

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(01020C)

「産地崩壊の危機を回避するためのかんしょ病害防除技術の開発」

戦略的スマート農業技術等の開発・改良(SA2-102N)

「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

もとぐされ

サツマイモ基腐病の発生生態と防除対策

技術者向け

(令和4年度版)

令和5年5月

農研機構

鹿児島県農業開発総合センター

鹿児島県経済農業協同組合連合会

鹿児島県大隅地域振興局

宮崎県総合農業試験場

沖縄県農業研究センター

沖縄県農林水産部農業革新支援班

(株)サナス

三州産業(株)

三和物産(株)

はじめに

2018年秋から、鹿児島県および宮崎県において、かんしょの株が立枯れ、塊根(イモ)が腐敗する症状が多発し、収量の減少により、生産者の収益減少や加工業者への原料供給不足が深刻な問題となりました。沖縄県のかんしょ産地でも同様の症状が認められており、これら3県では、国内ではこれまで発生報告のなかったサツマイモ基腐病(以下「基腐病」という)が発生していたことが明らかになりました。

基腐病は、当時は国内初発生の病害であったため、病害の発生生態や防除対策についての知見が全くない状況でした。そこで、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」(以下「イノベ事業」という)の支援を受け、農研機構(九州沖縄農業研究センター、中央農業研究センター、野菜花き研究部門、植物防疫研究部門)、鹿児島県(農業開発総合センター、経済農業協同組合連合会)、宮崎県(総合農業試験場、農政水産部農業経営支援課)、沖縄県農業研究センターが協力して、「産地崩壊の危機を回避するためのかんしょ病害防除技術の開発」(2019~2021年度)に取り組み、基腐病の伝染方法や発生消長の調査、診断技術の開発、薬剤、資材、抵抗性品種などを利用した防除技術の開発を行い、昨年度までに得られた研究成果を「サツマイモ基腐病の発生生態と防除対策(令和3年度版)」マニュアルとして取りまとめ公表しました。

上記のマニュアルに基づく本病の対策を一層強化し、南九州・沖縄におけるかんしょの基腐病被害の軽減による生産回復や輸出の拡大を図るためには、イノベ事業で開発された各種対策技術の現地実証を通じてより実効性のある技術に改良し、それらを生産現場へ実装することが残された課題となっています。また、健全な苗や種イモの供給効率の向上、基腐病菌の植物体または土壌中における動態の解明や生産工程における総合的な発病リスクの低減を図るための技術開発も、かんしょの持続的生産の推進を図る上で残された課題となっていました。そこで、こうした課題の解決を図るべく、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」の支援を受け、農研機構(植物防疫研究部門、九州沖縄農業研究センター、農業環境研究部門)、鹿児島県(農業開発総合センター、大隅地域振興局)、宮崎県(総合農業試験場)、沖縄県(農業研究センター、農林水産部農業革新支援班)、(株)サナス、三州産業(株)、三和物産(株)が協力して、2022年4月から技術開発に取り組み始め、これまでの間に種イモの蒸熱処理条件の精緻化や生育期間中の効果的な本病の薬剤防除体系など、生産現場での被害軽減や生産回復に結び付く新たな技術や知見が得られました。

本マニュアル(令和4年度版)は、これらの新たに得られた有益な情報を、令和3年度版のマニュアルに追記または改訂して取りまとめたものとなります。本マニュアルの内容は、南九州および沖縄で得られた知見を基に作成しておりますが、全国のかんしょ産地での基腐病の発生予防や、発生拡大防止と被害低減の対策を策定する際の参考にもなるものですので、全国の多くの関係者にご活用いただけましたら幸いです。

最後に、本研究の実施にあたり、ご協力をいただきました関係機関および生産農家などの皆様に厚くお礼申し上げます。

2023年5月

(戦略的スマ農(SA2-102N)かんしょ基腐病コンソーシアム研究統括者)

農研機構植物防疫研究部門 吉田重信

(イノベ事業01020Cコンソーシアム研究統括者)

農研機構九州沖縄農業研究センター 小林有紀



執筆者一覧（五十音順）

- 相本涼子（元 鹿児島県農業開発総合センター 生産環境部）
阿萬祐樹（宮崎県総合農業試験場 病虫害防除肥料検査課）
荒川祐介（農研機構九州沖縄農業研究センター 研究推進部）
井上博喜（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）
臼井真奈美（元 宮崎県総合農業試験場 生物環境部）
岡田吉弘（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）
尾川宜広（元 鹿児島県農業開発総合センター 生産環境部）
河野伸二（元 沖縄県農業研究センター 病虫管理技術開発班）
川部眞登（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）
櫛間義幸（元 宮崎県総合農業試験場 生物環境部）
小林晃（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）
小林有紀（農研機構九州沖縄農業研究センター 研究推進部）
島武男（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）
新美洋（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）
西岡一也（鹿児島県農業開発総合センター 生産環境部）
西八束（鹿児島県農業開発総合センター 生産環境部）
野見山孝司（農研機構植物防疫研究部門 作物病虫害防除研究領域）
藤原和樹（元 農研機構植物防疫研究部門 基盤防除技術研究領域）
光永貴之（農研機構植物防疫研究部門 作物病虫害防除研究領域）
吉田重信（農研機構植物防疫研究部門 作物病虫害防除研究領域）

図版写真提供者一覧（執筆者を除く、五十音順）

- 尾松直志（元 鹿児島県農業開発総合センター 企画調整部普及情報課）
鎌田えりか（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）
川崎佳栄（宮崎県総合農業試験場 専門技術センター）
齊藤晶（農研機構九州沖縄農業研究センター 研究推進部）

編者一覧（五十音順）

- 荒川祐介（農研機構九州沖縄農業研究センター 研究推進部）
石井孝典（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）
井上博喜（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）
甲斐由美（農研機構九州沖縄農業研究センター 研究推進部）
河野伸二（元 沖縄県農業研究センター 病虫管理技術開発班）
川部眞登（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）
櫛間義幸（元 宮崎県総合農業試験場 生物環境部）
小林晃（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）
小林有紀（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）
島武男（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）
関口博之（農研機構植物防疫研究部門 作物病虫害防除研究領域）
澤岷哲也（沖縄県農業研究センター 病虫管理技術開発班）
中西善裕（元 鹿児島県農業開発総合センター 生産環境部）
西岡一也（鹿児島県農業開発総合センター 生産環境部）
西八束（鹿児島県農業開発総合センター 生産環境部）
本田傑（鹿児島県農業開発総合センター 生産環境部）
吉田重信（農研機構植物防疫研究部門 作物病虫害防除研究領域）

目次

概要	1
第Ⅰ章 基腐病の発生生態	
1. 基腐病の原因菌	
(1)分類	7
(2)形態的特徴	7
(3)菌糸の生育温度	8
(4)菌糸の生育pH	9
改訂 トピック 基腐病菌の胞子の生存性	9
(5)寄主植物	9
2. 基腐病の伝染環	10
3. 写真で見るかんしょの被害	11
4. 苗伝染と土壌伝染の特徴	15
5. 病害発生要因と対策	16
第Ⅱ章 基腐病の診断法	
1. 病原菌の形態観察による診断	17
類似病害比較表	18
2. PCR法による診断	21
第Ⅲ章 基腐病の防除対策	
1. 防除の考え方	24
(1)防除対策の着眼点	24
(2)健全種苗を確保するための防除対策	25
(3)本圃における対策の基本方針(作付け前の確認事項)	26
2. 主要品種の基腐病抵抗性程度	
(1)2020年の評価	27
(2)2021年の評価	
①青果用品種	28
②焼酎原料用品種	29
③でん粉原料用品種	30
④加工用品種	31
新情報 (3)2022年の評価	32
改訂 基腐病抵抗性がある品種の主要特性	33
(4)沖縄向け品種	34

	トピック	基腐病多発生地域における防除対策の実践による発生程度軽減(1) ……	35
新情報	トピック	基腐病多発生地域における防除対策の実践による発生程度軽減(2) ……	36
改訂	トピック	基腐病発生地域における対策マニュアルの実践と被害の発生推移 ……	37
改訂	トピック	基腐病多発生地域における品種「こないしん」作付けによる発生程度軽減事例 ……	38
改訂	トピック	基腐病多発生地域における夏作の休耕と品種の組み合わせによる発生程度軽減事例 ……	39
3. 圃場の衛生管理 ……			40
	トピック	台風による基腐病の隣接圃場への被害拡大事例 ……	41
4. 育苗時の一次伝染防止対策 ……			42
(1) 基腐病発生圃場から収穫した種イモの発病リスク ……			42
(2) 種イモ貯蔵中の発病リスク ……			43
(3) 種イモの発病リスクを軽減する種イモ管理 ……			44
改訂	(4) 温度処理による種イモ消毒 ……		45
新情報	① 基腐病菌胞子の耐熱性 ……		45
	② 基腐病菌胞子の死滅温度 ……		45
改訂	③ 種イモの温度処理による基腐病抑制効果 ……		46
改訂	トピック	温湯処理による種イモの発病抑制効果と萌芽への影響 ……	46
新情報	(5) 蒸熱処理による種イモ消毒 ……		49
新情報	① 蒸熱処理の原理 ……		49
新情報	② 種イモの高温感受性 ……		50
新情報	③ 種イモの蒸熱処理による基腐病抑制効果 ……		50
新情報	④ 蒸熱処理の失敗事例 ……		51
(6) 定植苗の発病リスクを軽減する防除技術 ……			52
	① 基腐病発生苗床での苗感染リスクと対策(1) ……		52
改訂	② 基腐病発生苗床での苗感染リスクと対策(2) ……		53
	③ 苗消毒による汚染土壌からの感染防止効果 ……		54
	④ 苗の温度処理による基腐病抑制効果 ……		55
(7) 苗床の土壌還元消毒 ……			56
改訂	① 土壌還元消毒の作業手順 ……		56
	② 室内実験における土壌還元消毒の菌密度低減効果 ……		58
	③ 人工汚染苗床における土壌還元消毒の防除効果 ……		58
	トピック	新たな消毒資材を用いた土壌還元消毒技術 ……	59
	トピック	IRIS(アイリス)による土壌還元状態の検出 ……	60
5. 本圃での二次伝染防止対策			
(1) 圃場の排水対策 ……			61
	① 圃場の排水に関する現状 ……		62

	②表面排水の対策	63
	トピック 排水路がない場合の対策	65
	③地下排水の対策	66
改訂	(2)薬剤による防除体系	67
改訂	①畝立て前から収穫期までの防除体系	67
	②発病初期の発病株除去と薬剤散布	70
	トピック 殺虫剤との混用による薬害の有無	71
6.	塊根の被害防止対策	72
	(1)収穫時の株の地上部被害と塊根被害の関係	72
	トピック 株基部の発病株率と腐敗塊根率の関係	73
7.	収穫後の残渣対策	
	(1)収穫後の残渣による発病リスク	74
	(2)発病リスクを軽減する残渣処理方法	75
	(3)天地返しによる収穫後残渣対策	76
	①罹病残渣の地中位置と感染源リスク	76
	②収穫後残渣の土壌垂直分布と状態	76
	③天地返しによる基腐病の発生抑制	77
	トピック 基腐病発生圃場における野良イモの感染源リスク	77
	(4)本圃における適切な土壌消毒方法	78
	①くん蒸剤の効果	78
	②Aくん蒸剤のマルチ畝内処理における畝間土壌からの感染	79
新情報	③バスアミド微粒剤処理における被覆の必要性	80
新情報	トピック キルパー処理による基腐病防除効果	81
	トピック 土壌消毒と堆肥施用の組み合わせによる基腐病防除効果	82
	トピック 甚発生圃場における易分解性有機物施用による基腐病防除効果	83
	トピック 湛水処理による基腐病抑制効果	84
改訂	トピック 甚発生圃場における収穫後の湛水による基腐病防除効果	85
	基腐病対策索引	86

凡例

本マニュアルは、第Ⅰ章に苗床および本圃における病徴写真を中心に基腐病の発生生態を、第Ⅱ章に基腐病の診断方法、第Ⅲ章に伝染環を遮断する観点からの各防除対策を記述している。

各項目では、必ず守ってほしい手順や注意点について **ここがポイント!** に取りまとめ、その根拠となるデータを図表で示し解説している。また、新たな防除対策として今後期待できる研究中の技術を **トピック** で紹介している。

目次中で、令和3年度のマニュアルの記載内容から大幅に改訂している項目には **改訂**、新たに設けた項目には **新情報** を付している。

概要

1. 発生生態と症状

サツマイモ基腐病(英名:Foot rot、以下「基腐病」という)は、かんしょが*Diaporthe destruens*(ディアポルテ・デストルエンス)という糸状菌に感染することにより、苗床や本圃で発生する。貯蔵中の塊根にも発生する。

基腐病菌は、主に、感染した種イモや苗を植え付けることで圃場(苗床・本圃)に持ち込まれる。圃場で生育不良や萎れ、黄変、赤変などした株の地際のあたりが暗褐色～黒色になっていたら基腐病の可能性はある。

発病株を圃場に残しておく、病変部に柄子殻(へいしかく)または分生子殻(ぶんせいしかく)とも呼ばれる微小な黒粒が多数形成され、そこからおびただしい数の孢子が漏出する。孢子は降雨により生じる湛水や跳ね上がりなどにより周辺株に広がり、基腐病のまん延を引き起こす。株元以外の茎でも、畝間(うねま)の汚染土壌や周辺株の病変部、水で移動した孢子などに接触すると感染し、発病すると考えられる。

本圃で茎葉が繁茂する生育旺盛期は、株の異常に気が付きにくい、発生が密かに拡大する。そのため、収穫期が近づき茎葉の生育が衰える秋頃になって一気に枯れ上がったように見えることが多い。

株の地際が感染すると、地下部の茎、蒞梗(しょうこう:茎と塊根をつなぐ部分)、塊根へと病徴が進展するため、塊根はなり首側から褐色～暗褐色に腐敗することが多い。

収穫後は、圃場の罹病残渣中で病原菌が生き残り、次作の伝染源となる。また、収穫時には健全に見えた塊根が貯蔵中に腐敗し、接触した周囲の塊根への伝染源となることもある。病原菌に感染した塊根が種イモに利用されると、苗床で感染苗が発生する。

発病株が少ないと、基腐病の発生に気付かないまま栽培を繰り返し、種苗や圃場の土壌の汚染が急速に高まる可能性がある。そのため、1年目は僅かな発生であったとしても、何も対策をとらずにいると、数年後には激発して収穫皆無となる恐れもある。

2. 防除対策

基腐病対策の基本は、病原菌を「持ち込まない、増やさない、残さない」ことである。

★ **未発生地域**では、汚染種苗を「持ち込まない」ことが最も重要な防除対策となる。

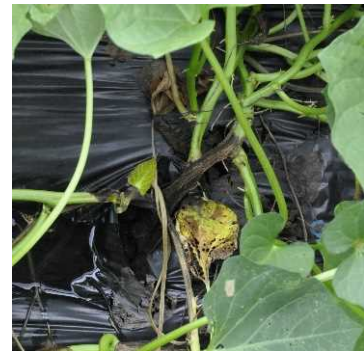
★ **初発生地域**では、基腐病菌を定着させないための対策が必要となる。病原菌による土壌の汚染が進んでからの防除は難しくなるため、早期に発見し、少発生のうちに徹底的に「増やさない」、「残さない」対策を実施して封じこめることが望ましい。

★ **常発生地域**では、健全種苗の供給・確保や、圃場の病原菌密度を低減させるための対策が必要となる。

基腐病の原因菌
P.7～9

基腐病の伝染環
P.10

基腐病の症状
P.11～14



基腐病の名前の由来となる
株元が腐敗する症状

基腐病の診断方法
P.17～23

類似病害の症状
P.18～20

防除対策
P.24、86

持ち込まない対策

- ①種イモは必ず未発生圃場から採取する。
- ②定期的に茎頂培養苗を導入して種苗を更新する。
- ③苗床消毒、および種苗の選別と消毒を行う。



発生地域必須

感染苗による病原菌の本圃への持ち込みを防ぐため、無病健全苗を生産することが必須である。

◆ 種苗確保と苗床植え付け時の注意点

健全な種イモを確保するため、種イモ採取用の専用圃場を設置し、一般圃場とは区別して管理する。基腐病が発生した圃場から採取した塊根は、収穫時に健全に見えても、貯蔵中や翌年苗床に伏せ込んだ後に発病する可能性があるため、種イモは必ず未発生圃場から採取し、選別と消毒をした後に健全な苗床に伏せ込む。

種イモは未発生圃場から採取するのが原則であるが、やむを得ず発生の可能性のある圃場から採取する場合は、基部が黒変していない株から採取し、貯蔵前に種イモを水洗・選別し、なり首・尾部を切除して、薬剤や蒸熱または温湯処理による消毒を行うことで発病リスクが軽減する。

自家種イモの連用は病害のまん延を助長するため、定期的に茎頂培養苗(ウイルスフリー苗やバイオ苗)を導入して更新する。茎頂培養苗でも、病原菌に感染している可能性は皆無ではないため、必ず苗消毒を行ってから健全な苗床に挿苗する。

◆ 育苗・採苗時の注意点

苗床では、生育や葉色に異常のある株を見つけたら種イモごと速やかに苗床の外に持ち出し、適切に処分する。発生苗床では採苗を中止するのが望ましいが、やむを得ず継続する場合は、薬剤耐性菌の発生リスクが低い銅剤(ジーファイン水和剤またはZボルドー)を散布する。

株元が変色していない萌芽苗でも基腐病菌を保菌している可能性があるため、苗は地際から5cm以上離れた部分で採取し、当日調製したベンレート水和剤またはベンレートT水和剤20、トリフミン水和剤を用いて採苗と同時に消毒を行うことで発病リスクが軽減する。発病苗床では散水時に孢子が苗の上部にまで飛散する可能性もあるため、苗全身を浸漬することのできる薬剤(ベンレート水和剤またはベンレートT水和剤20)や温湯を用いて消毒することで、発病リスクがより軽減する。

保菌苗を切ったハサミで健全苗を切ると、健全苗が病原菌に感染する恐れがあるため、採苗時のハサミはこまめに火炎滅菌または丁寧な水洗と拭き取りなどを行い、健全苗への病原菌の伝染を予防する。

◆ 定植苗購入時の注意点

本圃へ定植する苗を購入する際には、①適切な方法で生産された無病健全苗であること、および②変色などの異常がないこと、を確認し、未消毒の苗であれば消毒してから本圃に定植する。

健全種苗の生産
P.25

種イモの貯蔵前処理
(常発生地向け)
P.43~44

温度処理、蒸熱処理
による種イモ消毒
P.45~51

育苗・苗消毒
P.52~55



基部が黒変した苗

◆ 発生した苗床の処置

苗床で基腐病が発生した場合は、苗床から種イモを含め残渣を極力持ち出した上で夏場に複数回耕耘し、残渣の分解を促進する。

苗床の土壌消毒は、殺菌効果のある剤を用いて、地温、土壌水分などが適切な条件下で実施する。土壌消毒効果を高めるため、薬剤処理後直ちにビニールなどで被覆する。農薬を用いず、有機物を土壌混和し湛水する土壌還元消毒法により消毒することもできる。

苗床の土壌消毒

- ・土壌くん蒸剤
P.42、78～80
- ・土壌還元消毒
P.56～60

◆ 圃場作業時の注意点

基腐病は種イモの他、主に罹病残渣中で生き残った病原菌が次作の伝染源となるが、病原菌を含む土壌が作業機や長靴などに付着して移動することにより感染拡大が生じる可能性も考えられる。従って、農作業時は①前年度に発生のない圃場から作業を行う、②作業後に機械や長靴を洗浄する、など、汚染土壌を拡散しない工夫も必要である。

また、苗床では、伏せ込みから長期間にわたり採苗作業が続き、本圃への定植に伴い繰り返し出入りするため、消毒した苗床が再汚染するリスクは極めて高い。従って、苗床専用の長靴や手袋を用意するなど、より注意を要する。

圃場の衛生管理 P.40

増やさない対策

- ①ヒルガオ科以外の作物との輪作または休耕。
- ②抵抗性品種の利用。
- ③圃場の排水対策。
- ④生育前期の発病株の抜き取りと予防的な薬剤散布。
- ⑤早期収穫。



発生地域

◆ 連作の回避(輪作または休耕)

基腐病菌はヒルガオ科植物にのみ感染し、作物ではかんしょのみ被害が知られている。前作で発生が認められた圃場では、かんしょを連作すると再び基腐病が発生し、罹病残渣などで病原菌が土壌中に集積し、圃場の汚染程度が高まると考えられる。従って、発生圃場ではかんしょの連作はせず、非宿主作物の栽培や休耕をする。

圃場の汚染程度によりかんしょの栽培を避けるべき期間は異なると考えられるが、多発生地域において、2年間かんしょを作付けせず、3年目に抵抗性“中”以上の品種を作付けしたところ、基腐病の発生が無しまたは極僅かに見られる程度にまで軽減された事例がある。

他作物の栽培または休耕の際には、基腐病菌が生き残る原因となる野良イモの発生に注意が必要である。また、その圃場の土壌は基腐病菌で汚染されていることにも留意し、作業機や長靴などで汚染土壌を他の圃場に拡散しないことも大切である。その圃場で再びかんしょを栽培する時には、見かけ健全な感染苗による病原菌の持ち込みや近隣圃場からの病原菌の飛び込みなどによる再発生にも注意する。

輪作・休耕 P.26、39

休耕と品種の組み合わせによる発生 程度軽減事例 P.35～36、39

野良イモ対策 P.77

◆ 抵抗性品種

国内における2020年産かんしょの作付面積は、「コガネセンガン」、「ベにはるか」、「ベニアズマ」、「高系14号」、「シロユタカ」の順に多く、この5品種だけで全体の7割を占めている※。程度の差はあるが、いずれの品種も基腐病には強くないため、かんしょを栽培する際には、基本的に基腐病の対策は必須であると考えられる。

一方、「べにまさり」(青果用)、2019年に育成された「こないしん」(でん粉原料用)および2021年に育成された「みちしずく」(焼酎・でん粉原料用)が抵抗性“やや強”と評価され、現場への導入が急速に進んでいる。なお、抵抗性が比較的強いと評価された品種でも感染するため、種イモは未発生圃場から採取し、苗消毒や後述する排水対策などの基本対策を徹底するとともに、前作で発生の激しかった圃場での栽培は避ける。

※農林水産省(2022)「かんしょ品種の普及状況」『令和3年度いも・でん粉に関する資料』
<<https://www.maff.go.jp/j/seisan/tokusan/imo/r3shiryu.html>>

◆ 圃場の排水対策

基腐病は排水不良な場所でまん延しやすいため、作付け前に①排水路を点検し堆積物を除く、②排水口方向に勾配をつける。③明渠(めいきよ)を施工し排水口を排水路に接続する、④排水を妨げる枕畝を設置しない、⑤サブソイラやカットブレーカーなどを用いて耕盤を破砕する、などして、表面排水、地下排水を促進する。降雨後は圃場を見回り、排水が上手くいっているかを確認する。

◆ 薬剤を用いた防除体系

罹病残渣が原因の土壌伝染による発病は長期間続き、薬剤散布での防除は難しくなるため、土壌中の病原菌密度を低減させる対策として、中発生以上の圃場では前述した輪作または休耕、少発生圃場では後述する残渣の持ち出しや分解促進、土壌消毒などを実施する。

土壌伝染を防ぐため、作付け前にフロンサイドSC、フロンサイド粉剤またはフリントフロアブル25を全面散布土壌混和する。青果用かんしょであれば、さらに、立枯病対策にクロルピクリンで畝内消毒をする。

前述した消毒苗を定植後、3～4週目および5～6週目に、茎葉および畝間土壌にフロンサイドSCを散布する(2023年3月現在、散布方法について登録審査中)。発病株を圃場に残しておく、発病部位に大量の胞子が形成され基腐病がまん延する原因となるため、苗の活着後から茎葉が畝間を覆う前までは、圃場を定期的に巡回して発病株の早期発見と除去に努める。発病株は袋に入れるなどして、付着している土があたりに飛び散らないように圃場外へ持ち出し、適切に処分する。かんしょの茎や屑イモは容易に萌芽・発根して自生し感染源となるため、圃場周辺に決して放置しない。発病株除去後は、再発する可能性があるため補植はしない。

畝間に水がたまるような降雨後や台風通過後は基腐病がまん延しやすいため、茎葉が畝間を覆ってから収穫期までは、降雨前にアミスター20フロアブル、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)を散布する。作付け前にフリントフロアブル25を土壌混和し

基腐病抵抗性品種 P.27～34、38



基腐病抵抗性検定圃場

排水対策 P.61～66

薬剤散布による防除 P.67～71



生育前期の発病株
(葉の変色・しおれ・生育不良)

た場合は、同一系統のアミスター20フロアブルは使用せず、トリフミン水和剤または銅剤を散布する。薬剤耐性菌の発生を防止するため、各薬剤の使用回数を守り、連続使用せずに作用機作の異なる薬剤をローテーション散布する。また、薬液は、株元や茎にしっかり付着するよう、かんしょの生育に合わせて十分な量を散布する。

