、順化工程を必須とした。急速な加熱は熱障害を引き起こす可能性があるほか、収穫された種イモは形状や重さにばらつきが大きく、温まり方も異なることが想定される。順化工程では、高い相対湿度を維持しつつ120～190分かけて処理室内を31℃から41℃まで昇温する。その後消毒温度である48℃までさらに昇温し、消毒を開始する（図4）。一連の処理の開始から終了まで約6～7時間で完了する。

5. 蒸熱処理の効果実証

2022年10月、宮崎市の生産者の「コガネセンガン」種イモに蒸熱処理を施し、同年12月末に苗床へ伏せ込んだ後、基腐病発病の経過を観察した。

蒸熱処理後の種イモを伏せ込み前に選別したところ、一部に腐敗・変色が見られたものの、大部分は見かけ上健全であり、歩留まりは92.9%であった。苗床に伏せ込み

表1 蒸熱処理の温度と時間が塊根内の基腐病菌の生残に及ぼす影響

	30分	60分	90分	100分	110分	120分
47℃	+	/	—	+	—	—
48℃	+	+	+	—	—	—

*各回20個供試 +：菌分離あり（菌生残） —：菌分離なし /：試験未実施

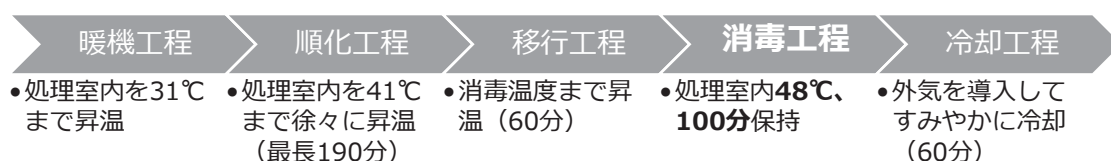


図4 蒸熱処理処理プログラム
※暖機～消毒工程では相対湿度95%とする。

後の萌芽は順調で2023年2月27日時点で95%が萌芽した。その後、種イモの基腐病発病の経過を5月23日まで隔週で調査した(図5)。

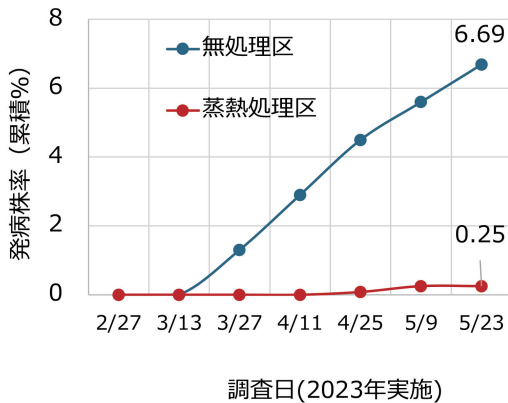


図5 蒸熱処理した種イモの使用による苗床での発病抑止事例

基腐病の初発は、対照区では3月27日に確認されたのに対し、蒸熱処理区では4月25日と遅かった。さらに、5月23日までの累積発病率も蒸熱処理区の方が低く抑えられた。

また、2023年9月より、鹿児島県・宮崎県の生産者の種イモ(表2)を預かり、蒸熱処理あり/なしのグループに分け、貯蔵後の種イモの歩留まりと、それらを苗床に伏せ込んだ後の発病経過を調査した。

伏せ込み前に種イモの状態を調査したところ、生産者A、Bの蒸熱処理を施した種イモでは、無処理に比べ腐敗や変色したイモの割合が少なく歩留まりが高かった。一方、生産者Cでは蒸熱処理を施した種イモにイモ尻の乾腐症状が多く見られ、歩留まりが低下した。生産者Dの種イモでは、蒸熱処理の有無によらず歩留まりは高く、有意な差は認められなかった(表2)。

蒸熱処理を施した種イモは生産者の苗床

表2 蒸熱処理した生産者種イモの歩留まり

生産者	品種	貯蔵後の歩留まり%*	
		無処理	蒸熱処理
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の割合

へ、蒸熱処理を施していない種イモは研究センターの苗床へ伏せ込み、苗床での基腐病発病の経過を本圃への定植が完了する6月まで追跡した。育苗期間中に発病した株の割合を図6に示した。いずれの生産者の種イモも、蒸熱処理を施した種イモの発病率は、無処理の種イモより低く抑えられた。特に、生産者Aでは、蒸熱処理なしの種イモの発病率が46.4%であったのに対し、蒸熱処理を施した種イモではわずか0.13%と、大幅に低減された。