◆ 早期収穫

基腐病菌は、主に地際の茎の感染部位から諸梗、塊根へと侵入して腐敗症状を引き起こすため、発生圃場では早期収穫することで塊根の被害を軽減できる(ただし、収穫した塊根は、貯蔵中や出荷後輸送中に発病する可能性がある)。

栽培期間が長くなるほど発生が拡大し、罹病残渣を増やすことにもつながるため、発生が認められた圃場では栽培期間を短縮して早期に収穫し、地温が高いうちに耕耘などして残渣の分解を促進することが望ましい。

早期収穫

P.28～31、P.72～73



諸梗から腐敗した塊根

残さない対策

- ①罹病残渣の持ち出しと分解促進。
- ②土壌消毒。



発生地域

◆ 罹病残渣処理

基腐病菌は、種イモの他、主にかんしょ残渣で越冬し次作の伝染源になるため、罹病残渣は圃場外に持ち出し、地域のルールに従って適切に処分する。罹病残渣を持ち出すと次作での基腐病の発生は軽減されるが、皆無になるわけではなく、発生が多い圃場ほど発生軽減効果は見えにくくなると考えられる。しかし、前述した輪作、休耕や後述する土壌消毒など他の対策もあわせて行うことで、それぞれの対策を単独で行うよりも高い防除効果が期待できる。

残渣を持ち出しできない場合は、収穫後速やかに細断してすき込み、分解を促進することで次作での発生を軽減できると考えられる。残渣の分解には土壌中の微生物が関与することから、20℃以上の地温と適度な土壌水分が必要と考えられる。

また、耕土層と心土層を入れ替える天地返しを行い、地表付近の残渣量を減らすことでも、発生を軽減できると考えられる。

罹病残渣処理

P.74～75



圃場の罹病残渣(2019年)

天地返し

P.76～77

◆ 土壌消毒

汚染程度が高い圃場では土壌消毒の効果は低いため、かんしょ以外の作物を栽培することを検討する。

土壌消毒を行っても、塊根など大きな残渣の内部に生存している病原菌は殺菌できないと考えられるため、土壌消毒を行う場合であっても罹病残渣を圃場外に持ち出し、持ち出しできない残渣は、病原菌が薬剤に暴露されるよう、土壌消毒前に耕耘して十分に細断する。

土壌消毒

P.78～80

畝間の汚染土壌からも感染が生じるため、土壌消毒は、畝内だけではなく圃場全面を対象に、バスアミド微粒剤やガスタード微粒剤、キルパーなど殺菌効果のある剤を用い、使用基準を遵守して、地温、土壌水分などが適切な条件下で実施する。ガスの揮散を防止し、地表付近に存在する病原菌の殺菌効果を高めるため、処理時はビニールなどで必ず被覆する。

土壌消毒後に堆肥などを施用して病原菌以外の微生物を土壌に補給することで、基腐病防除効果が高まる可能性がある。また、農薬を使用せず、圃場を湛水して還元状態にすることで病原菌密度を低減させる研究も行っている。

総合防除

基腐病を防除するためには、

- ①警戒し早期に発見する、
 - ②健全苗を健全土壌に植え付ける、
 - ③複数の対策を適切に実施する、
 - ④地域全体で対策に取り組む、
- など、総合的な対策を行う。

圃場の株や貯蔵中の塊根の発病は、よく注意して見ないと気付きにくく、いつの間にか病原菌を増やし、拡散してしまう可能性があるため、警戒を怠らず、早期に発見して対策をとる必要がある。

基腐病は、種苗または圃場のどちらかでも病原菌に汚染されていれば発生する。基腐病に特效薬はなく、上述した対策を単独で実施しても十分な防除効果は得られないため、基腐病の伝染環を遮断するための対策を総合的かつ適切に実施する必要がある。

また、台風など激しい風雨により、基腐病の被害が隣接圃場に拡大したと推察される事例もあるため、基腐病対策は、点ではなく面で、地域全体で取り組む必要がある。

堆肥施用
P.82

湛水処理
P.84～85



湛水試験圃場



発生地域

防除の考え方
P.24～26

発生軽減事例
P.35～39

隣接圃場への拡大例
P.41

第 I 章 基腐病の発生生態

1. 基腐病の原因菌

(1) 分類 糸状菌

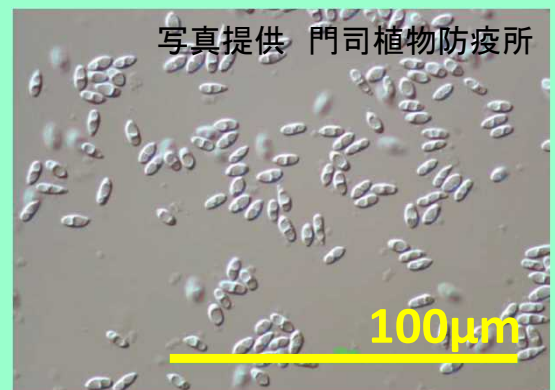
学名 *Diaporthe destruens* (Harter) Hirooka, Minosh. & Rossman
異名 $\left(\begin{array}{l} \textit{Plenodomus destruens} \text{ Harter} \\ \textit{Phomopsis destruens} \text{ (Harter) Boerema, Loer. \& Hamers} \end{array} \right)$

(2) 形態的特徴

へいしかく※1
柄子殻
(茎上)



胞子
(α 胞子)

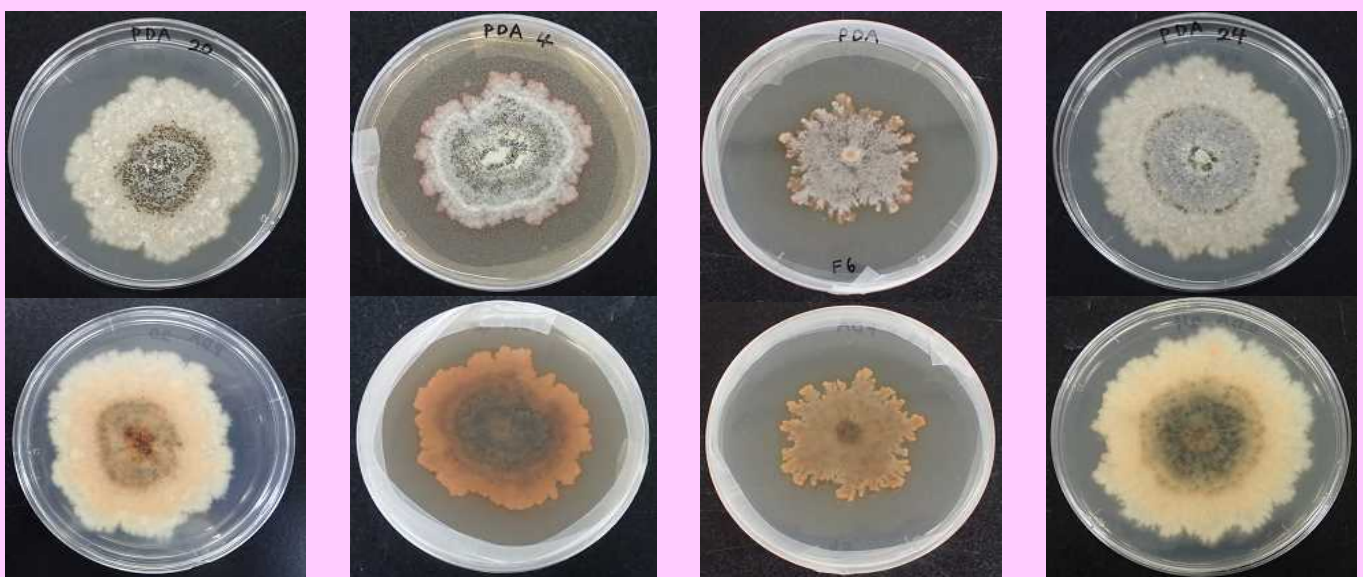


・茎や塊根の腐敗部位表面に柄子殻と、柄子殻内部に胞子を形成する。

※1 糸状菌の繁殖器官の一種。分生子殻(ぶんせいしかく)とも呼ばれる。

菌叢 (PDA培地※2、25°C、2~3週間培養)

上段: 表面、下段: 裏面



・PDA培地上での生育は遅く、淡橙~褐色の多様な菌叢を形成する。
・菌叢上に黒色粒状の柄子殻を形成することが多い。

※2 ブドウ糖加用ジャガイモ煎汁寒天培地。市販されており、糸状菌の培養によく用いられる。

(3) 菌糸の生育温度

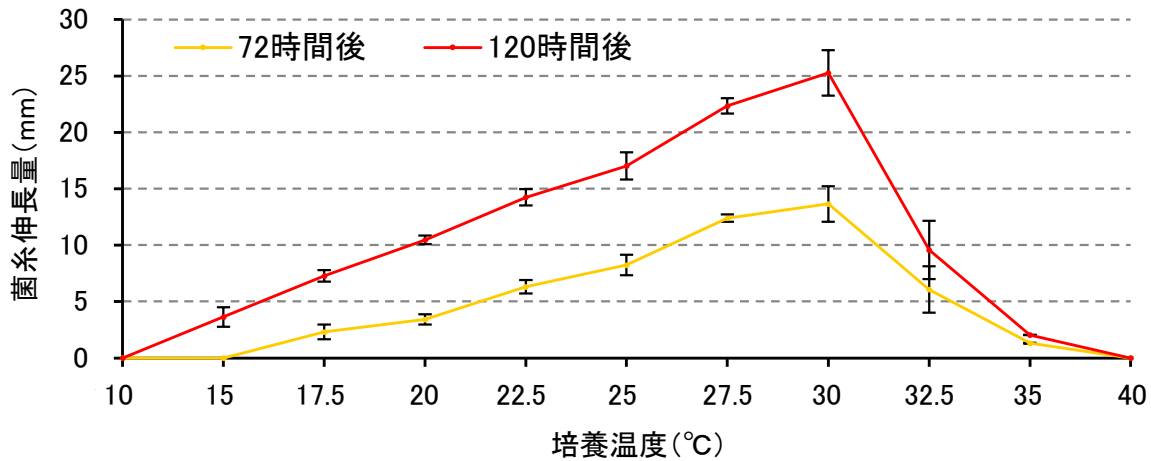


図1 培養温度別の基腐病菌の菌糸伸長量 (鹿児島農総セ)

基腐病菌KM4株をブドウ糖加用サツマイモ煎汁寒天(SPDA)平板培地で2週間培養(25°C、暗所)し、菌糸の先端を直径4mmのコルクボーラーで打ち抜き、SPDA平板培地(10ml/90mmペトリ皿)の中央に置床した。10~40°C暗条件で培養し、72時間後および120時間後に接種寒天片を差し引いた菌叢の長径と短径を測定し、平均値を算出した。図中の菌糸伸長量は3反復の平均値±標準偏差を示す。

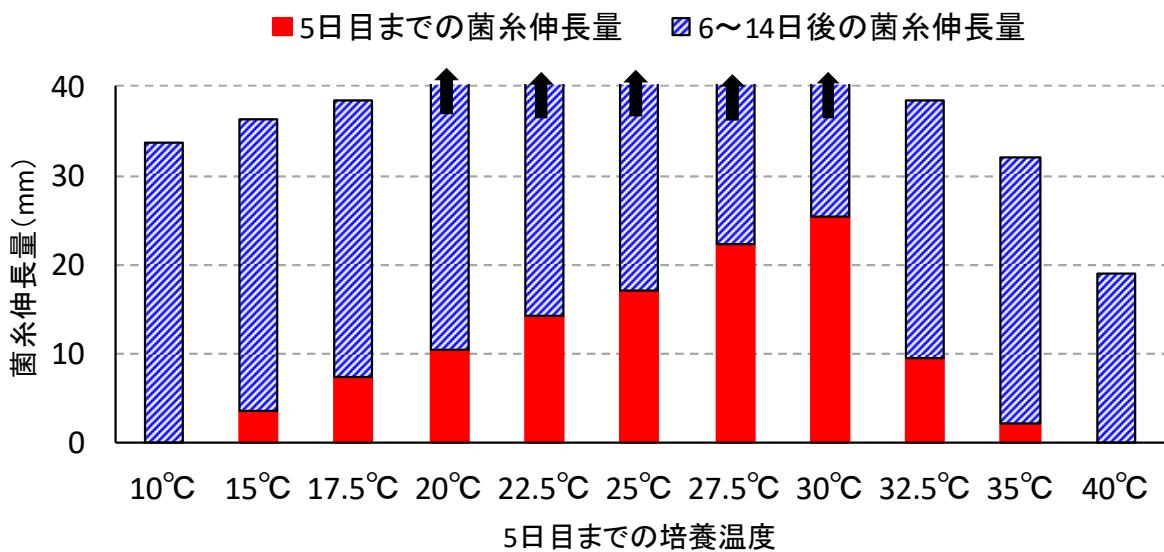


図2 SPDA培地¹⁾上において異なる培養温度で5日間培養した基腐病菌を27.5°Cで更に9日間培養した場合の菌糸伸長量²⁾ (鹿児島農総セ)

1) ブドウ糖加用サツマイモ煎汁寒天平板培地を使用。

2) 図1で5日間(120時間)培養した菌体を、27.5°C(暗所)に移し、さらに9日間(6~14日目まで)培養した時の菌糸伸長量。

注) 図中の矢印は伸長した菌糸がペトリ皿上で最大限に伸長し、測定不能になったことを示す。

☑基腐病菌の菌糸伸長は、PDA培地よりもSPDA培地の方が早く、SPDA培地における発育温度は15~35°C(適温27.5~30°C)である(発育温度は、菌株や培地の種類により異なる可能性がある)。

☑基腐病菌の菌糸は10°Cおよび40°Cでは伸長しないが、120時間後でも生存しており、適温(27.5°C)になると伸長する(各温度による生存期間は不明)。

(4) 菌糸の生育pH

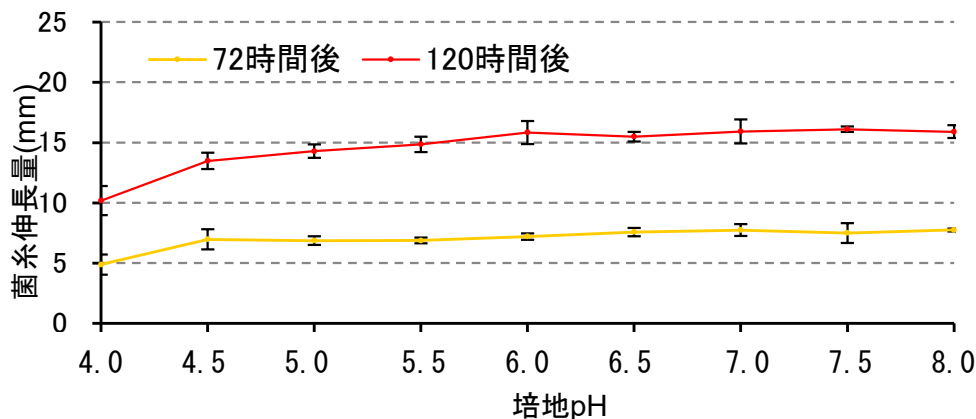


図3 pHの異なる培地上での基腐病菌の菌糸伸長量 (鹿児島農総セ)

基腐病菌KM4株をブドウ糖加用サツマイモ煎汁寒天(SPDA)平板培地で2週間培養(25℃、暗所)し、菌糸の先端を直径4mmのコルクボーラーで打ち抜き、0.1N塩酸または0.1N水酸化ナトリウムを添加してpHを調整したSPDA平板培地(10ml/90mmペトリ皿)の中央に置床した。25℃暗条件で培養し、72時間および120時間後に接種寒天片を差し引いた菌叢の長径と短径を測定し、平均値を算出した。図中の菌糸伸長量は3反復の平均値±標準偏差を示す。

基腐病菌の菌糸は、いずれのpH(SPDA培地、pH4~8)でも伸長する。

(参考)ブドウ糖加用サツマイモ煎汁寒天(SPDA)培地の作り方

1. 皮をむき、1cm角程度に切ったかんしょ200gを蒸留水1Lに加え、鍋の蓋をして煮る。沸騰したら火を弱め、20分間、煮立たせないように注意して煮る。
2. 四重にしたガーゼで煮汁をろ過し、1Lになるよう蒸留水でメスアップする。
3. ブドウ糖20gを加えて溶解し、1N塩酸でpH5.6に調整する。
4. 寒天20gを加え、オートクレーブ(121℃、20分)で溶解、滅菌する。



トピック

基腐病菌の胞子の生存性

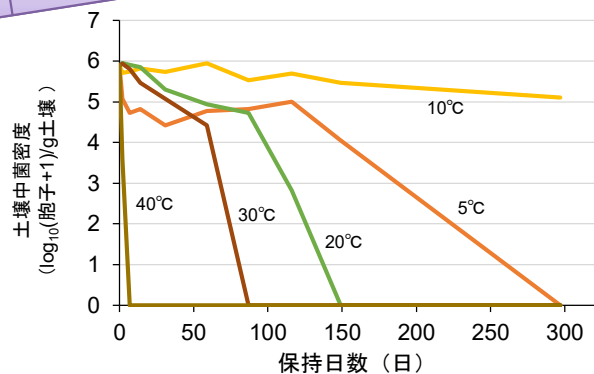


図4 土壌中における胞子の生存性

注)宮崎県内の黒ボク土壌(水分率20%)に、基腐病菌のnit変異株の胞子(α胞子)を一定量混和後、各温度で保持し、経時的(297日後まで)に選択培地を用いた希釈平板法により分離し、菌数を計測した。

土壌中の胞子は10℃で9か月以上の生存が確認された。

表1 コンテナ等の土壌が付着したプラスチック資材上の胞子の生存性

保持期間(日)	7	14	28	71	98	122	183
ポリエチレン薄片上	+	+	+	+	+	+	-
ポリプロピレン薄片上	+	+	+	+	+	+	-

+ : 生存、- 死滅

注)滅菌黒ボク土壌を付着させたポリエチレン製またはポリプロピレン製の薄い切片上に基腐病菌のnit変異株の胞子(α胞子)懸濁液(10⁶個/ml)を滴下風乾後に、15℃、湿度80%で保持、経時的に選択培地上で分離して生存性を確認した。

15℃(湿度80%)における土壌が付着したプラスチック資材上の胞子の生存は約4か月間確認された。



胞子



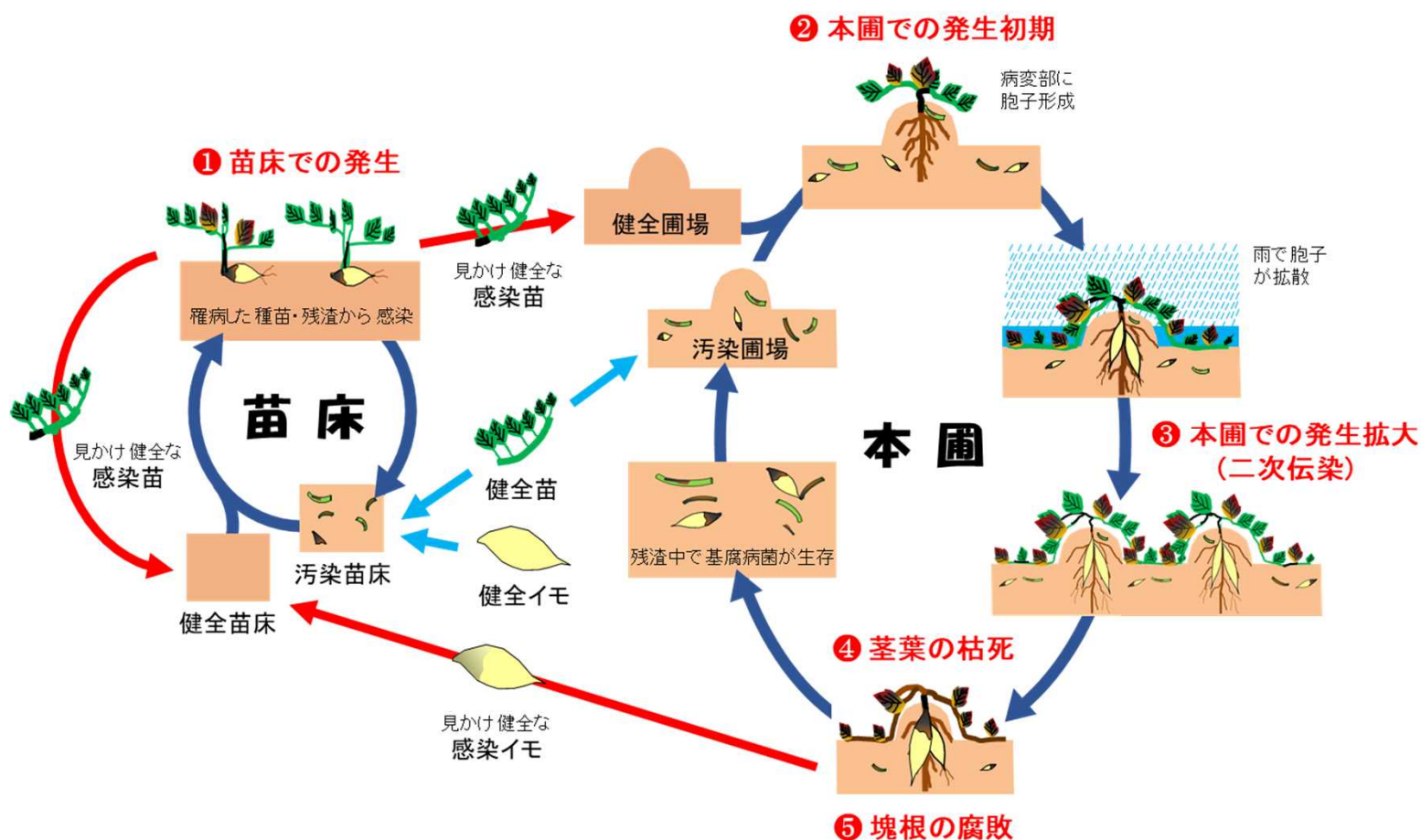
イモの収穫・保存用コンテナ

(農研機構植防研、同九沖研)

(5) 寄主植物 ヒルガオ科のみ(主にかんしょ)

※基腐病菌を人工的に接種すると、ヒルガオ科のアメリカネナシカズラ、エンサイ、ゲンバイヒルガオ、ホシアサガオおよびマメアサガオが感染したが、自然発生が確認されているのはかんしょのみである。

2. 基腐病の伝染環



- 1) 基腐病は、病原菌に感染した塊根(種イモ)と、感染した苗で圃場内に侵入する。
- 2) 前作に基腐病が発生した圃場では、罹病残渣中で病原菌が生き残り、定植苗が残渣と接触することによっても感染する。
- 3) 本圃での最初の発生は定植1か月後頃から見られ、定植苗の生育が悪く、全体が黄色や赤色などに変色している。また、株の基部が暗褐色～黒色になっている。この時期の発病株は、少ない圃場では10aあたり数株程度であるが、前作多発生圃場ではその後継続的に増加する場合が多い。
- 4) 発病株には多くの胞子が形成される。この胞子は、風雨や圃場の湛水により移動し、周辺の健全株の茎が感染するため、畝および畝間に沿って発生が拡大する。
- 5) 栽培中期は地上部の生育が盛んなため、圃場を一見しただけでは発生に気づきにくい。
- 6) しかし、8月下旬には茎葉の黄変の急速な拡大、10月には多くの株で枯死症状が見られる。
- 7) 地際の茎基部が感染・発病すると、そこから地下部の茎、諸梗、塊根へと病徴が進展し、時間の経過とともに塊根は、なり首側から褐色～暗褐色に腐敗する。
- 8) 圃場の罹病残渣は、次作の土壌由来の一次伝染源となる。
- 9) 見かけ上健全な感染塊根が種イモに利用されると、苗への一次伝染源となる。

3. 写真で見るかんしょの被害

① 苗床での発生



- ・巻葉
- ・株の萎縮



- ・葉が赤変、黄変



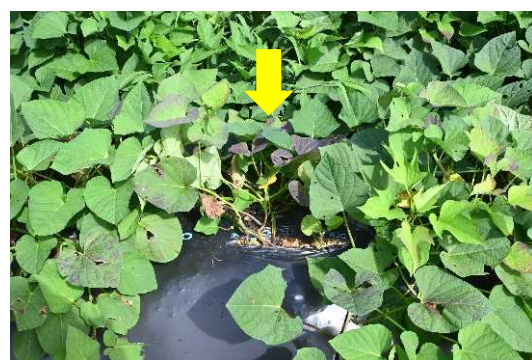
- ・株元の茎が黒変



掘り上げた罹病塊根

- ・種イモの腐敗
- ・苗基部の黒変

② 本圃での発生初期



葉が赤変・黄変し生育不良の株(定植後40日頃)



株の基部が暗褐色～黒色



基部黒変の初期症状



茎の途中の黒変



茎に形成された柄子殻



③本圃での発生拡大(二次伝染)

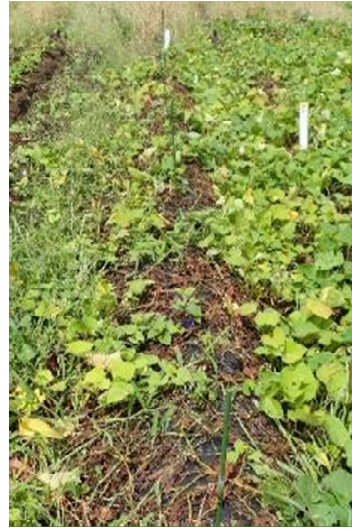
二次伝染により、圃場内にまん延する。茎葉が繁茂する時期は、発生が拡大しても目に付きにくく、秋頃から一気に枯れ上がったように見える場合が多い。



7月下旬
発病株率47%
基部発病株率6%



8月下旬
発病株率72%
基部発病株率63%



9月下旬
発病株率100%
基部発病株率94%



10月上旬
発病株率100%

※健全圃場に健全苗を定植して、一部の株に基腐病菌を接種して発病させ、二次伝染の経過を観察した。
※発病株率:地際を含め茎のどこかに病徴がある株の割合、基部発病株率:地際が発病した株の割合。

④茎葉の枯死



10月下旬 収穫皆無の圃場



地上部の茎葉は枯死し、地下部に形成された塊根の健全部位から新たに萌芽している。

⑤ 塊根の腐敗

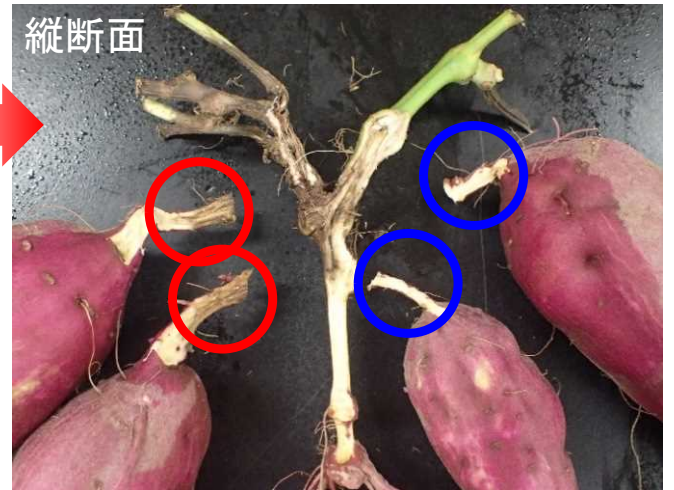
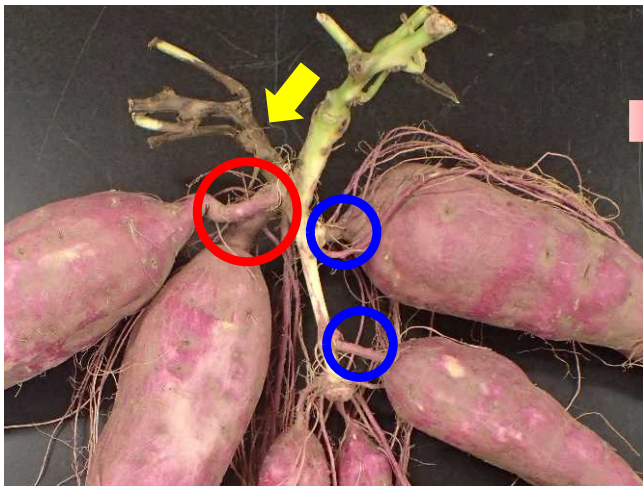


病徴(黒変)が地際の茎から地下部の茎へ
(2019年8月中旬撮影)



病徴(褐変)が諸梗から塊根へ到達
(2019年10月中旬撮影)

※諸梗(しよこう)とは、茎と塊根をつなぐ部分



矢印: 地下部の茎に病徴(暗褐色)

外観ではわからないが、諸梗の内部に病徴(褐変)が○は進んでおり、○は進んでいない。



矢印: 地下部の茎、諸梗、塊根に病徴(暗褐色)

○: 外観ではわからないが、地下部の茎、諸梗の内部に病徴(褐変)が進んでいる。

塊根は品種を問わずほぼ同じ病徴を呈し、なり首側から褐色～暗褐色に腐敗することが多い。



品種「高系14号」



品種「シロユタカ」



品種「パープルスイートロード」



品種「コガネセンガン」



品種「ハマコマチ」(貯蔵中)



品種「べにまさり」



(貯蔵中)

4. 苗伝染と土壌伝染の特徴

ここがポイント！

- 一次伝染源として、感染苗を植えた場合(苗伝染)と、土壌が汚染されていた場合(土壌伝染)では、病害の発生・進展にある程度違いがみられる。
- 苗伝染による発病は、土壌伝染に比べて速やかで、短期間に急増する。普通作の場合、定植後1か月程度で発生が認められ、感染苗の多くが2か月以内に発病する。
- 土壌伝染による発病は、苗伝染よりも緩やかに始まり、徐々に発病株が増加する。普通作では定植1～2か月後頃に発生し、以降は株元だけでなく畝間でも茎の発病がだらだらと続く。発生程度は土壌の汚染程度で異なり、罹病残渣が多い場合は、甚発生に至る。

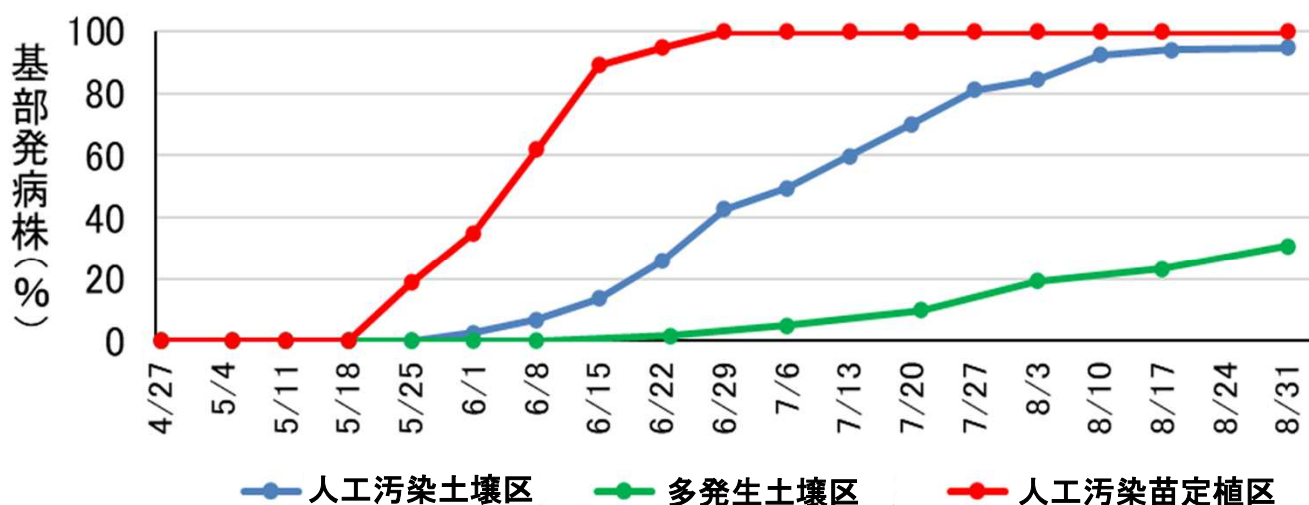


図5 人工汚染苗定植区、人工汚染土壌区および多発生土壌区における発病推移の比較 (宮崎総農試)

人工汚染苗定植区は、孢子懸濁液(2.3×10⁴個/ml)に4時間浸漬した苗(品種「高系14号」)を健全圃場に定植した(2020年4月27日)。25株3箇所を調査。人工汚染土壌区は罹病塊根5kg/m²を混和して作製した圃場、多発生土壌区は前年発病株率約60%の発生圃場に健全苗(品種「高系14号」)を定植し(2020年4月27日)、6月下旬または7月上旬まで発病株の抜き取りを行った(以降は発病株由来の孢子拡散による二次伝染も生じた可能性がある)。各区40株3箇所を調査。

表2 生育前半までの発病状況に基づく発生要因の推定

初発時期	初発後の 発病株の増加状況	推測される主な一次伝染源	
		苗	土壌
定植後 3～5週頃	1～3週間程度で急増	○	-
	1～2か月で徐々に増加	○	○
定植後 5週～	1～2か月で増加	-	○
	1～2か月で徐々に増加	-	○

注)伝染源として、○:可能性が高い、-:可能性が低い。

- ☑生育前半までの発病状況に基づき、一次伝染源をある程度推測できる。
- ☑苗が原因と考えられる場合は苗床の健全化と種苗消毒の徹底を、土壌が原因とみられる場合は圃場変更を検討する。

5. 病害発生要因と対策

ここがポイント！

- 2018年および2019年の疫学調査から、かんしょの立枯れ・塊根腐敗症状(主に基腐病)の発生には、圃場の排水性、過去の発生履歴、積算降水量が大きく影響していると考えられる。
- 過去に基腐病が発生した圃場では、収穫した種イモや土壌が汚染され、次作の伝染源となる可能性があるため、健全種苗の生産や圃場の病原菌密度を低減させるための対策が必要である。
- 基腐病は、発病株に形成された胞子が降雨により生じる湛水などを介して周辺株に広がりまん延するため、圃場の排水を促進するための対策が必要である。

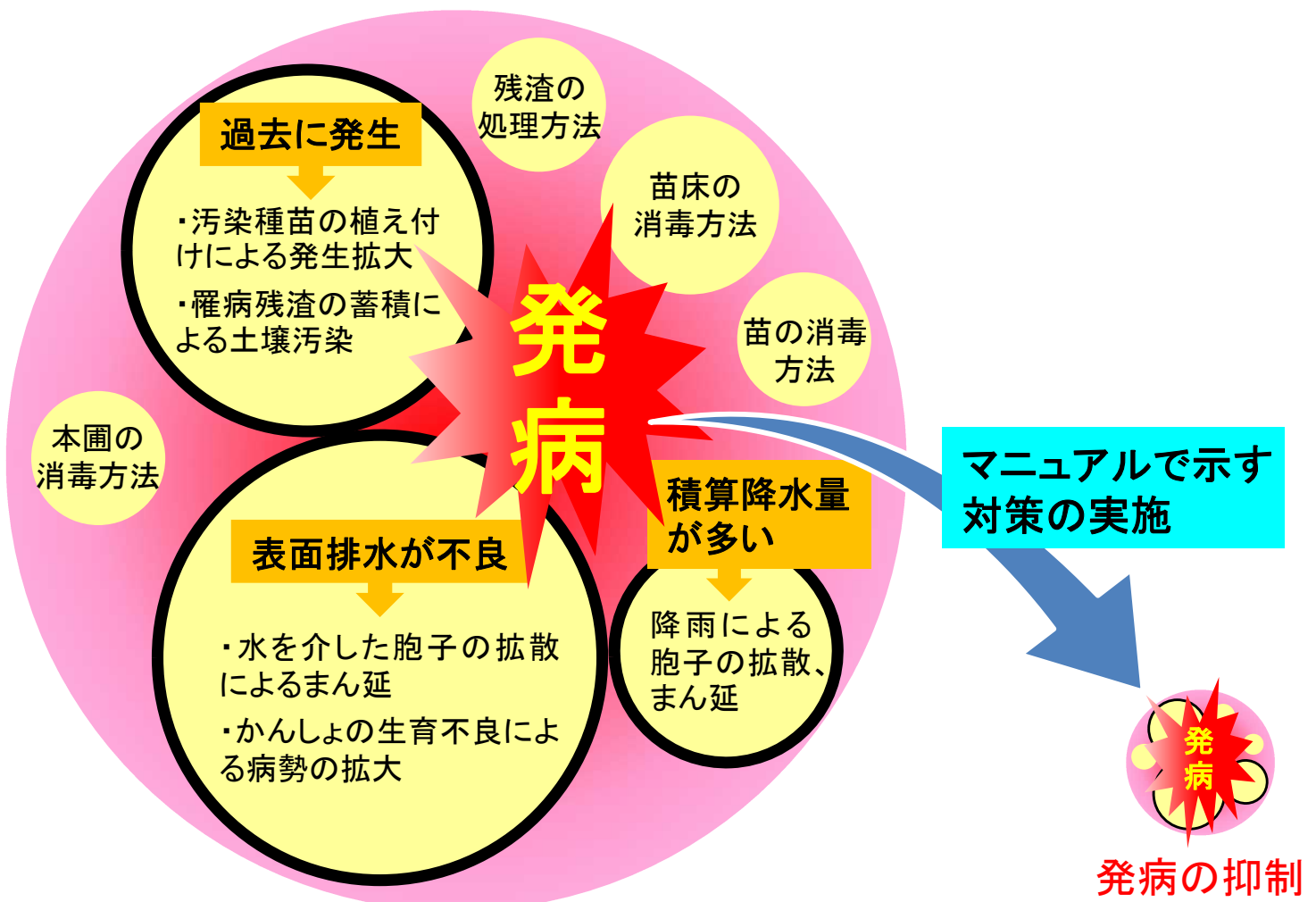


図6 疫学調査から予測された発病要因の強さの比較

2018年および2019年に、鹿児島県および宮崎県のかんしょ生産者に病害発生状況および栽培管理状況についてアンケートを実施した。各生産者の圃場(のべ311圃場/2年間)について、土壌理化学性、気象、地形、排水対策事業の情報を追加したデータベースを整備し、一般化線形モデルを構築し、赤池の情報量基準(AIC)を選択基準としたステップワイズ法によるモデル選択を行い、病害発生要因を予測した。

- ☑上図に示した「過去に発生」、「表面排水が不良」、「積算降水量が多い」の3要因が、立枯れ・塊根腐敗症状(主に基腐病)の発生に与える影響が大きい。
- ☑病害が発生した圃場の83%は排水が不良であり、44%は過去に発生が認められている(データ省略)。

第Ⅱ章 基腐病の診断法

1. 病原菌の形態観察による診断

ここがポイント！

- 乾腐病の症状は基腐病と類似しており、病徴から両者を識別するのは難しい。
- 病変部に柄子殻が形成されていれば、柄子殻の中の胞子を観察し、 γ 胞子が見られれば基腐病、 β 胞子が見られれば乾腐病と判断できる。
- 病変部から分離した菌をPDA培地上で25°C、1週間程度培養すると、生育の速さの違いから基腐病菌か乾腐病菌かを推測できる。

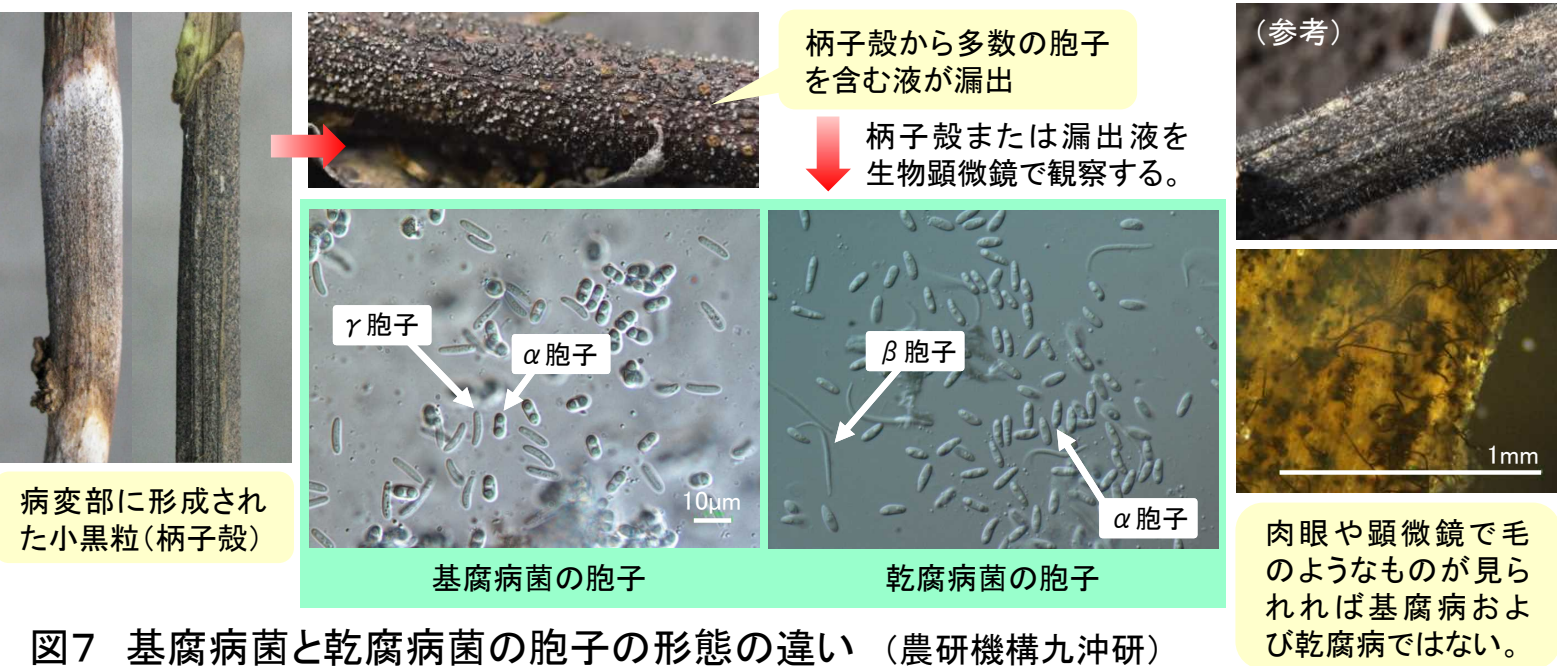


図7 基腐病菌と乾腐病菌の胞子の形態の違い (農研機構九冲研)

- ☑ 基腐病菌は植物の病変部に α 胞子と γ 胞子を、乾腐病菌は α 胞子と β 胞子を形成する(柄子殻または漏出液中に2種類の胞子が必ず観察できるとは限らない)。
- ☑ 乾腐病菌の α 胞子は、基腐病菌の α 胞子よりも細く、端が尖った印象がある。

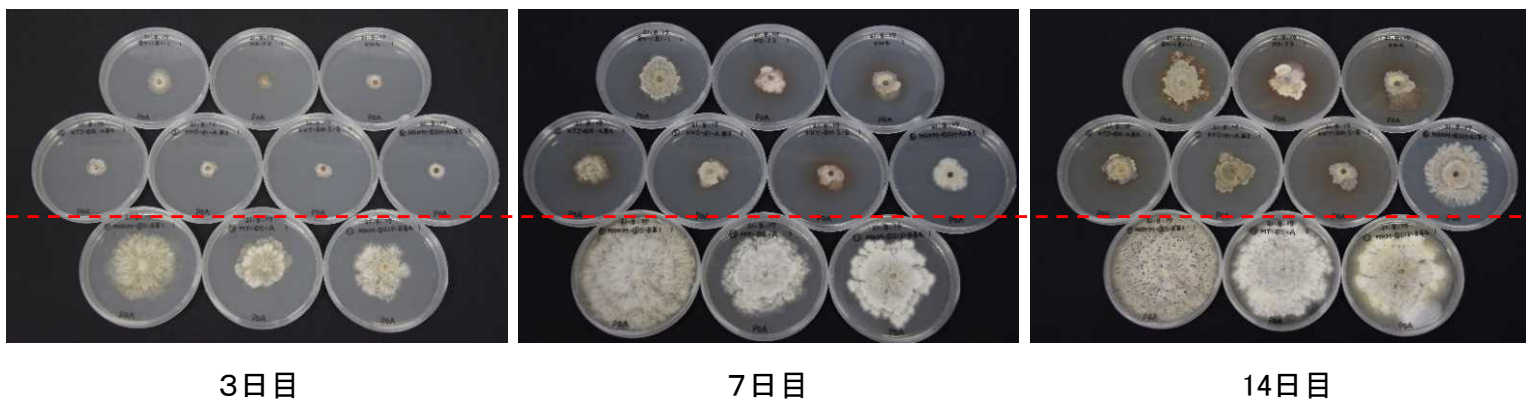


図8 基腐病菌と乾腐病菌のPDA培地上における生育の違い (農研機構九冲研)

基腐病菌7株(上、中段)と乾腐病菌3株(下段)を25°Cで培養し、経時的に観察した。

- ☑ 基腐病菌は乾腐病菌に比べPDA培地上での生育が遅い(SPDA培地よりも差が明瞭)。
- ☑ 基腐病菌は、PDA培地上では褐色の色素を産生し、菌糸の伸長が止まる菌株が多いが、ゆっくり伸び続ける菌株もある。

もくされ
基腐病

病徴での
識別困難

かんぶ
乾腐病

われ
つる割病



株元や茎の途中が腐敗



病変部に微小な黒粒(柄子殻)



病変部に微小な黒粒(柄子殻)



茎が縦に裂けて繊維が目立つ

茎の症状



病変部に微小な黒粒(柄子殻)



なり首側からやや硬い腐敗



主に貯蔵中の塊根に発生

外観無病徴



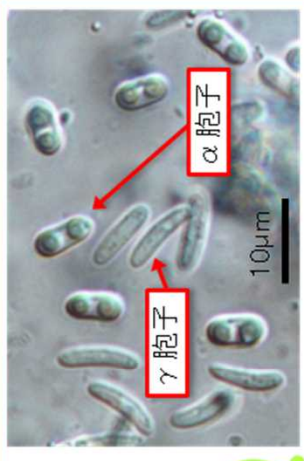
導管が褐変

なり首側が割れることあり

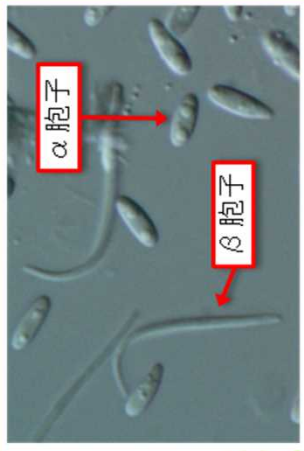


塊根の症状

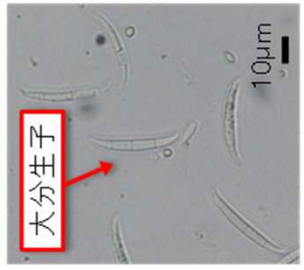
糸状菌
Diaporthe destruens



糸状菌
Diaporthe batatas



糸状菌
主に *Fusarium oxysporum* f. sp. *batatas*



茎根腐細菌病



茎や葉柄が軟らかく腐敗

茎の症状

*Fusarium solani*による病害



病変部に**橙色の粒**(子のう殻)を形成することがある



病斑からやや硬い腐敗

塊根の症状

(注意)

各病害に**特徴的な症状**を示したが、このような病徴とならない場合もある。

炭腐病

すみぐされ

主に貯蔵中の塊根に発生
内部が**褐色**→**灰黒色**→**黒色**
に腐敗
微細な黒粒(菌核)を多数形成



細菌

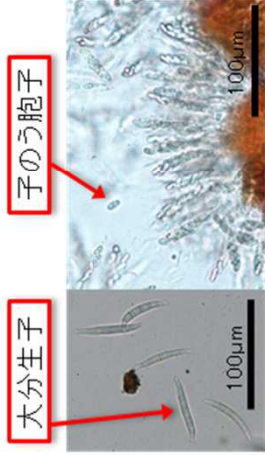
Dickeya sp.