以上から生産者A、Bの種イモは潜在的に基腐病菌に感染していたと考えられ、蒸熱処理を施さなかった場合、貯蔵中や育苗中に相次いで発病したと推察される。一方、蒸熱処理を施すことで、基腐病菌に潜在感染していた種イモを消毒し、育苗期間中の

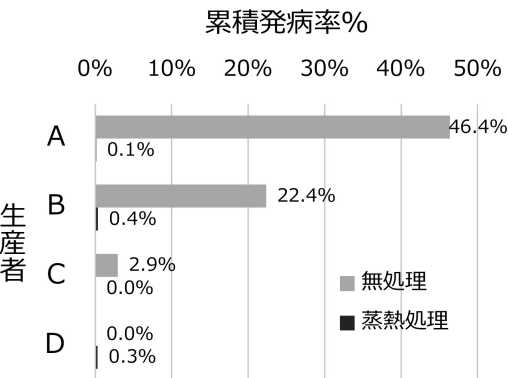


図6 蒸熱処理した生産者種イモの苗床での基腐病発病率

発病を大幅に低減できることが示された。

6. むすび

鹿児島県は、基腐病の発生抑制と持続可能なかんしょ生産体系の確立を目的として、2022年に「鹿児島県サツマイモ基腐病対策アクションプログラム」⁴⁾を策定した。本プログラムでは、2025年産までに健全苗および健全ほ場10,000haの確保を目標とし、関係機関や生産団体と連携して総合的な防除対策を推進している。対策の一環として、県内15か所に種イモ蒸熱処理装置が導入され、2025年産向けに4,450ha分の種イモが処理された。

装置導入当初には処理が上手くいかず、種イモの萌芽不良や腐敗が発生したが、現在は処理プロトコル⁵⁾の確立により失敗事例は減少している。しかしながら、種イモ収穫時の物理的損傷が原因と推察される種イモの腐敗発生が散見される。機械収穫時に種イモに生じる衝撃や打撲傷は、外観に変化が見られなくても貯蔵期間中に腐敗を引き起こすため、丁寧かつ慎重な取り扱いが求められる。また、収穫時に病徴が見られなくても、貯蔵期間中に基腐病菌の潜伏感染が進行し、腐敗する事例があるため、蒸熱処理は貯蔵前に実施することが望ましい。

基腐病の発生抑制には、蒸熱処理技術の活用に加え、種苗の生産工程を適切に管理し、防除対策を徹底することが不可欠である。特に、生産者間での種イモや苗の譲渡は病害拡大の要因となるため、慎重な対応が求められる。履歴の確かな茎頂培養苗を使用し、種イモを定期的に更新することで、病害の発生リスクを抑えることができる。

また、種イモ生産においては専用ほ場の設置と防除対策の徹底が必要であり、健全な苗床の維持も欠かせない¹⁾。適切な苗床の土壌消毒と発病株の早期発見と除去を徹底し、本圃への潜在感染苗の持込を防ぐことが重要である。これらの対策を講じることで、持続可能な生産体系の確立につながる。

本研究は、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)」の補助を受け、三州産業株式会社の参画を得て実施した。また、本研究の遂行にあたり、鹿児島・宮崎両県のかんしょ生産者の皆様、並びに行政・普及機関の皆様には、多大なご理解とご協力を賜った。ここに深く感謝の意を表するとともに、今後も皆様との連携を通じて、南九州のかんしょ生産の発展に寄与できれば幸甚である。

引用文献

- 1) 農研機構ら (2023) サツマイモ基腐病の発生生態と防除対策 (令和4年度版). https://www.naro.go.jp/publicity_report/publication/pamphlet/tech-pamph/158250.html
- 2) 齊藤ら (2024) 日本植物病理学会報、90:243-252. <https://doi.org/10.3186/jjphytopath.90.243>
- 3) 農林水産省植物防疫所 (1985) 植物防疫病害虫情報 47:3. https://www.maff.go.jp/pps/j/guidance/pestinfo/attach/pdf/index035_049-22.pdf
- 4) 鹿児島県 (2022) 鹿児島県サツマイモ基腐病対策アクションプログラム. https://www.pref.kagoshima.jp/ag06/sangyo-rodo/nogyo/nosanbutu/satumaимо/document/97112_20220224120255-1.pdf
- 5) 農研機構 (2024) サツマイモ基腐病に対する蒸熱処理による種イモ消毒技術標準作業手順書. <https://sop.naro.go.jp/document/detail/100>