LB培地で育てた病原菌

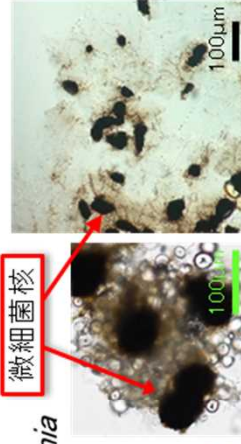
糸状菌

Fusarium solani
種複合体



糸状菌

Macrophoma phaseolina



塊根組織中

PDA培地



こくはん
黒斑病



地下の茎に黒斑(ひどくなると茎を取り巻き、黒い短い毛(子のう殻))

主に貯蔵中の塊根に発生



浅い黒斑(中央に短い黒い毛(子のう殻))

塊根の症状

たち がれ
立枯病



地下の茎にへこんだ黒斑



浅い黒斑(コルク化、中央に亀裂)

しら きぬ
白絹病

主に茎の地際に発生



茎が腐敗、白色の菌糸束に覆われる、淡褐色の粒(菌核)を形成



円形病斑
白色菌糸束
淡褐色粒(菌核)

糸状菌
Sclerotium rolfsii

PDA培地で育てた病原菌

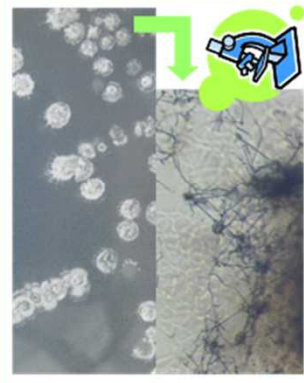
茎の症状

糸状菌
Ceratocystis fimbriata

病原菌



フラスコ状の子のう殻



放線菌(細菌)
Streptomyces ipomoeae

でん粉培地で育てた病原菌

2. PCR法による診断

ここがポイント！

- 基腐病菌と乾腐病菌のrRNA遺伝子のITS1領域およびITS2領域の塩基配列から、両菌を特異的に検出できるPCRプライマーを新たに設計した。
- かんしょの茎および塊根の病変部から抽出した全DNAを鋳型に用いたリアルタイムPCRにより、基腐病菌と乾腐病菌が区別でき、高感度かつ定量的に検出できる。最短1日で基腐病の遺伝子診断が可能。

表3 DNAプライマーの塩基配列（特許出願済み：特願2020-140356）

プライマー名	配列 (5'-3')	病原菌名	断片長 (bp)
Db ITS-F	GTTTCTATAGTGAATCTCTGAGT	乾腐病菌	317
Db ITS-R	TCCAGAGCGAGATGTA ACTA		
Dd ITS-F	GTTTTTATAGTGTATCTCTGAGC	基腐病菌	258
Dd ITS-R	GGCCTGCCCCCTTAAAAA		

1) サンプリング & 前処理工程



赤枠：採取部位(例)



すり鉢とすり棒

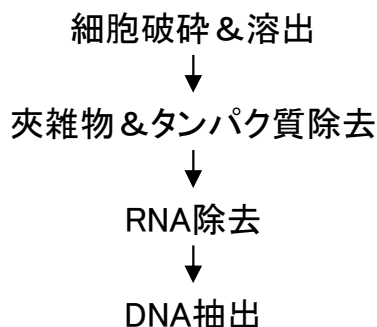


ビーズ式細胞破碎装置



メスやカッターなどで、洗浄した塊根の罹病部を表皮が含まれるように7mm四方、または茎の罹病部を5～10mm程度の輪切りに切り出し、すり鉢やビーズ式細胞破碎装置を利用して磨砕する。

2) DNA 抽出工程

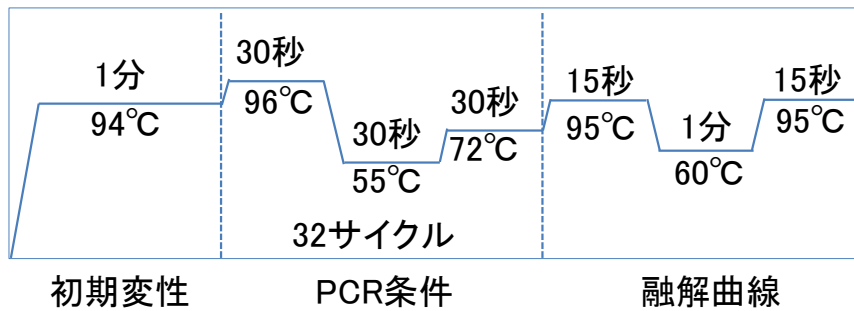


市販のDNA抽出キット

磨砕した植物試料から全DNA抽出を行う。市販のDNA抽出キット(例えばキアゲン社DNeasy Plant Mini Kitなど)が利用可能。

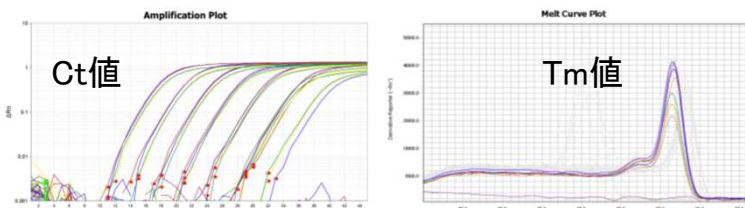
図9 基腐病の遺伝子診断工程

3)リアルタイムPCR工程



リアルタイムPCR用試薬と機器

左: TB Green Premix Ex Taq II (TaKaRa社)
右: QuontStudio 5 (ABI社)



抽出したDNAを鋳型にしてリアルタイムPCRを行い、Ct値、Tm値から判定する。

PCR機器と試薬は各社から販売されており、組み合わせにより診断結果が異なる場合があるため、診断開始前にリアルタイムPCRの検出精度を確認することを推奨する。

☑罹病かんしょなどの試料から抽出した全DNAを鋳型にリアルタイムPCRを行うと、最短1日で基腐病の遺伝子診断が可能である。

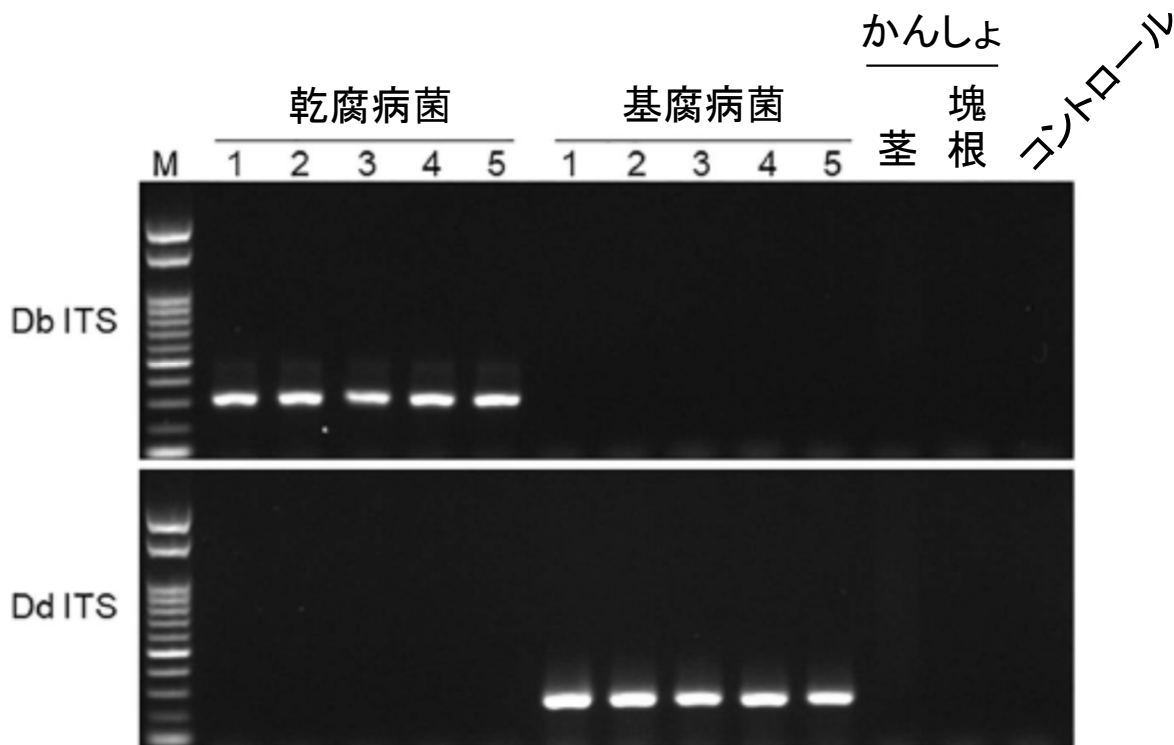
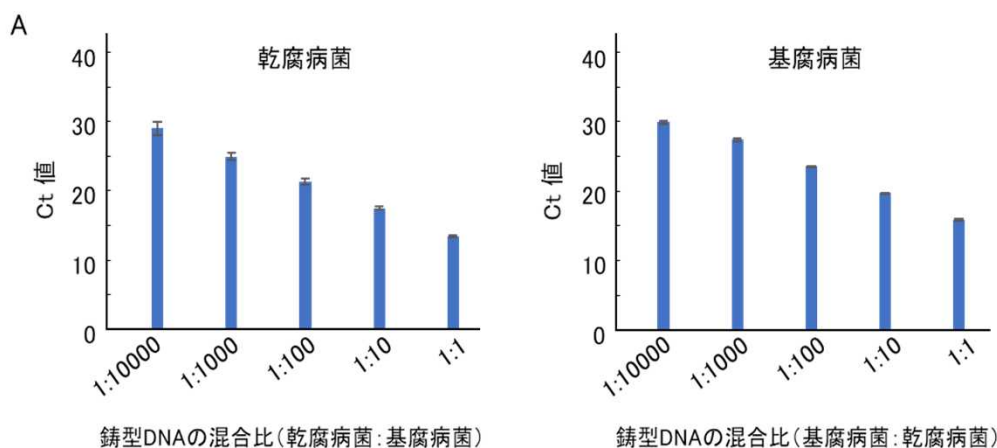


図10 コンベンショナルPCRによる検出 (TaKaRa Ex Taq Hot Start Versionを使用)

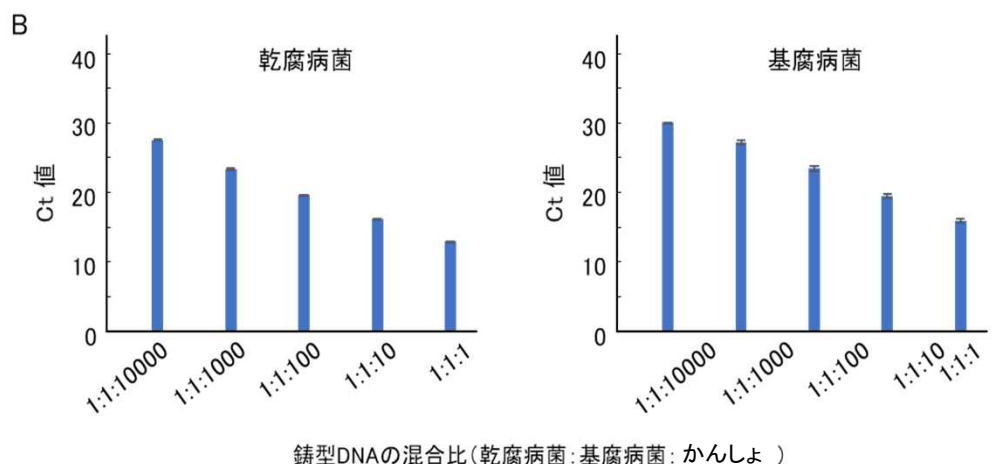
Db ITSは乾腐病菌(*D. batatas*)検出用のプライマーによる検出結果、Dd ITSは基腐病菌(*D. destruens*)検出用のプライマーによる検出結果を示す。M: サイズマーカー、1-5: 各病原菌DNAサンプルの反復、かんしょ: 健全かんしょの茎部または塊根から抽出したDNA、コントロール: 陰性対照(鋳型DNAなし)

☑基腐病菌や乾腐病菌、さらに近縁糸状菌から抽出したDNAを鋳型にリアルタイムPCRを行い、基腐病菌および乾腐病菌をそれぞれ定量的かつ特異的に検出できることを確認している。

☑コンベンショナルPCRでは、基腐病菌および乾腐病菌の定性的な検出が可能である。



☑乾腐病菌と基腐病菌のDNAがお互いの1万分の1の濃度(0.0005ng/μl)まで希釈されても、それぞれを定量的に検出できる。



☑乾腐病菌と基腐病菌のDNAがかんしょDNAの1万分の1まで希釈されても、それぞれを定量的に検出できる。

図11 リアルタイムPCRによる基腐病菌と乾腐病菌の検出精度

鑄型DNAは、Aでは乾腐病菌と基腐病菌の重複感染状況を想定し、両菌のDNAの濃度比を変えて混合したDNA(10 ng)、Bでは感染植物からの検出を想定し、かんしょおよび両菌のDNAの濃度比を変えて混合したDNA(10 ng)とした。

※ 開始前に農業生物資源ジーンバンクなどからポジティブコントロールとなる菌株を入手し、実験系の確認をする必要がある。

※ DNA抽出キットおよびPCR試薬を使用した場合、1反応に掛かる費用はリアルタイムPCRの場合で225円、コンベンショナルPCRの場合で179円と試算している。

※ 本手法では、無病徴感染している茎および塊根からも基腐病菌を検出できるように開発を進めている。

用語の解説

1)リアルタイムPCR

PCRとは、耐熱性DNA合成酵素を用いて人工的に特定のDNA断片を増幅する技術で、微量のDNA試料から標的とするDNA断片を検出でき、病気の診断などにも用いられる。このPCRでは通常、20~40サイクルの反復反応を行う。リアルタイムPCRでは、その各サイクルごとに増幅されたDNA量を測定・観察することで、もとの試料中に含まれる標的DNAを検出・定量できる。このとき、標的DNAを検出できたと判断するサイクル数をCt値と呼ぶ。

2)rRNA遺伝子、ITS領域

rRNAは細胞内でタンパク質を合成する装置(リボソーム)の一部。rRNA遺伝子はどの生物にも必須なため進化の過程で高度に保存されていることから、rRNA遺伝子やその周辺領域の塩基配列に起こった変異を比較することで、生物種の系統分類ができる。その一部であるITS領域では、比較的、変異が起こりやすく、PCRによる特異的な検出や分類・同定によく利用される。

引用文献

Fujiwara et al., 2021. Real-Time PCR Assay for the Diagnosis and Quantification of Co-infections by *Diaporthe batatas* and *Diaporthe destruens* in Sweet Potato. *Frontiers in Plant Science*. 21: 694053.

(農研機構植防研、同九沖研)

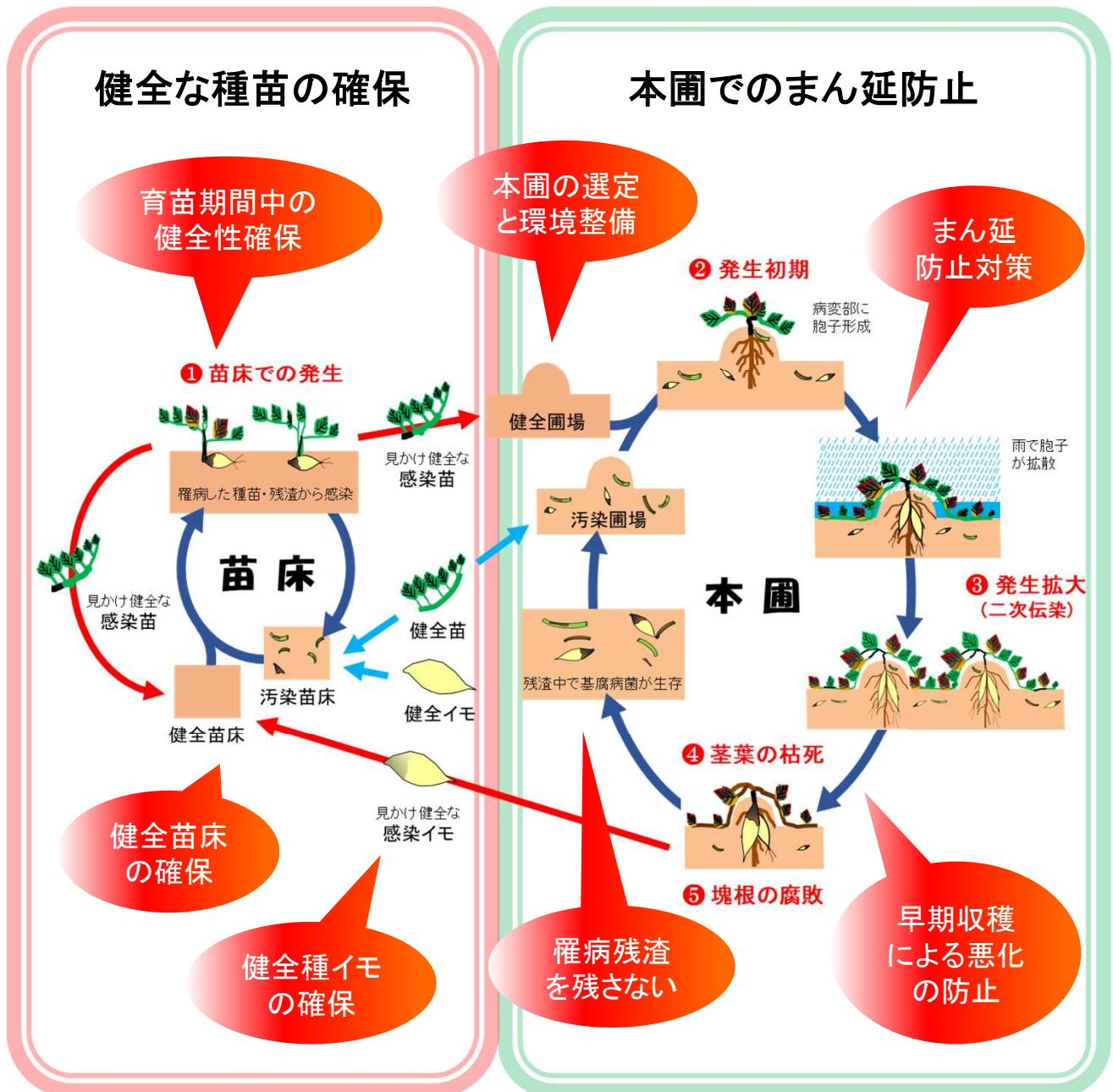
第III章 基腐病の防除対策

1. 防除の考え方

ここがポイント！

- 基腐病対策の基本は、圃場に病原菌を「**持ち込まない**」ことである。まず、苗からの持ち込みを防ぐため、種イモ生産専用圃場の設置、定期的な苗(種イモ)の更新、苗床消毒および苗・種イモの選別・消毒による健全種苗生産は必須である。
- 本病は罹病残渣中の病原菌が土壌中に集積することによっても発病すると考えられ、いわゆる「連作障害」のひとつと言える。圃場で病原菌を「**増やさない**」ための発病初期の防除対策や病原菌をまん延させない環境づくり、土づくりも含めた計画的な輪作や、圃場に病原菌を「**残さない**」ための残渣対策が重要である。

(1) 防除対策の着眼点



(2) 健全種苗を確保するための防除対策

ここがポイント！

- 感染苗は、広域的な発生拡大を生じる可能性がある。
- 基腐病が本圃で発生すると、防除に多大な労力を要するため、定植苗育成時に徹底的な防除を行って無病健全苗を生産し、健全圃場に定植する。

ケース1: 自家種イモ育成

種イモの生産管理

専用圃場の設置

無病苗の導入※1

P.67~71

異常株の抜き取り・薬剤散布

収穫時の選別※2

種イモの貯蔵管理

種イモの選別

貯蔵前処理 P.43~44

苗床の管理

P.40

苗床の土壌消毒 P.42、56~60

植え付け前 種イモの選別・伏せ込み

異常株の抜き取り・薬剤散布(銅剤のみ) P.52

適切な苗消毒 P.52~55

苗床は、採苗終了後は速やかに片付け、徹底した消毒を行う。

自家種イモの連用は、ウイルス病や基腐病など病害のまん延を助長するので、茎頂培養苗(バイオ苗やウイルスフリー苗)を導入して定期的に更新する。

種イモ生産専用圃場の要件

- ① 基腐病の発生履歴がないこと
- ② つる割病やセンチュウ類の被害がないこと
- ③ 周囲にも発生圃場がないこと
- ④ 排水良好であること
- ⑤ かんしょの連作は避けること

※1 発病リスクの少ない履歴の確かな苗を導入し、必ず消毒して定植する。
 ※2 異常株の周辺から採種しない。

ケース2: 購入種イモ

ケース3: 購入苗

消毒苗の定植

健全種イモの確保

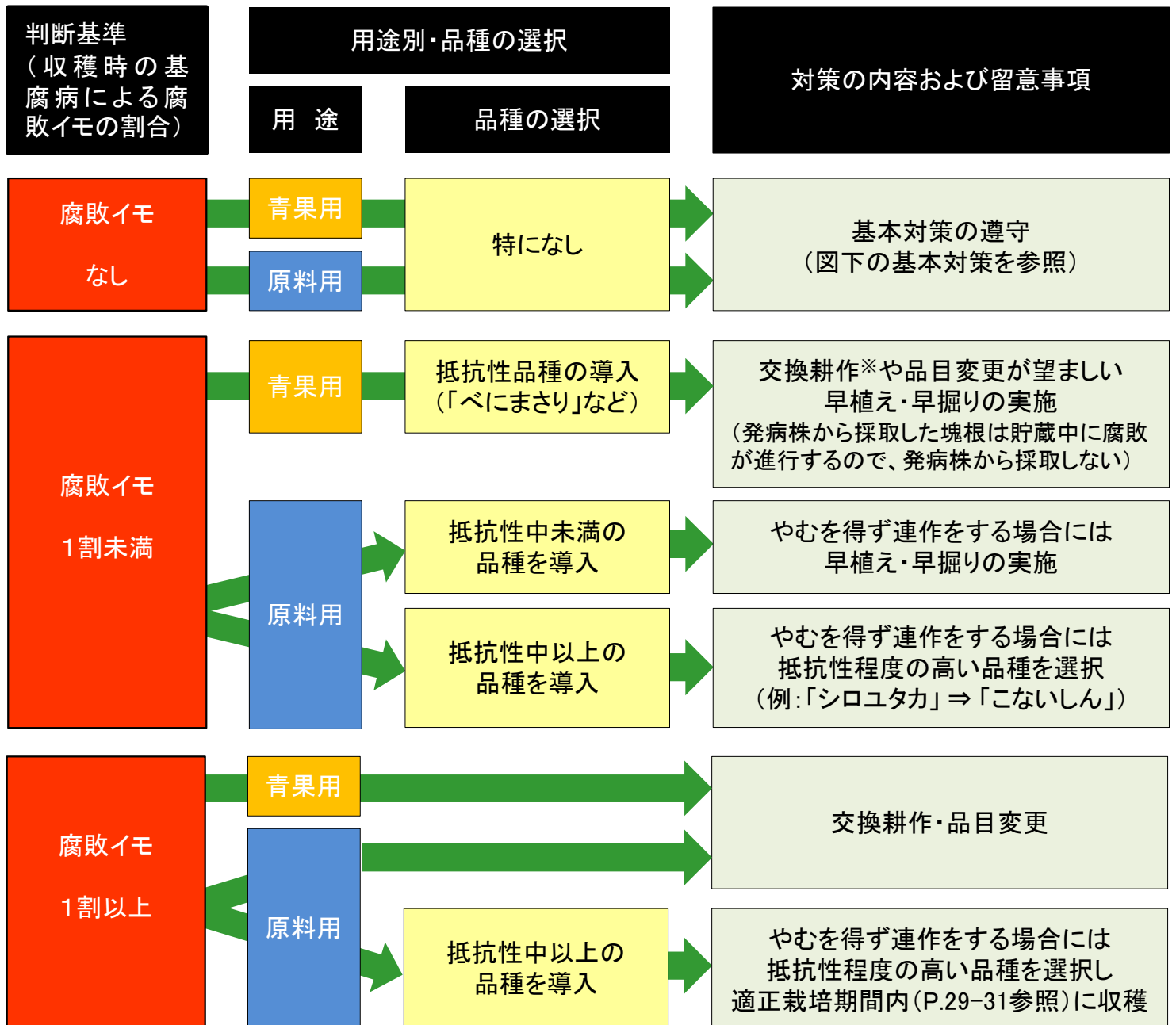
健全苗の確保

- ☑ 発生地域では、原則として、未発生圃場から種苗を採取する。
- ☑ 種苗(本圃への定植苗も含む)を購入する際には、発病リスクの少ない、履歴の確かなものを購入する。購入した種苗に異常が確認された場合は適切に処分し、未消毒であれば消毒してから植え付ける。

(3) 本圃における対策の基本方針(作付け前の確認事項)

ここがポイント!

●収穫時の腐敗イモの割合を目安に、次作の対策を検討する。



※交換耕作:2年以上かんしょの作付けのない別の圃場で栽培する。

基本対策
(かんしょ栽培時はいずれの場合も必要)

- 圃場の排水対策
- 初期発病株の抜き取りと薬剤散布
- 残渣処理
- 堆肥などの活用
- 計画的な輪作

注1) 生育期に数株の発症が確認された場合は、その後潜在感染種イモとして増殖する可能性が高いため、抜き取り除去後であっても必ず収穫時まで周辺株に異常がないか注意する。

注2) 収穫時または貯蔵後に、腐敗イモが数個でも確認される場合は、基腐病発生の有無を点検・診断し、次作へ伝搬させないために、上記の「対策の内容および留意事項」を遵守する。

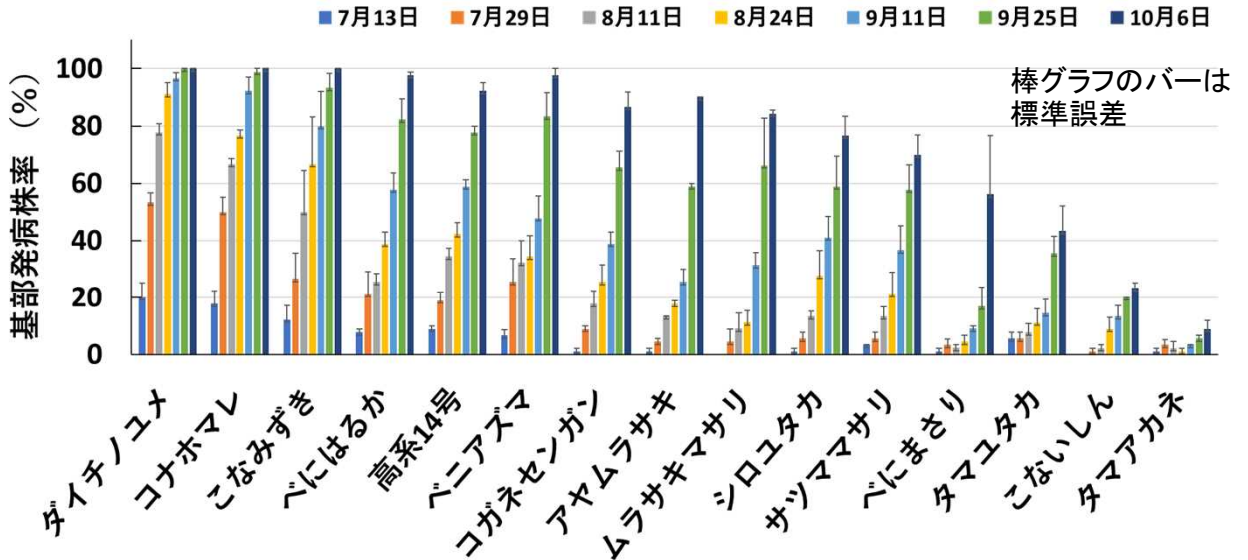
2. 主要品種の基腐病抵抗性程度

(1) 2020年の評価

ここがポイント！

- 国内主要品種の基腐病抵抗性程度には品種間差が認められる。
- 基部発病株率の推移と塊根の発病程度を考慮して総合的に判断し、抵抗性評価の指標として、「タマアカネ」を“強”、「こないしん」を“やや強”、「シロユタカ」を“中”、「コガネセンガン」、「高系14号」を“やや弱”、「こなみずき」、「ダイチノユメ」を“弱”と定めた。

基部発病株率



収量

栽培期間
152日

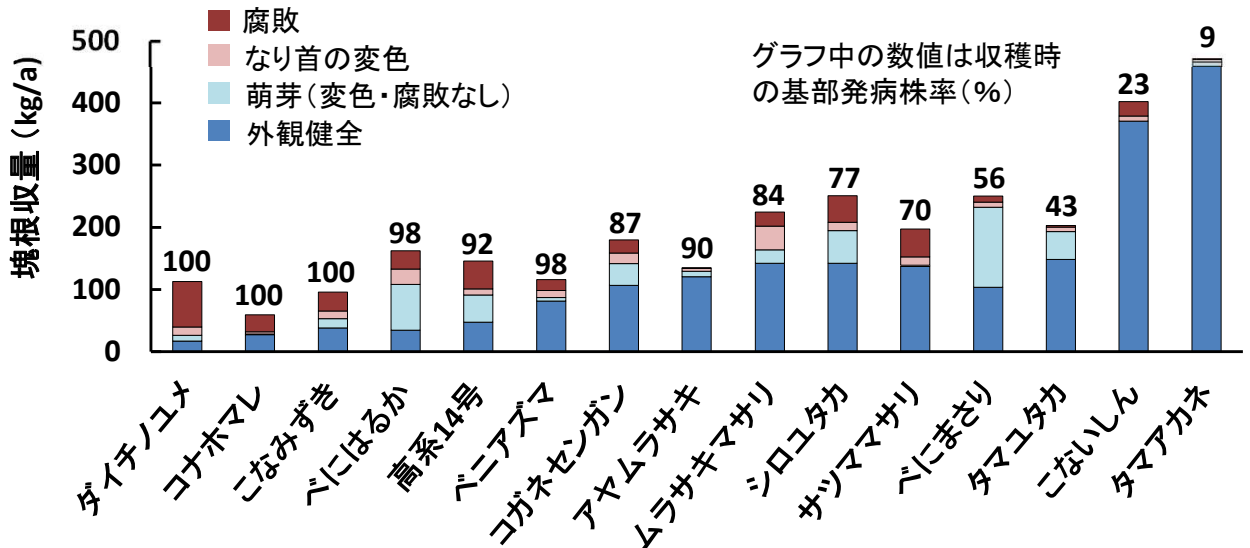


図12 かんしょ主要15品種の基部発病株率の推移(上)と発病程度別塊根収量(下)
(農研機構九沖研)

前年度、基腐病が発生した圃場にベンレート処理した苗を植え付け(2020年5月8日、1区30株を3反復)、株基部の発病を経時的に調査し、収穫時(10月7日、栽培期間152日)には塊根の発病程度および収量を調査した。

※ 「ベにまさり」は、地上部は比較的基腐病に強いが、萌芽塊根の比率が高い。圃場萌芽しやすい特性を持つ品種であるため、基腐病の感染による萌芽ではない可能性もある。

※ 基腐病の抵抗性検定圃場は、土壤消毒や薬剤散布(害虫防除は除く)などの基腐病対策はしておらず、発病が激しい基発生圃場に相当する。

(2) 2021年の評価

① 青果用品種

※ 本試験は、2020年に抵抗性検定試験を実施した圃場と同一の圃場において、同一の指標に基づき主要品種の抵抗性を評価した結果である。なお、本検定圃場は甚発生圃場に相当する。

ここがポイント！

- 青果用では、「べにまさり」、「すずほっくり」の抵抗性は“やや強”、「ベニオトメ」は“中”である。早期の収穫により被害の軽減が期待できる。
- 「べにはるか」、「高系14号」、「ベニアズマ」はいずれも基腐病に弱く、基腐病の発生が激しい圃場での栽培は難しい。

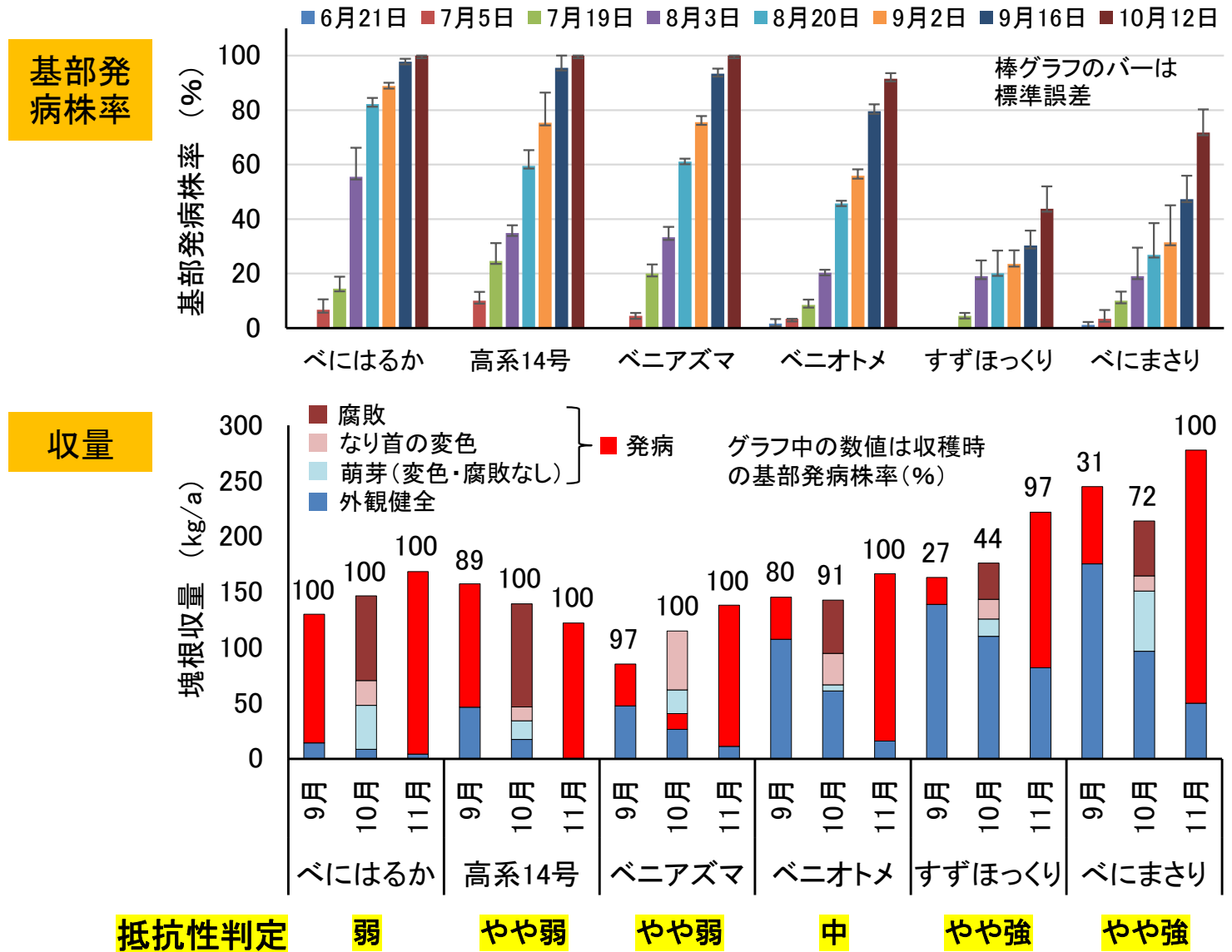


図13 青果用品種の基部発病株率の推移(上)と発病程度別塊根収量(下)(農研機構九沖研) 基腐病甚発生圃場にベンレート処理した苗を植え付け(2021年5月8日、1区30株を3反復)、株基部の発病を経時的に調査し、10月(栽培期間159日)には塊根の発病程度および収量を調査した。また、同様に苗を植え付け(1区10株を3反復)、9月(栽培期間119日)および11月(栽培期間183日)に株基部および塊根の発病の有無と収量を調査した。

- ☑ 「べにまさり」、「すずほっくり」は栽培期間中、基部発病株が緩やかに増加した。9月収穫(栽培期間119日)では基部発病株率は3割程度で、健全塊根が7割以上を占めた。
- ☑ 一方、「べにはるか」、「高系14号」は9月収穫でも基部発病株率は9割以上で、塊根の被害も大きかった。

②焼酎原料用品種

ここがポイント！ ※ 甚発生圃場での試験結果。

- 焼酎原料用では、「みちしずく(九州200号)」が最も強い。しかし、9月中旬以降、被害が急激に拡大する。
- “やや弱”の「コガネセンガン」は、9月上旬収穫でも被害が激しい。本品種を作付けする際には、防除対策のより一層の徹底を心掛けなければならない。

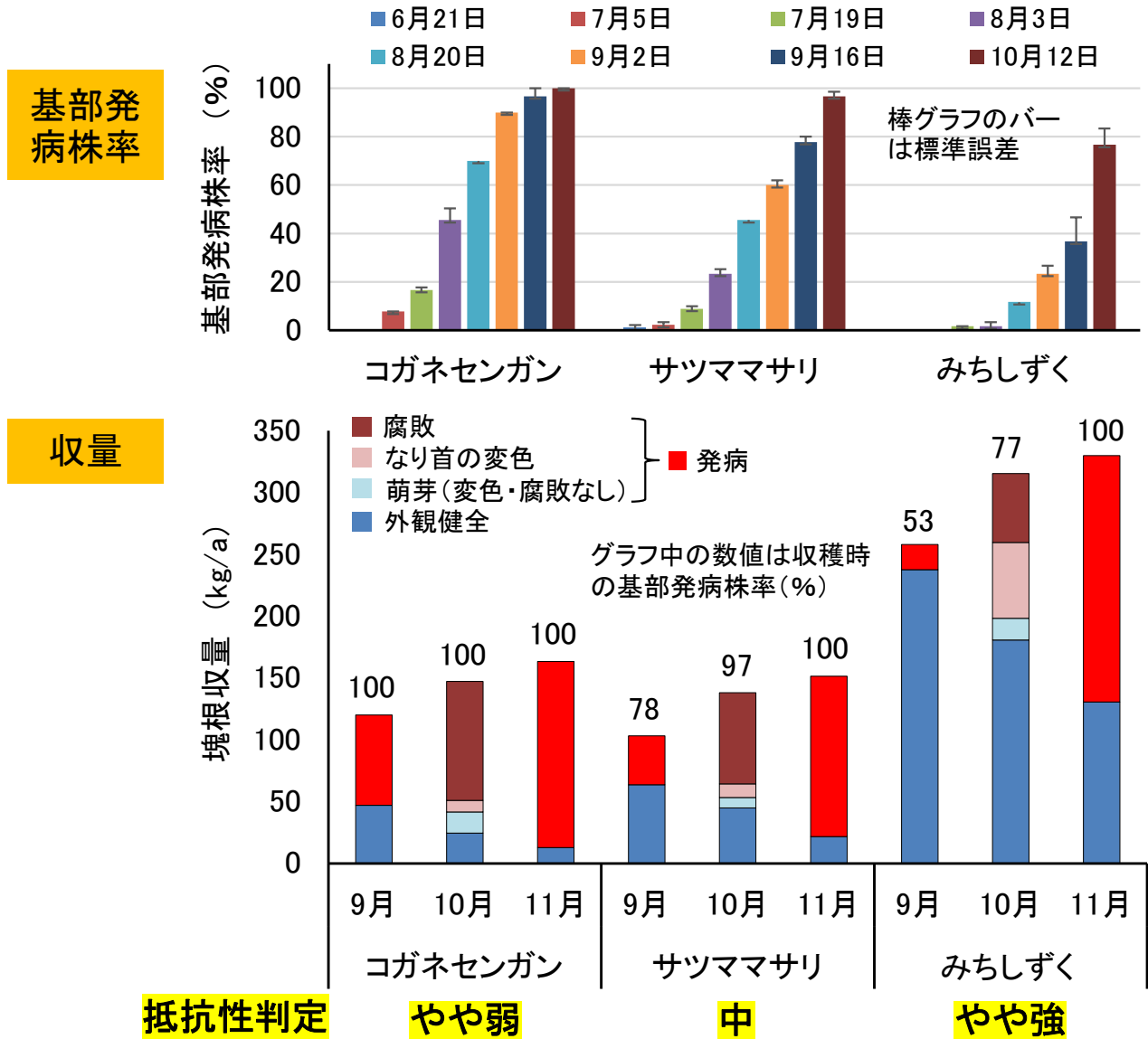


図14 焼酎原料用品種の基部発病株率の推移(上)と発病程度別塊根収量(下) (農研機構九冲研) 基腐病甚発生圃場にベンレート処理した苗を植え付け(2021年5月8日、1区30株を3反復)、株基部の発病を経時的に調査し、10月(栽培期間159日)には塊根の発病程度および収量を調査した。また、同様に苗を植え付け(1区10株を3反復)、9月(栽培期間119日)および11月(栽培期間183日)に株基部および塊根の発病の有無と収量を調査した。

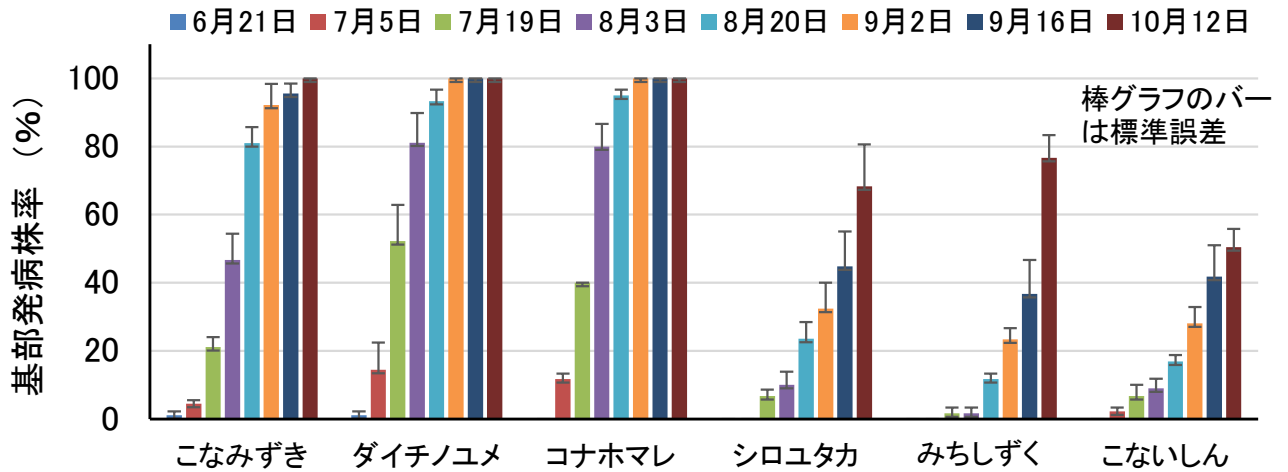
- ☑ 「みちしずく(九州200号)」の初発は「コガネセンガン」よりも遅いが、一旦感染すると他の品種と同様、被害は拡大する。基部発病株率が5割程度であった9月収穫(栽培期間119日)では発病塊根は全体の1割以下であったが、基部発病株率が8割程度の10月収穫(栽培期間159日)では発病塊根の比率は4割ほどに増えた。
- ☑ 「コガネセンガン」は茎葉の被害、塊根の被害ともに深刻で、9月収穫でも、基部発病株率は10割、6割以上が発病塊根であった。

③でん粉原料用品種

ここがポイント！ ※ 甚発生圃場での試験結果。

- でん粉原料用では、「こないしん」が最も強く、次いで焼酎原料用としても利用できる「みちしずく(九州200号)」、「シロユタカ」の順に強い。しかし、「こないしん」であっても11月収穫では発病塊根がかなりの割合を占める。
- 「こなみずき」、「ダイチノユメ」、「コナホマレ」は“弱”であり、栽培期間が長くなるでん粉原料用としては基腐病発生圃場での栽培は難しい。

基部発
病株率



収量

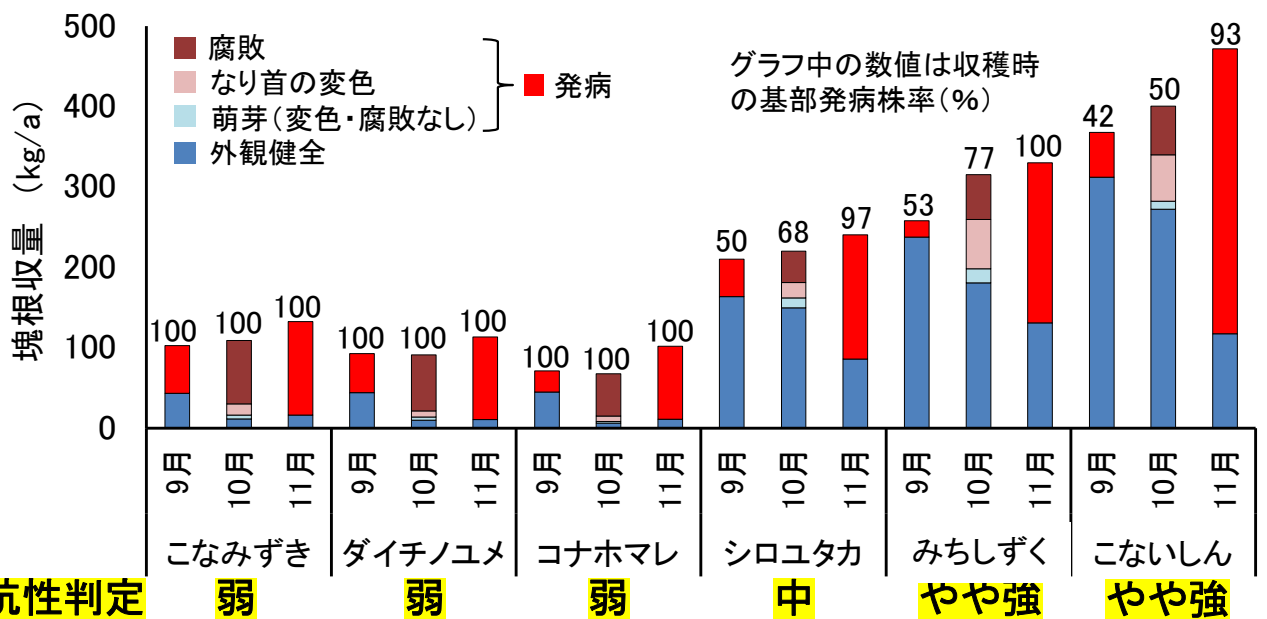


図15 でん粉原料用品種の基部発病株率の推移(上)と発病程度別塊根収量(下)

(農研機構九沖研)

基腐病甚発生圃場にベンレート処理した苗を植え付け(2021年5月8日、1区30株を3反復)、株基部の発病を経時的に調査し、10月(栽培期間159日)には塊根の発病程度および収量を調査した。また、同様に苗を植え付け(1区10株を3反復)、9月(栽培期間119日)および11月(栽培期間183日)に株基部および塊根の発病の有無と収量を調査した。

- ☑ 「こないしん」では初発は遅いが、10月収穫(栽培期間159日)では基部発病株が5割、発病塊根が3割あった。11月収穫(栽培期間183日)では収穫した塊根の7割以上が発病しており、甚発生圃場では「こないしん」であっても被害は大きい。
- ☑ 「シロユタカ」は、「こないしん」より抵抗性はやや劣るが、11月収穫では「こないしん」との健全塊根収量の差は小さくなった。

④加工用品種

ここがポイント！ ※ 甚発生圃場での試験結果。

●加工用(用途はP.33参照)では、「オキコガネ」、「タマアカネ」、「ベニハヤト」の抵抗性は“強”である。11月収穫でも出荷可能な塊根の割合が高く、適切に防除した圃場であれば、早掘りしなくても被害を抑えることが期待できる。

●「ムラサキマサリ」、「アヤムラサキ」、「タムユタカ」の抵抗性は“中”である。

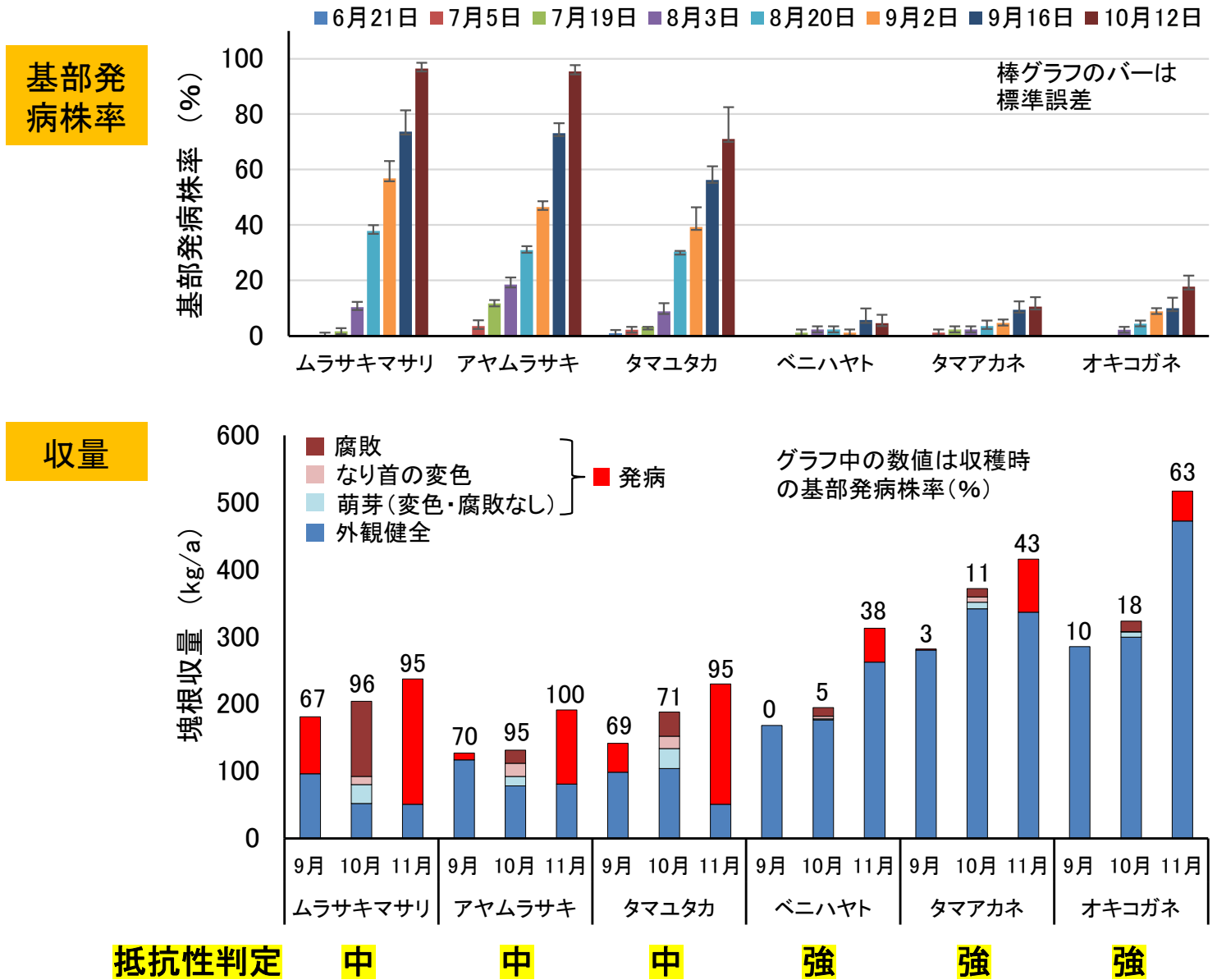


図16 加工用品種の基部発病株率の推移(上)と発病程度別塊根収量(下)(農研機構九冲研) 甚発生圃場にベンレート処理した苗を植え付け(2021年5月8日、1区30株を3反復)、株基部の発病を経時的に調査し、10月(栽培期間159日)には塊根の発病程度および収量を調査した。また、同様に苗を植え付け(1区10株を3反復)、9月(栽培期間119日)および11月(栽培期間183日)に株基部および塊根の発病の有無と収量を調査した。

☑「オキコガネ」、「タマアカネ」、「ベニハヤト」は、10月収穫(栽培期間159日)までは基部発病株率は2割以下に抑えられており、発病塊根も1割以下であった。11月収穫(栽培期間183日)でも、「オキコガネ」の発病塊根は1割以下に抑えられていた。

(3) 2022年の評価

※ 本試験は、2020～2021年に抵抗性検定試験を実施した圃場と同一の圃場において、同一の指標に基づき主な品種の抵抗性を評価した結果である。なお、本検定圃場は甚発生圃場に相当する。

ここがポイント！

●青果用の新品种「あまはづき」の抵抗性は“中”、青果用の「九州201号」(品種登録出願中)の抵抗性は“強”である。

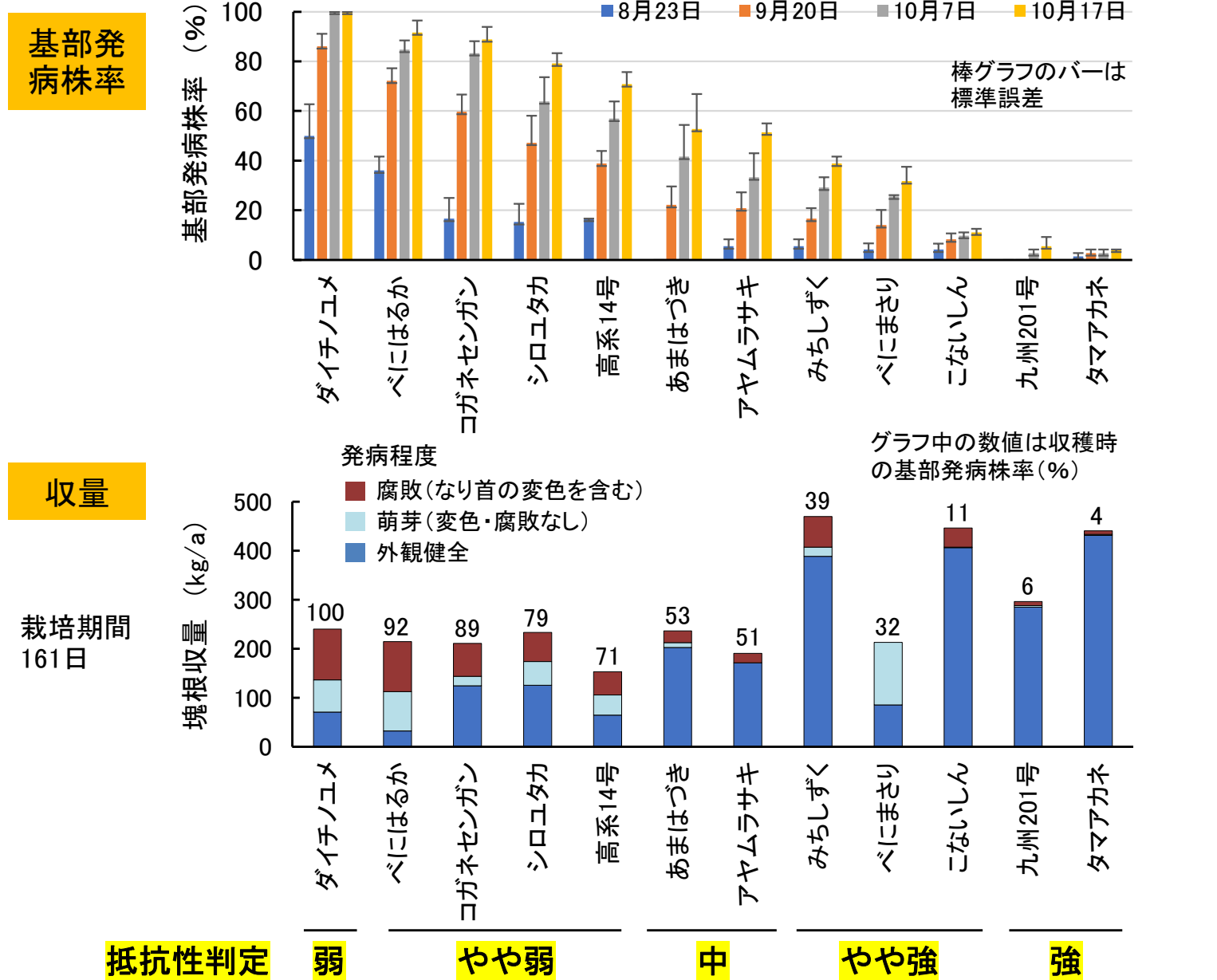


図17 主な品種の基部発病株率の推移(上)と発病程度別塊根収量(下) (農研機構九沖研)

基腐病甚発生圃場にベンレート処理した苗を植え付け(2022年5月10日、1区24株を3反復)、株基部の発病を経時的に調査し、収穫時(10月17日、栽培期間161日)には塊根の発病程度および収量を調査した。

※本年度は全ての品種で初発が遅かった。

※「シロユタカ」は抵抗性“中”の指標品種としていたが、本年度は、“やや弱”の指標品種としていた「コガネセンガン」、「高系14号」と同程度の被害となった。


※「べにまさり」は、地上部は比較的基腐病に強いが、圃場萌芽しやすい特性を持つ品種であるため萌芽塊根の比率が高い。

基腐病抵抗性がある品種の主要特性



べにまさり

肉色の黄色が濃く、肉質はやや粘質で、食味が優れる。早掘り適性がある。萌芽性や貯蔵性も良い。




すずほっくり

肉色は淡黄、肉質はやや粉質で、食味が優れる。上イモ収量は「高系14号」よりやや劣るが、焼きイモ適性の評価が高い。イモは小さい(高系14号の5~6割)が、形状や大きさが揃っておりA品率も高い。




ベニオトメ

肉色は黄白、肉質は粉質で、食味は「高系14号」よりも優れる。早掘り適性がある。萌芽性や貯蔵性も良い。




あまはづき

肉色の黄色が濃く、糖度がきわめて高い。貯蔵しなくても収穫直後からねっとり甘い焼き芋ができる。サツマイモネコブセンチュウ、つる割病、黒斑病にも強い。



みちしずく(九州200号)

「コガネセンガン」よりも多収で、でん粉歩留、焼酎醸造適性が高く、酒質は「コガネセンガン」の焼酎と類似している。でん粉の白度も高い。



こないしん

「シロユタカ」よりも多収である。栽培地域によっては、「シロユタカ」よりもでん粉含量が緩やかに上昇するため、収穫時期が早いとでん粉歩留が「シロユタカ」よりも低いことがある。



タマアカネ

肉色は橙、肉質は粘質で、食味は劣る。多収であるが、でん粉含量は13%と、かなり低い。フルーティーな香りを特徴とする個性的な焼酎原料として利用されているが、肉色を活かしたパウダーやペーストなどの食品加工用としても利用できる。



ベニハヤト

皮色は赤紅、肉色は橙。「高系14号」よりも多収である。カロテン含量が高く、スイートポテトチップやマッシュスイートポテトなどの加工食品原料として優れている。

(4) 沖縄向け品種の評価

ここがポイント！

- 沖縄向け品種の抵抗性程度は、「宮農7号」が強く、「備瀬」、「沖夢紫」、「ちゅらかなさ」、「ちゅらまる」が“中～やや強”である。「ちゅら恋紅」、「むらさきほまれ」は弱い。
- ただし、抵抗性“中”以上の紅イモ品種は「備瀬」、「沖夢紫」、「ちゅらかなさ」のみである。いずれも栽培期間120日程度で収穫すると腐敗塊根率は下げられる。

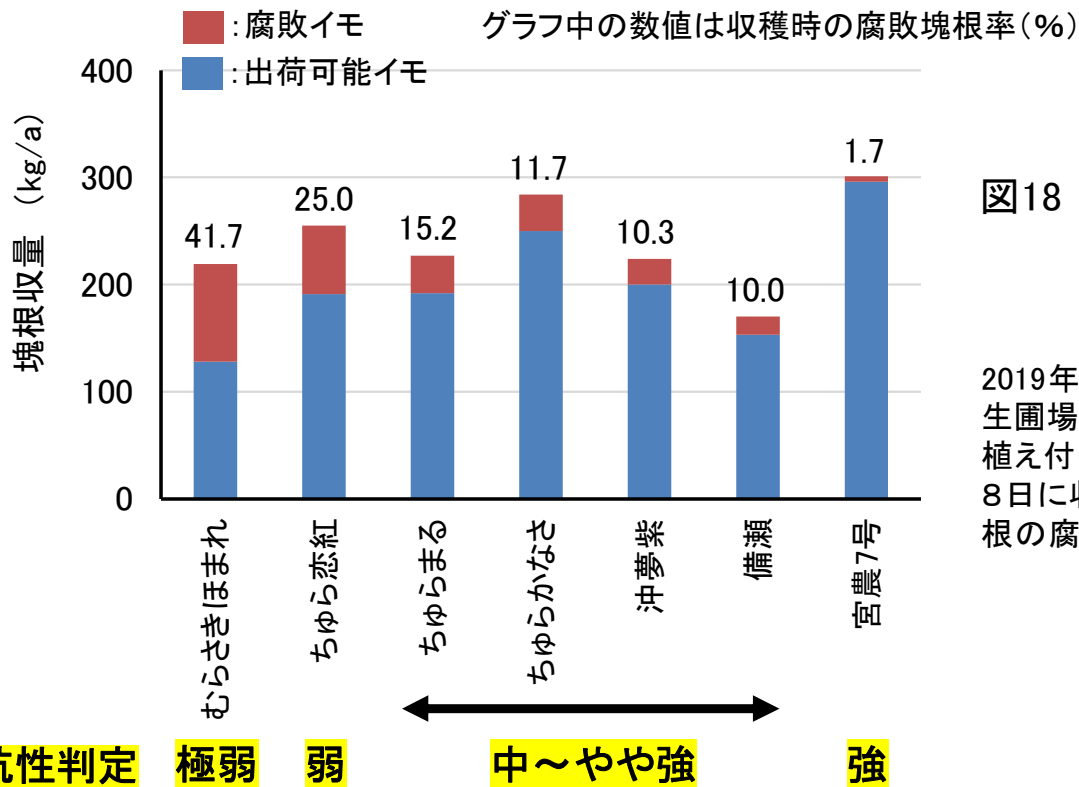


図18 沖縄向け品種の塊根収量と腐敗率
(農研機構九沖研)

2019年4月28日に、場内基腐病発生圃場(沖縄県)に沖縄向け品種を植え付け、慣行栽培を行った。10月8日に収穫し(栽培期間160日)、塊根の腐敗率および収量を調査した。

※文字の色は各品種の肉色。
※数値は2018～2020年の平均塊根腐敗率(%)。

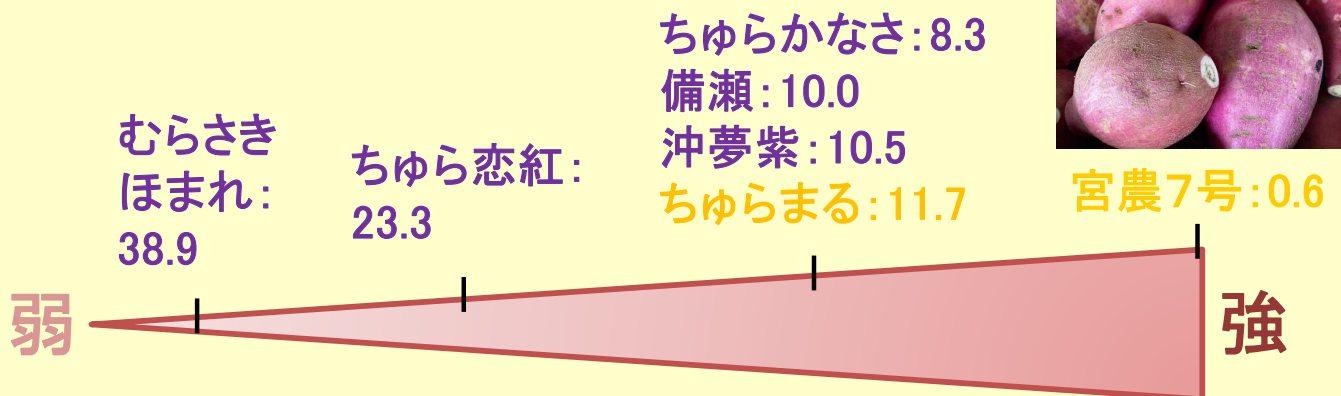


図19 沖縄向け品種の基腐病に対する抵抗性 (農研機構九沖研)

2018年から2020年の3年間、場内基腐病発生圃場(沖縄県)に沖縄向け品種を慣行栽培し、収穫時に塊根の腐敗率を調査した。

基腐病多発生地域における 防除対策の実践による発生程度軽減(1)

基腐病が多発生している地域で圃場を借り受け、かんしょを生産している法人A*は2020年度産および2021年度産から下記のような防除対策を実施して、本病の発生を軽減させた。

*法人Aの経営規模
野菜 約70ha
かんしょ 約20ha

2020年度産から実施した対策

- ・ベンレート水和剤による種イモ消毒(黒斑病対策として)
- ・バスアミド微粒剤による苗床の消毒(被覆あり)
- ・ベンレートT水和剤20による苗消毒
- ・作付け前にサブソイラを入れる
- ・作付け前に鶏糞堆肥を投入(2t/10a)

2021年度産から実施した対策

- ・前年にかんしょを作付けしていない圃場で生産
- ・連作になる圃場では抵抗性“やや強”品種「こないしん」を作付け
- ・地上部へのアミスター20フロアブルの散布を1~2回実施

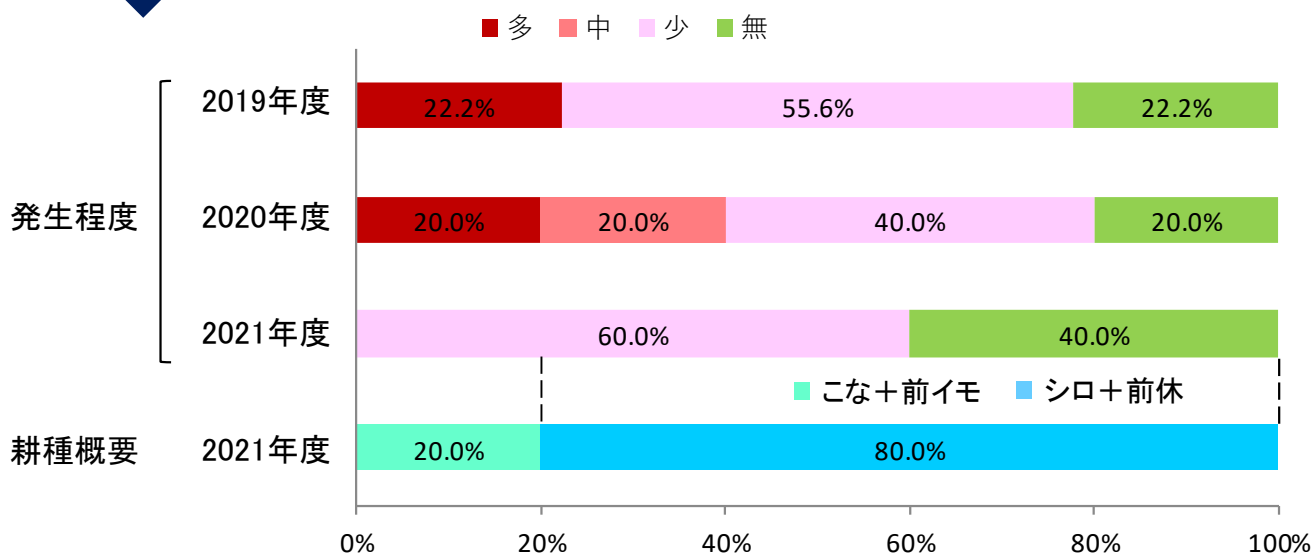


図20 法人A生産圃場の基腐病発生程度の変化

基腐病発生程度(8月末に地上部を調査)は、多:発生が圃場全面で見られる、中:散見される、少:極僅かに見られる、無:発生なし。2021年度の耕種概要は、少発生60%のうち20%は「こな+前イモ」:品種「こないしん」の作付けと前年夏作かんしょ、少発生残り40%と発生なし40%は「シロ+前休」:品種「シロユタカ」の作付けと前年夏作休耕の組み合わせ。

☑健全苗確保による病原菌の圃場への持ち込み防止、排水状況の改善、前年夏作休耕など複数の対策を実施したことにより基腐病発生程度が改善した。

(鹿児島農総セ)

基腐病多発生地域における 防除対策の実践による発生程度軽減(2)

基腐病の多発生地域において、2019年以降、毎年更新される「防除対策マニュアル」の対策が徐々に浸透し、2022年度産には発生程度が無～少の圃場割合が増加。

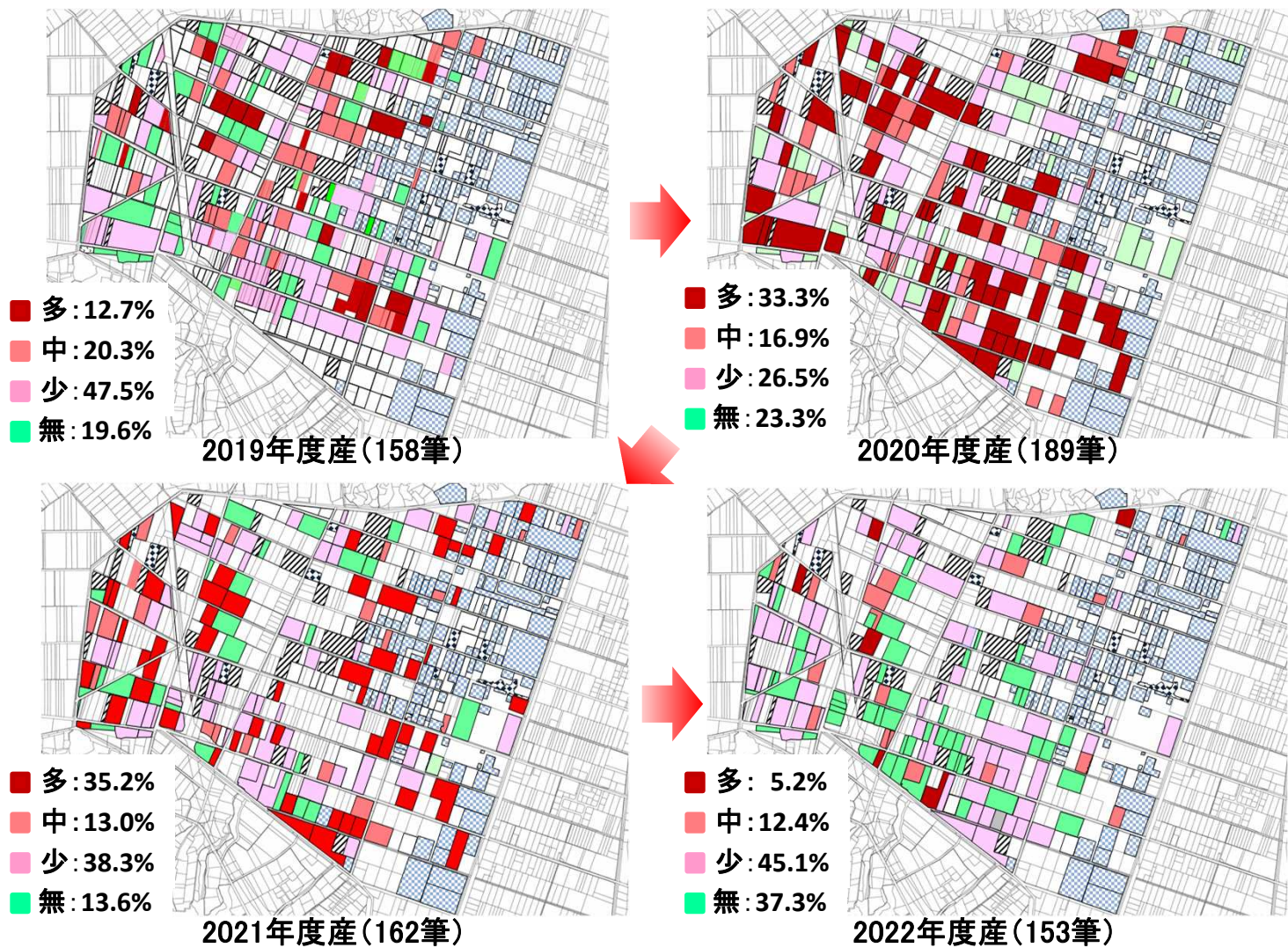


図21 基腐病多発生地域の発生程度の変化(毎年8月末に地上部を調査)

かんしょ畑

- | | |
|------------------|---------|
| ■ 多:発生が圃場全面で見られる | ▨ 茶畑 |
| ■ 中:散見される | ▨ 建物・宅地 |
| ■ 少:極僅かに見られる | ▨ 樹林地・樹 |
| ■ 無:発生なし | □ 休耕地など |

☑健全苗確保による病原菌の圃場への持ち込み防止、抵抗性中程度以上の強さを示す品種の利用、2または3年間の夏作休耕、地上部への薬剤散布など複数の対策を実施したことにより基腐病発生程度が減少した。

☑特に抵抗性“やや強”の「こないしん」が普及し、栽培されるようになった2022年度産で発生が少なくなった。

(鹿児島農総セ)

基腐病発生地域における 対策マニュアルの実践と被害の発生推移

基腐病の発生地域において、3～4年間、同一生産者の苗床および本圃における基腐病の発生推移を調査するとともに、対策マニュアルの各項目の実践状況について、聞き取りを行った。

多発生地域でも対策マニュアルの各項目を適切に行った生産者B氏、C氏の本圃では、基腐病は着実に減少していることが確認された。一方、少発生地域でも対策が不十分な生産者D氏の本圃では、基腐病は年々増加傾向にある。

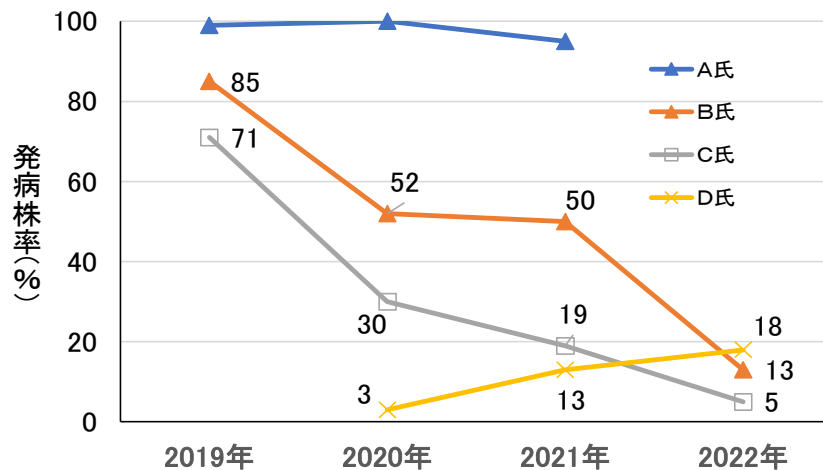


図22 各生産者の本圃での発病株率の年次推移

表4 対策マニュアルの実施状況と基腐病の被害(2020～2022年)

生産者	実践項目 年度	苗床の防除対策										苗床での実践項目数	苗床での基腐病発生	本圃の防除対策										本圃での実践項目数	全体の 実践項目数									
		残渣の持ち出し	残渣の分解	土壌消毒	土壌消毒の被覆	種イモ選別	種イモ消毒	靴の履き替え 消毒	5cm以上苗採り	ハサミ消毒	苗消毒			作業の順序	畦の残渣放置なし	農業機械・資材消毒	発病程度による 土壌消毒	(明渠・排水路) 排水対策	枕畝排水対策	発病株の抜き取り	薬剤散布		残渣の持ち出し			残渣の分解								
																					Zボルドー	フロアブル												
A氏	'20年	×	△	○	×	△	○	×	×	×	×	2/10	約10%	×	×	×	×	○	×	×	×	×	×	×	×	×	×	×	×	×	△	1/11	3/21	
	'21年	○	△	○	×	△	○	×	×	×	○	4/10	無	×	×	×	×	○	○	△	×	×	×	×	×	×	×	×	×	△	3/12	7/22		
	'22年	栽培中止												栽培中止																				
B氏	'20年	○	○	○	○	○	○	×	○	○	○	9/10	無	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	11/11	20/21
	'21年	○	○	○	○	○	○	×	○	○	○	9/10	1%未満	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	12/12	21/22	
	'22年	○	○	○	○	○	○	×	○	○	○	9/10	無	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	12/12	21/22	
C氏	'20年	○	○	○	×	○	○	×	○	○	○	8/10	無	○	○	○	×	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	10/11	18/21	
	'21年	○	○	○	×	○	○	×	○	○	○	8/10	無	○	○	○	×	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	11/12	19/22		
	'22年	○	○	○	×	○	○	×	○	○	○	8/10	1%未満	○	○	○	×	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	11/12	19/22		
D氏	'21年	×	×	×	×	○	○	×	×	×	○	3/10	10%未満	○	○	×	×	×	○	×	×	×	×	×	×	×	×	×	○	4/12	7/22			
	'22年	○	×	×	×	○	○	×	×	×	○	4/10	30～40%	○	○	×	×	×	○	×	×	×	×	×	×	×	○	○	5/12	9/22				

※A氏、B氏およびC氏の品種は「高系14号」、D氏は「コガネセンガン」。

※○:適切に実施、△:不適切な実施、×:実施していない、-:当時はまだ導入されていなかったため調査対象外。

☑基腐病対策マニュアルの各項目を実践することで、基腐病の発生が抑制される。

(宮崎総農試)

基腐病多発生地域における 品種「こないしん」作付けによる発生程度軽減事例

基腐病が多発生している圃場に、本病に比較的強いとされる品種「こないしん」を作付けすることで、基腐病発生程度を軽減できる。

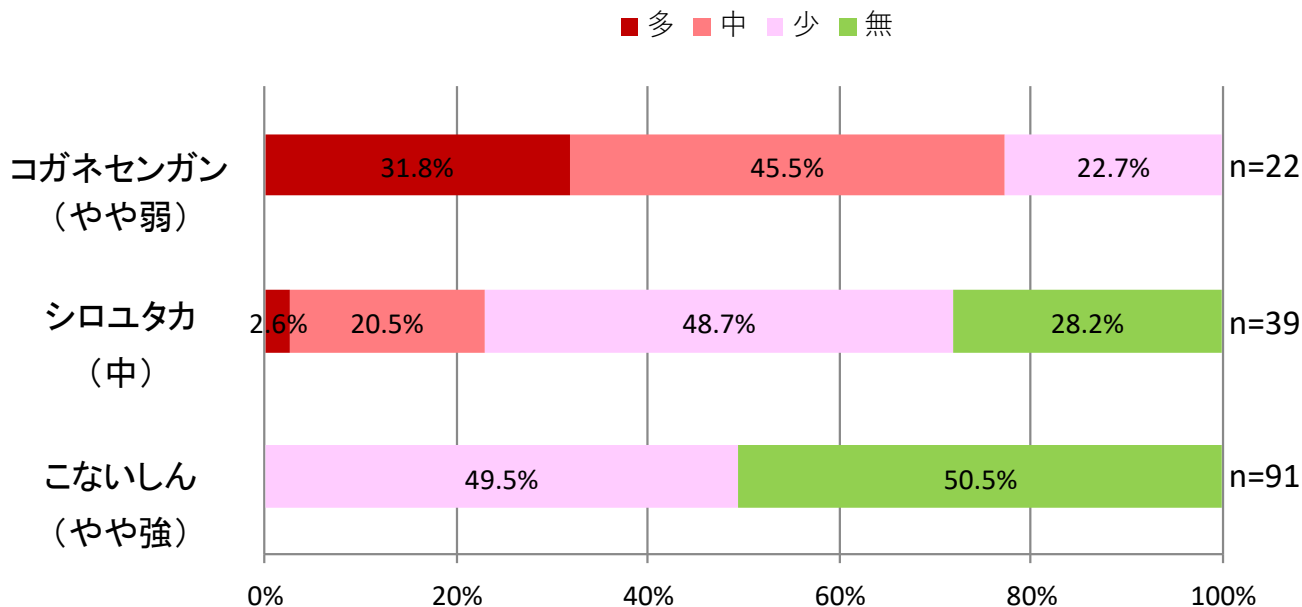


図23 基腐病多発生地域における2022年度産の品種別発病程度割合
品種名に付した()は基腐病抵抗性程度を示す。基腐病発生程度(2022年8月末に地上部を調査)は、多:発生が圃場全面で見られる、中:散見される、少:極僅かに見られる、無:発生なし。

☑抵抗性の弱い品種を作付けしている圃場では基腐病の発生が多い。

表5 基腐病多発生地域における作付け品種変更による発生軽減事例

圃場 No.	作付けした品種			圃場発生程度		
	2019年度	2020年度	2021年度	2019年度	2020年度	2021年度
1	コガネ	コガネ	こないしん	少	多	無
2	コガネ	コガネ	こないしん	多	中	少
3	コガネ	コガネ	こないしん	少	多	少
4	コガネ	コガネ	コガネ	少	多	多
5	コガネ	コガネ	コガネ	無	多	多
6	コガネ	コガネ	コガネ	中	中	多

注)コガネ:品種「コガネセンガン」。基腐病発生程度(8月末に地上部を調査)は、多:発生が圃場全面で見られる、中:散見される、少:極僅かに見られる、無:発生なし。

☑抵抗性の弱い品種を連作した圃場では基腐病の発生が増加している。
☑基腐病の多発生地域でも「こないしん」を作付けすることで発生程度を軽減できる。

(鹿児島農総セ)

基腐病多発生地域における

夏作の休耕と品種の組み合わせによる発生程度軽減事例

基腐病の多発生地域でも、2年または3年間、夏作の休耕を行った上で、抵抗性中程度以上の強さを示す品種「シロユタカ」や「こないしん」を作付けすることで発生程度を軽減できる。

表6 基腐病多発生地域での2年間の夏作休耕と品種の組み合わせによる発生軽減事例(2021年8月末に地上部を調査)

圃場 No.	2019年度		2020年度		2021年度	
	夏作 品種	秋冬作 (裏作)	夏作 品種	秋冬作 (裏作)	夏作 品種	圃場 発生程度
1	—	キャベツ	—	キャベツ	こないしん	無
2	—	キャベツ	—	—	シロユタカ	無
3	—	(空き地)	—	ダイコン	シロユタカ	少
4	—	キャベツ	—	キャベツ	シロユタカ	少
5	—	ダイコン	—	—	シロユタカ	少
6	—	ダイコン	—	タマネギ	シロユタカ	少
7	コガネ	—	コガネ	—	コガネ	多
8	コガネ	キャベツ	コガネ	—	コガネ	多
9	コガネ	ゴボウ	コガネ	ダイコン	コガネ	多

注)コガネ:品種「コガネセンガン」、—:作付けなしで耕耘は行っている圃場、(空き地):作付けなしで耕耘を行っていない圃場。基腐病発生程度は、多:発生が圃場全面で見られる、中:散見される、少:極僅かに見られる、無:発生なし。

表7 基腐病多発生地域での3年間の夏作休耕と品種の組み合わせによる発生軽減事例(2022年8月末に地上部を調査)

圃場 No.	2019年度		2020年度		2021年度		2022年度	
	夏作 品種	秋冬作 (裏作)	夏作 品種	秋冬作 (裏作)	夏作 品種	秋冬作 (裏作)	夏作 品種	圃場 発生程度
1	—	(空き地)	—	(空き地)	—	(空き地)	こないしん	無
2	—	キャベツ	—	キャベツ	—	—	こないしん	無
3	—	(空き地)	—	(空き地)	—	(空き地)	こないしん	無
4	—	タマネギ	—	タマネギ	—	ダイコン	こないしん	無
5	—	ブロッコリー	—	ゴボウ	—	—	コガネ	少
6	—	キャベツ	—	キャベツ	—	キャベツ	コガネ	中
7	—	—	—	キャベツ	—	ニンジン	コガネ	多

注)表6脚注参照

☑抵抗性“やや弱”の品種「コガネセンガン」を3年間作付けした圃場は全て基腐病が多発生していた。

☑2年または3年間夏作を休耕した後、抵抗性“中”の「シロユタカ」または“やや強”の「こないしん」を作付けした圃場では、基腐病の発生が少ない。

☑3年間夏作を休耕した後でも、抵抗性“やや弱”の「コガネセンガン」を作付けした圃場は全て基腐病が発生していた。基腐病菌の土壤中における生存期間は研究中であるが、外見上健全な感染苗の定植や隣接する発生圃場からの病原菌の飛び込みなどにより発生した可能性が考えられる。

(鹿児島農総セ)

3. 圃場の衛生管理

ここがポイント！

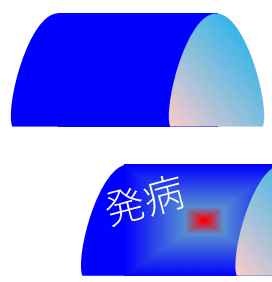
- 苗床では、伏せ込みから長期間にわたり作業が続く、特に採苗開始後は本圃の定植に伴い繰り返し出入りを行うため、再汚染のリスクが極めて高い。
- 苗床専用の長靴や手袋などを用意する。
- 採苗時のハサミはこまめに消毒(火炎滅菌または丁寧な洗浄と拭き取り)する。
- 基腐病は、罹病残渣や土壌を介して伝搬するので、発生圃場で使用した資材や機材を別圃場で使用する場合は、消毒や洗浄を徹底する。
- かんしょのつる片や屑イモは容易に萌芽・発根し自生するので、圃場周辺の畦や法面へ決して放置しない。
- 障壁作物の設置は、近隣圃場からの残渣の飛散抑制効果が期待できる。

本圃の管理

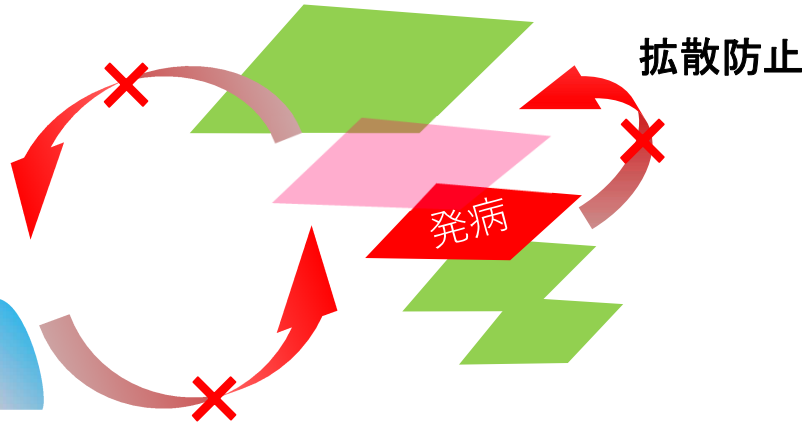
(写真参照)

苗床の管理

長靴や手袋は苗床専用にする。



再汚染防止



周辺に残渣を放置しない。



放置された罹病残渣は分解されにくく、基腐病などの感染源となる。



農機は汚染土壌を運ばないように水洗する。
また、発生圃場の作業は最後にするなど、順序を考慮する。



障壁作物(ソルゴーなど)による拡散防止。

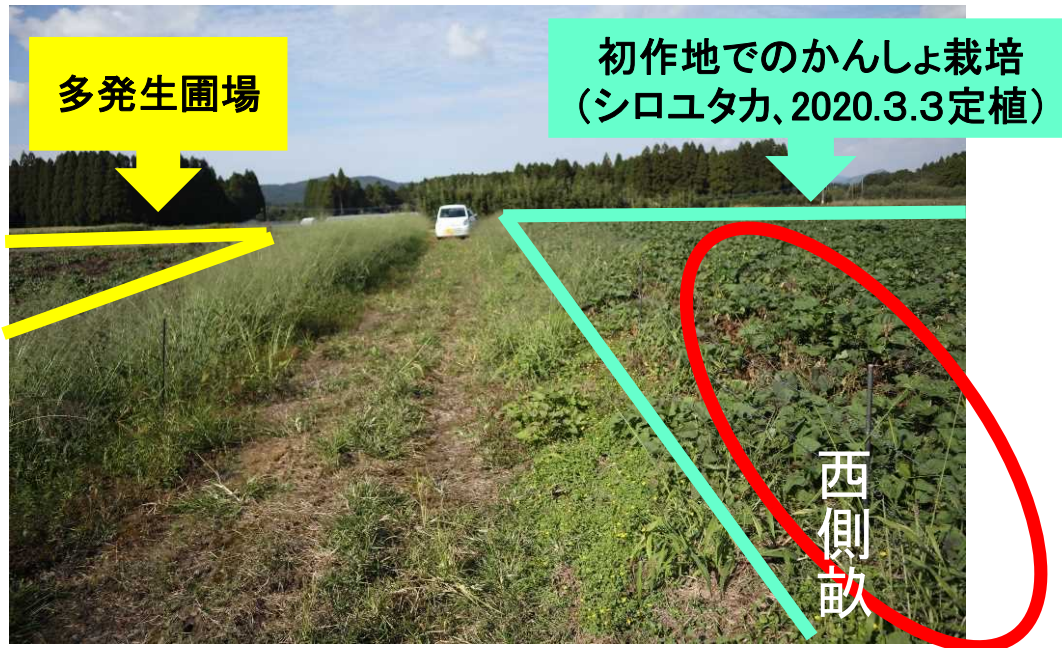
表8 ハサミによる苗の切断と伝染

苗切断後のハサミの処理	基腐病伝染率
なし	22%
ケミクロンG瞬間浸漬	27%
水洗い・拭き取り	0%

注) 発病茎の病変部を一度切断したハサミで健全茎を一度切断した場合の基腐病伝染率 (n=18)。なお、病変部から5cm以上離れた部位を切断した場合は、ハサミの処理を行わなくても伝染が見られなかった。

- ☑ 苗床の汚染は、全ての圃場に影響が及ぶことから対策は極めて重要である。
- ☑ 基腐病の感染リスクは全てのステージにあるので、長靴や農具など身近な機材は、使ったら洗うなど常に清潔に保つ。

台風による基腐病の 隣接圃場への被害拡大事例



初作地でかんしょを栽培したところ(右の緑線)、5月に苗伝染と考えられる発病が1株(抜き取り)確認されたものの、その後9月までは発病が認められなかった。しかし、台風10号(9月上旬)通過後の10月下旬に、基腐病多発生圃場(左の黄線)に隣接する西側の畝(1~4列、赤丸)に約10%の発病が見られた。収穫時の11月上旬には同畝1~4列の約40%に発病が見られたものの、西側5列以降に発生が拡大することはない。本圃場では目標収量を2割程度上回った。

初作地では基腐病の発生は少ないが、発生圃場が隣接する場合は、防風対策など、病原菌を侵入させないための何らかの対応が必要であると考えられた。また、発生地域では、輪作・転作を行う上で、ブロックローテーションを取り入れると防除効果が高まると考えられる。

(鹿児島県南薩地域振興局農政普及課提供)

4. 育苗時の一次伝染防止対策

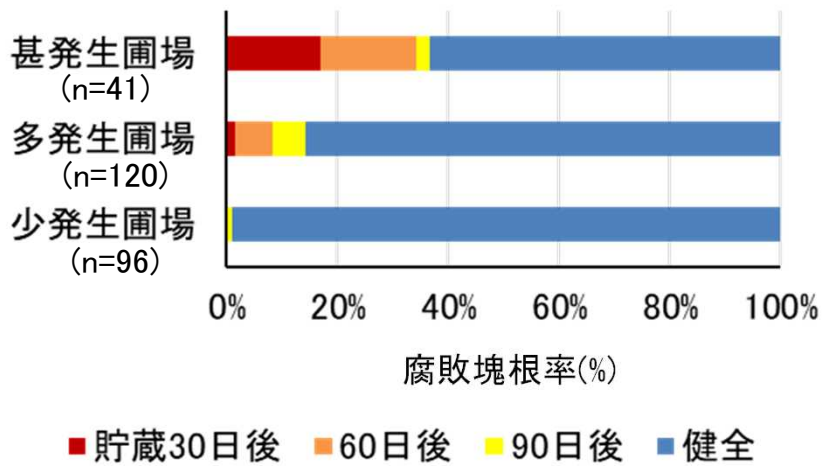
ここがポイント！

- 基腐病の発生圃場からは、絶対に種イモを採取しない。
- 健全な種イモを確保するため、未発生の圃場を種イモ生産専用圃場として管理する。
- 苗床は、前作残渣をできる限り持ち出し、採苗終了後は速やかに耕耘する。以降、月に1~2回耕耘して、次作までに、残った残渣の分解を促進する。
- 苗床の土壤消毒は殺菌効果のある剤で、使用基準を遵守し、適切な土壤水分量、地温に応じた処理期間で実施する(P.78~80参照)。なお、必ず処理後直ちに被覆を行う。
- 苗床に種イモを伏せ込む前には、種イモを選別し、消毒する。
- 購入苗、茎頂培養苗(ハイオ苗、ウイルスフリー苗)を挿苗する場合も必ず苗消毒を行う。

(1) 基腐病発生圃場から収穫した種イモの発病リスク

各圃場の収穫時の基部発病株率

甚発生圃場	95.6%
多発生圃場	51.1%
少発生圃場	13.3%



甚発生および多発生圃場は40株3反復、少発生圃場は25株3反復を定植した(品種「高系14号」)。定植約130日後に各圃場から無病徴塊根を収穫し、泥付きのままコンテナに入れ、平均20℃、湿度96%以上の貯蔵庫で保存し、貯蔵30日後、60日後、90日後に塊根の腐敗を調査した。

図24 収穫時の圃場発生程度と収穫塊根の貯蔵中腐敗発生率 (宮崎総農試)

☑収穫時の圃場発生程度が激しいほど、貯蔵中に発病・腐敗する塊根が多い。

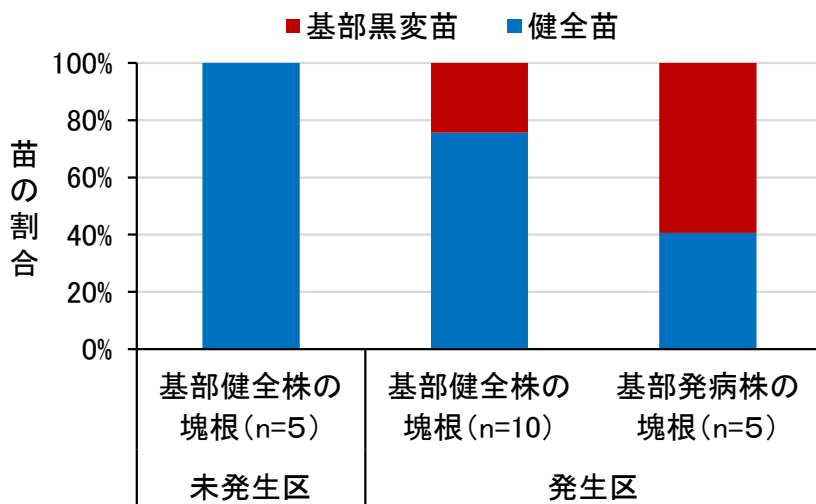


図25 未発生区および発生区から収穫した外観が健全な塊根から萌芽した苗の発病状況(9月下旬~10月下旬) (宮崎総農試)

2019年8月下旬に収穫した塊根(品種「高系14号」)を、9月上旬にハウス内健全土壤(隔離ベッド)に伏せ込み、9月下旬から10月下旬までに萌芽した苗について基部の黒変を調査した。株あたり塊根1個を供試。

☑発生圃場から採取した塊根は、収穫時に外観が健全でも、伏せ込み後に基腐病感染苗が発生する可能性がある。

☑発生圃場において基部が健全な株から収穫した塊根は、基部が発病した株から収穫した塊根よりもリスクは低いですが、感染苗が発生する可能性はある。

(2) 種イモ貯蔵中の発病リスク

ここがポイント！

- 流水で種イモ表皮の土を軽く洗い流して選別を行うと、表皮の変色がわかりやすくなり、効率的に罹病塊根を除去できる。
- 基腐病に罹病した種イモが同一コンテナ内に存在すると貯蔵中に周囲の健全種イモへ伝染するため、疑わしい種イモは必ず除去する。

選別時の見落としリスク

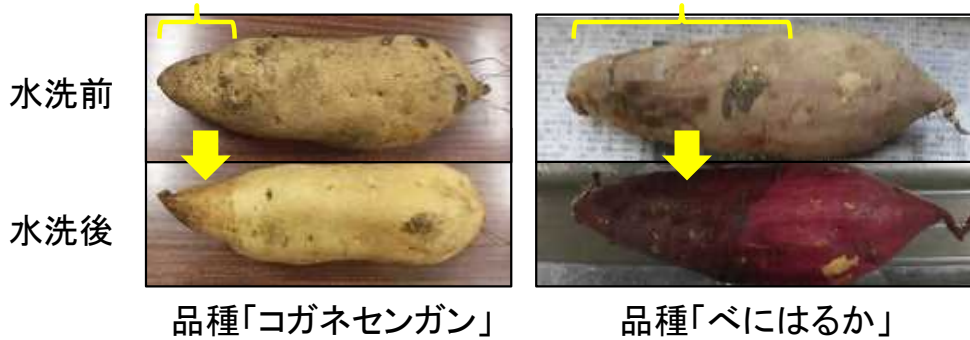


図26 水洗の有無による基腐病の病徴の見え方の違い
矢印は変色部位を示す。

☑土付きの種イモは基腐病に罹病した表皮の変色が見えにくいため、選別時に見落とす可能性が高い。

貯蔵中の発病リスク

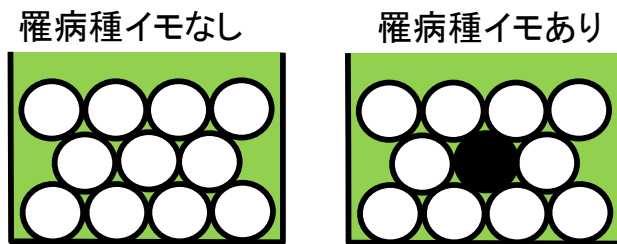


図27 塊根をコンテナに詰めた断面図(イメージ)
(○:健全種イモ、●:罹病種イモ)



図28 罹病した種イモ(★)を中心にコンテナ詰めをしている様子

表9 基腐病の罹病種イモを中央に配置してコンテナ貯蔵した場合の周囲の種イモの発病状況 (鹿児島農総セ)

処理区名 ¹⁾	貯蔵 ²⁾ 後の腐敗塊根率 ³⁾	
罹病種イモあり区	19.6%	発病11個／56個
罹病種イモなし区(健全種イモのみ)	0%	発病0個／46個

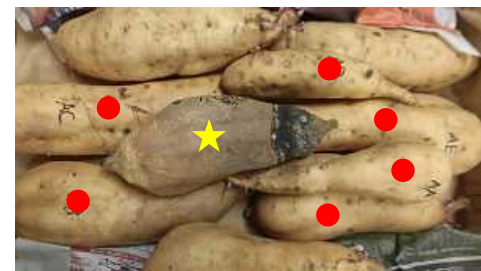


図29 貯蔵後の罹病種イモ(★)と発病した周囲の種イモ(●)

- 1) 罹病種イモは基腐病による塊根表皮の変色が認められるものを用いた。健全種イモは発病のない株から採取し、諸梗と尾部を切除した塊根を用いた。
- 2) 供試種イモをコンテナ(44cm×32cm×15cm)4個に詰めた状態で25℃、90%以上の湿度下で33日間(2020年10月24日～11月26日)貯蔵した。
- 3) 罹病種イモ(対照は中央に配置した健全な種イモ)に接した種イモ数に対して基腐病による腐敗が目視で確認された種イモ数の割合。

☑基腐病罹病種イモは、貯蔵中に罹病部位が拡大する。また、罹病部位に接する周囲の健全種イモにも基腐病が伝染する。

(3) 種イモの発病リスクを軽減する種イモ管理

ここがポイント！

- 種イモは病気の発生していない種イモ生産専用圃場から採取するのが原則。
- やむを得ず、基腐病の発生圃場から種イモを採取する場合、種イモは株基部に基腐病の病徴(地際の茎の黒変)が出ていない株から採取する。
- 採取した種イモは貯蔵前に①流水で水洗・選別、②なり首と尾部の切除、③種イモ消毒を行うことで貯蔵中の発病リスクを軽減する。

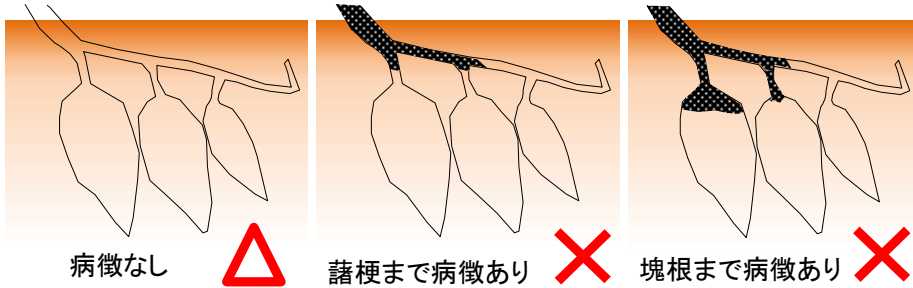
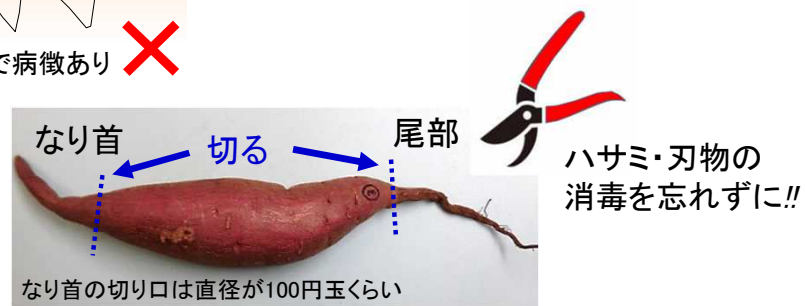


図30 発生圃場から種イモを採取する株の基腐病発病程度(イメージ図)



健全な種イモを確保する管理方法

●慣行処理(従来の方法)

収穫 → 粗選別 → 貯蔵 → **選別、なり首切除、種イモ消毒** → 苗床へ

●貯蔵前処理(新たな方法)

収穫 → **水洗 + 選別後、なり首・尾部¹⁾切除、種イモ消毒 + 乾燥²⁾** → 貯蔵 → 選別 → 苗床へ

1) 尾部の切除は乾腐病などによる貯蔵腐敗の予防のため。

2) トップジンM水和剤200倍液に30分間浸漬(塊根切除後、速やかに実施)し、日陰(10℃以下の低温にさらさないように注意)に並べて表皮が乾いたことを必ず確認してから貯蔵する。

表10 種イモの管理方法の違いによる貯蔵後の基腐病の発生と萌芽の状況(鹿児島農総セ)

種イモ採取株の発病状況 ¹⁾	処理方法	基腐病による腐敗塊根率 ²⁾		平均萌芽数 ³⁾
諸梗まで病徴あり 株基部～諸梗にかけて基腐病による黒変がある株から採取	慣行処理	28.2%	発病11個/39個	3.79 a
	貯蔵前処理	6.1%	発病2個/33個	5.62 b
病徴なし 株基部に黒変症状のない株から採取	慣行処理	1.3%	発病1個/79個	3.84 A
	貯蔵前処理	0%	発病0個/39個	4.62 B

1) 図29参照。

2) 種イモ(品種「コガネセンガン」)の処理を2020年10月24日に施し、25℃、70～95%の湿度下で貯蔵した。貯蔵開始から54日後(12月17日)に基腐病による塊根の腐敗を調査した。

3) 貯蔵開始から33日後(11月26日)の種イモ1個当たりの萌芽数。異なる符号は対数変換後、有意差あり(二元配置分散分析)。

- ☑種イモは株基部に基腐病の病徴のない株から採取すると発病リスクが小さい。
- ☑種イモの貯蔵前処理は貯蔵中の発病リスクを下げ、萌芽も良好である。

(4) 温度処理による種イモ消毒

ここがポイント！

- 種イモは病気の発生していない種イモ生産専用圃場から採取するのが原則。
- やむを得ず、基腐病の発生圃場から種イモを採取する場合、種イモは株基部に基腐病の病徴(地際の茎の黒変)が出ていない株から採取する。
- 採取した種イモは貯蔵前に①流水で水洗・選別、②なり首と尾部の切除、③温湯を利用して48℃で40分間処理の後、冷所に置かずによく乾かし、付傷・打撲がないように丁寧に扱い、衛生的な場所で貯蔵することで、発病リスクが軽減される。
- 基腐病菌の胞子は、46℃以上の温度では、時間の経過と共に活性を失い死滅する。一方、43℃以下では長時間生残する。

① 基腐病菌胞子の耐熱性

ある微生物細胞を一定温度で加熱するとその生残菌数の常用対数と処理時間の間には一般に直線関係が認められる。基腐病菌の胞子は、46℃以上の温度では、時間の経過と共に活性を失い死滅する。一方、43℃以下では長時間生残することが示された。

1) 基腐病菌(F3-SP11株)の胞子懸濁液(10⁶個/ml)が入ったチューブを、一定時間温湯に浮かべて熱処理した後、サツマイモ煎汁寒天平板培地を用いた希釈平板法にて生存胞子数を計測し、減少速度(胞子数が1/10となる時間)を求めた。

☑ 43℃以下では菌の減少は緩やかで殺菌に適さない、46℃以上では菌が急速に減少し殺菌効果がある。

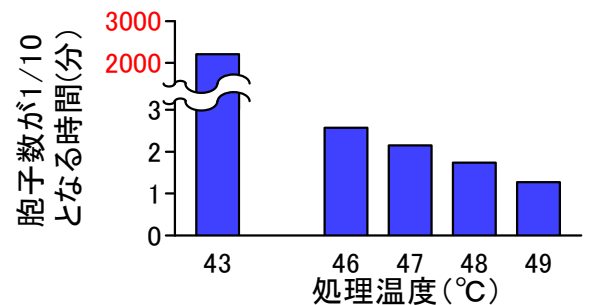


図31 基腐病菌の胞子の各温度における減少速度の比較¹⁾

(農研機構九冲研、同植防研)

② 基腐病菌胞子の死滅温度

表11 基腐病菌の胞子懸濁液に対する温度処理が胞子の発芽に与える影響(鹿児島農総セ)

温度と処理時間(分) ²⁾	菌株 ¹⁾				
	KM4	SSD01	KNY3-2	TNG04	
25℃	20	+	+	+	+
44℃	10	+	+	+	+
	15	+	+	+	+
	20	+	+	+	+
46℃	10	+	+	+	+
	15	+	+	-	+
	20	+	+	-	-
48℃	5	+	+	+	+
	7	+	-	+	+
	10	+	-	+	-
	15	-	-	-	-
50℃	3	+	+	+	+
	5	-	-	-	-
	7	-	-	-	-
52℃	3	-	-	-	-
	5	-	-	-	-

注) 表中の+はコロニー形成あり、-はコロニー形成なしを示す。試験は3反復行った。

1) 各菌株の胞子懸濁液は、ブドウ糖加用サツマイモ煎汁寒天(SPDA)平板培地で3~4週間培養(25℃、暗所)して柄子殻を形成させた後、ペトリ皿1枚分の柄子殻を滅菌水とともに乳鉢ですり潰し、30μmメッシュで濾した溶液を滅菌水で希釈して胞子数が1×10⁵個/mlになるよう調整した。

2) 胞子の温度処理は、1.5mlチューブに滅菌水950μlを入れ、ドライブロックバスで予めチューブ内の滅菌水を試験実施温度まで加熱し、そこへ上記の胞子懸濁液50μlを加え、所定時間の処理を施した。処理後の胞子懸濁液(5×10³個/ml相当)は速やかに氷水に数分間浸して冷却後、PDA平板培地に30μl滴下し、25℃、暗所で10日間培養後に胞子発芽によるコロニー形成の有無を確認した。

☑ 基腐病菌の胞子は、48℃では15分、50℃では5分以上、52℃では3分以上の温度処理で発芽が認められなくなる。

③種イモの温度処理による基腐病抑制効果

表12 高温キュアリング処理による種イモ¹⁾の発病抑制効果（鹿児島農総セ）

処理温度・時間 ²⁾	基腐病による腐敗塊根率 ³⁾		平均萌芽数 ⁴⁾
40℃・1.5日	30.1% *	発病31個／103個	1.88 a
なし	46.5%	発病47個／101個	1.11 b

1) 品種「べにはるか」の諸梗まで病徴のある株から外観で無病徴の塊根を採取した。なり首と尾部の切除は行っていない。

2) 種イモを40℃、95%以上の湿度下のインキュベータ内に1.5日間保管した。

3) キュアリング処理を行った種イモを25℃、70～95%の湿度下で29日間貯蔵後に基腐病による腐敗を確認した。表中の*印はFisher正確検定で有意差あり($p < 0.05$)。

4) 3)の貯蔵期間後の種イモ1個当たりの萌芽数。異なる符号はt検定で有意差あり($p < 0.05$)。

☑種イモの高温キュアリング処理でも基腐病の発病抑制効果は認められるが、効果は不十分である。

☑通常のキュアリング処理(30～33℃、3日)は発病抑制効果が認められない(データ省略)。

トピック

温湯処理による種イモの発病抑制効果と萌芽への影響

基腐病がまん延している地域では、やむを得ず発生圃場から種イモを採取することもあり、種イモ選別時に外観が無病徴の潜在感染した種イモを見逃す可能性がある。貯蔵中の基腐病発生を抑制するために、貯蔵前に種イモの選別・調整と殺菌剤または温度による殺菌効果を利用した種イモ消毒を施す必要がある。

種イモの温湯処理は、水温を調整できる機器があれば、庭先で実施できるメリットがある反面、処理温度や時間、処理後の保管を誤ると種イモの腐敗や萌芽の抑制に繋がる恐れもある。そこで、種イモの温湯処理について、効果とリスクの検証を行った。

《参考》有機栽培では、農薬を用いない殺菌、殺虫方法として温湯処理が用いられることが多い。水稻やコムギ種子、アルファルファ、緑豆、野菜種子、球根作物等で効果が確認されている。かんしょでは、病徴のない健全な塊根を選別し、籠に入れるなどして、大釜、ドラム缶、風呂おけなどを利用して47～48℃の温湯に正確に40分間浸漬し、直ちに温床に伏せこむことで、黒斑病、黒あざ病、根腐病に防除効果がある(出典:最新農業技術事典(農文協)、やさしい園芸セミナー図解作物(農業図書))。塊根の温湯処理に種籾の温湯消毒装置も利用できる。

表13 温湯処理による種イモ¹⁾の発病抑制効果と萌芽への影響

処理温度・時間	基腐病による腐敗塊根率 ²⁾		平均萌芽数 ³⁾
48℃・40分間	0%	発病0個／20個	17.33
なし	100%	発病20個／20個	4.33

1) 供試種イモ(品種「べにはるか」、市販品でなり首と尾部は切除済み)は塊根先端部3か所にナイフで傷をつけ、基腐病菌の孢子懸濁液(10⁶個/ml)を1か所あたり10 μ lを滴下して接種し、7日後に温湯処理を行った。

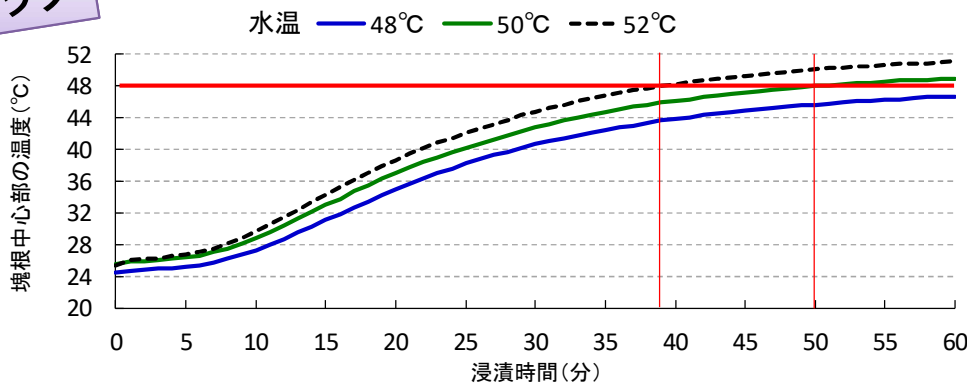
2) 温湯処理を行った種イモを室温で13日間保管後に基腐病による腐敗を確認した。

3) 温湯処理後、室温で20日間保管後の種イモ1個当たりの萌芽数。

☑種イモの48℃、40分間の温湯処理は、基腐病の発病を抑制し、腐敗塊根の発生リスクを軽減する。萌芽に悪影響は見られない。

(沖縄農研、鹿児島農総セ)

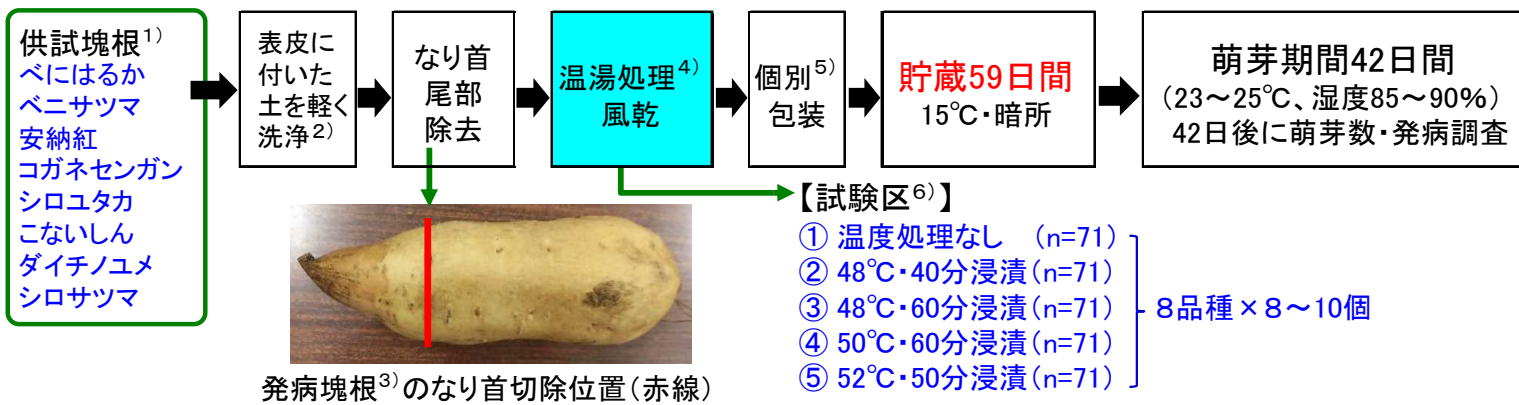
トピック



恒温槽を使った温度測定の様子 (イメージ)

図32 水温の異なる温湯浸漬による塊根中心部の温度推移

品種「コガネセンガン」、平均重量約260g、直径64~68mmの塊根を使用、塊根中心部の温度はセンサーを挿入して経時的に測定した。温湯処理は、水を20L入れた恒温槽の水温が設定温度に到達してから、室温(25°C)で保管していた塊根を投入した。図中の温度は各処理2個×2反復の4個の平均値。



- 1) 供試塊根は、鹿児島県農業開発総合センター大隅支場の同じ発生圃場(株基部発病株率約20%)から2021年10月上旬に採取した8品種を用いた。
- 2) 塊根は、コンテナに入れたまま、ホースで水道水をかけ、表皮に付いた土を軽く洗い流した。
- 3) なり首側の表皮に基腐病の病徴が認められた塊根は、供試塊根355個のうち16個(約5%)存在し、いずれも変色部位から1cm以上離して除去した。無病徴の塊根は、切り口が100円玉の大きさになるように、なり首側を除去した。
- 4) 温湯処理は、水を20L入れた恒温槽の水温が設定温度に到達してから、塊根を品種ごとに8~10個投入し、所定時間浸漬した。温湯処理後は、室内で半日程度風乾した。
- 5) 腐敗塊根との接触による感染拡大防止のため、塊根は1個ずつポリエチレン製の袋に入れて、貯蔵(59日間)および保管(萌芽期間42日間)した。
- 6) 各試験区とも、同じ品種構成と個数に調整した。

表14 異なる温度の温湯処理が各品種の萌芽に与える影響

	48°C・40分浸漬	48°C・60分浸漬	50°C・60分浸漬	52°C・50分浸漬
べにはるか	○	○	○	○
ベニサツマ	○	○	○	△
安納紅	○	○	△	×
コガネセンガン	○	○	○	○
シロユタカ	○	○	○	○
こないしん	○	○	×	×
ダイチノユメ	○	○	○	○
シロサツマ	○	○	○	○

注) 温湯処理後、59日間の貯蔵期間を経て、23~25°C、湿度85~90%の条件下で42日間保管した塊根の萌芽数を計数した。温度処理なし区と比較して、萌芽数が○: 同等または優る、△: 劣る(有意差なし)、×: 劣る(有意差あり)ことを示す(Tukey HSD検定、 $p < 0.05$)。

- ☑ 室温(25°C)で保管していた塊根に温湯処理を施す場合、基腐病菌が死滅する48°Cに塊根中心部が到達するには、50°Cで約50分、52°Cで約40分の浸漬が必要である。
- ☑ 一部の品種は、50°C・60分または52°C・50分の浸漬で塊根が腐敗し、萌芽数が少なくなる。

(鹿児島農総セ)

温湯処理で萌芽数が劣る塊根は、いずれも塊根の大部分が腐敗しており、その要因を探った。

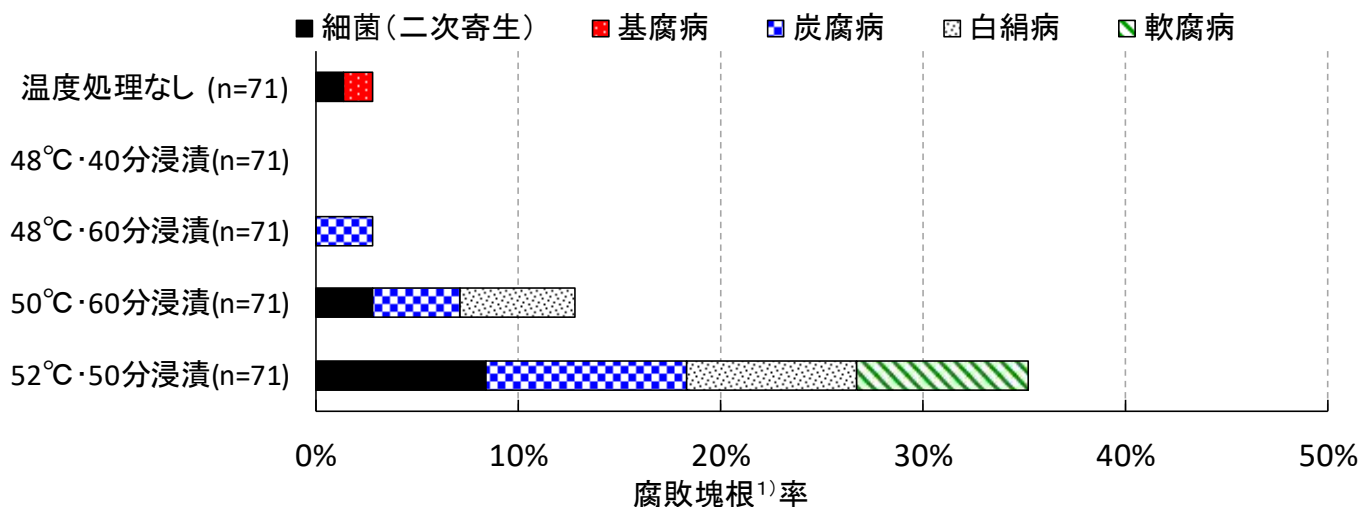


図33 異なる温度の温湯処理における腐敗塊根の発生割合と要因²⁾

1) 温湯処理後、59日間の貯蔵期間を経て、23~25°C、湿度85~90%の条件下で42日間保管した塊根のうち、塊根全体が腐敗症状を示し、萌芽がほとんど認められない塊根を計数した。

2) 腐敗の要因は、検鏡または菌分離により判断した。

- ☑ 基腐病による腐敗は、なり首除去と温湯処理を組み合わせたいずれの処理区からも認められない。
- ☑ 50°C・60分および52°C・50分浸漬区では、温度処理なし区と比較して、腐敗塊根の発生割合が増加した。
- ☑ 腐敗塊根からは、腐敗部位に二次的に感染したと考えられる非病原性の細菌以外に、軟腐病菌、炭腐病菌および白絹病菌が検出された。

(鹿児島農総セ)

⚠ 温湯処理後の塊根の腐敗を防ぐために注意すること

基腐病の発生のない地域では、種イモの温湯処理は伏せ込み直前に行い、処理後は速やかに温床へ伏せ込む。一方、基腐病常発生地域では、貯蔵前に温湯処理を行い、処理後の塊根は冷所に置かずによく乾かし、付傷・打撲がないように丁寧に扱い、衛生的な場所で貯蔵するなどの注意が必要である。

① 温湯処理後に10°Cを下回る低温環境下に置くと、塊根にストレスがかかり腐敗しやすくなる。温湯処理後は、15°C以上の部屋で半日程度静置する、または暖かい日に日陰に並べるなどして、表皮が十分に乾いたことを確認してから貯蔵する。また、貯蔵庫への輸送時などにも低温にあてないよう注意する。

② 取り扱い時に塊根の表面に傷を付けると、傷から軟腐病菌に感染し腐敗することがある。温湯処理した塊根は、傷付けないように丁寧に扱い、衛生的な箱や容器に保管する。

③ 主に栽培中に感染すると考えられる炭腐病菌、白絹病菌、フザリウム属菌は、48°Cでは死滅しないため、これらの病原菌に感染している塊根は、温湯処理をしても貯蔵中に腐敗することが多い。

(5) 蒸熱処理による種イモ消毒

ここがポイント！

- 採取した種イモは貯蔵前に蒸熱処理を行うことで基腐病の発生リスクが軽減される。
- 蒸熱処理は貯蔵前(9月～11月)のまだ暖かい時期に行うことを原則とする。
- 収穫・運搬作業、選別・調整作業の際に種イモに付傷、打撲がないように丁寧に扱う。
- 種イモへの影響を最小限に抑えつつ、潜在感染する基腐病菌を防除する実用的な処理基準(48℃95%定温定湿で100分間の処理)が提唱された。
- 処理後の種イモは温度(14～15℃)と相対湿度(85～95%)を確保できる定温貯蔵庫で保管する。伏せこみ前に再度選別し、変色、萎凋、腐敗した種イモは除去する。

① 蒸熱処理の原理

蒸熱処理は、50℃前後の飽和水蒸気にて種イモを加熱することで病害を防除する技術である。右図のように、蒸熱処理装置は差圧室(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、気流がむらなく種イモの間隙を通過し、一様に加熱することができる。噴霧ノズルから噴霧されたミストはラジエータにより加熱され水蒸気となる。水蒸気が種イモ表面で結露する際に種イモに凝縮熱が与えられる。水の凝縮熱は約540cal/gと水を0℃から100℃に加熱する時に必要なエネルギー約100cal/gよりはるかに大きい。相対湿度が下がると水蒸気が凝縮する温度(露点温度が低下するため、加熱効率が低下する。そのため相対湿度95%を維持するように装置は設計されている。蒸熱処理装置運転のポイントを表15に示した。

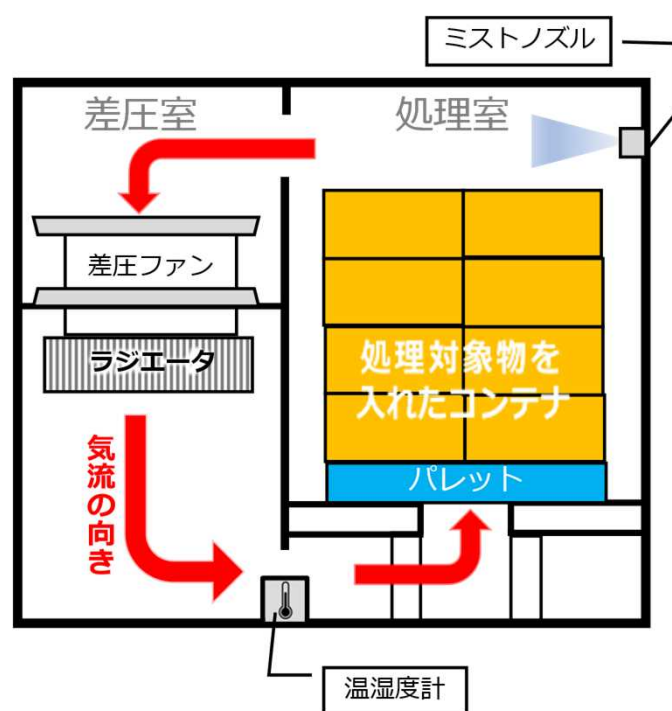


表15 蒸熱処理装置運転のポイント

1. 低温期の運転では相対湿度が上がりにくいいため、処理は温暖な時期に行うことを原則とする。
2. 湿球温度計の球部を覆うガーゼは水で十分にぬれていることを確認する。(ポットの水量にも注意。)
3. 噴霧ノズルからミストが噴霧されていることを目視で確認する。(ノズルが詰まると噴霧量が減る。)
4. コンテナの底面が気流が通りやすい全面アミ目構造のものを用いる。
5. 蒸熱がもれなく種イモの間を抜けるようコンテナ側面をシートで巻いて覆う。
6. 順化処理により種イモの温度をあらかじめ上げておく(図34参照)。
7. ロガーで処理中の温湿度の記録を取って、処理履歴を追跡可能とする。

②種イモの高温感受性

50℃前後の温度はかんしょの生育環境の温度からかけ離れているため、その温度に長時間さらされると萌芽不良、腐敗等の温度障害を引き起こす恐れがある。品種「べにはるか」を用いた検討では、48℃の温度に120分間さらされても萌芽への影響は小さかった一方、49℃の温度に70分以上さらされると、腐敗するイモ数が増加した(表16)。



49℃、70分処理した種イモの萌芽の様子

表16 48℃・49℃における蒸熱処理による処理時間の長短が塊根の腐敗発生並びに萌芽数に及ぼす影響 (農研機構九冲研、同植防研)

48℃	無処理	30分	60分	90分	120分
腐敗率(%)	0	0	5	10	10
萌芽数(本/個)	2.8	3.2	5.1	4.0	3.5

49℃	無処理	30分	70分	110分	150分
腐敗率(%)	0	5	75	60	70
萌芽数(本/個)	4.9	9.1	3.4	2.6	0.8

注)無処理区は12個体、処理区は各20個体供試。設定温度・時間を変えて種イモを蒸熱処理し、貯蔵庫に1週間保管後、イモ伏せし、およそ4週後に腐敗イモ数と萌芽数を測定した。

☑種イモは48℃の温度に120分間耐えるが、49℃の温度に70分以上さらされると腐敗するイモが増える。

③種イモの蒸熱処理による基腐病抑制効果

人工的に菌を接種したイモを用意して、蒸熱処理の効果を確認した。48℃、100分以上の蒸熱処理により菌の生存が確認されなかった(表17)ことから、48℃95%定温定湿で100分間の処理を蒸熱処理基準として提唱した(図34)。さらに、人工接種したイモの数を210個に増やして48℃-100分処理を行ったところ、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%)。これは、仮に蒸熱処理1回処理分にあたる24コンテナの中に、見かけ上健全な感染種イモが15個混じていたとしても、処理後に菌が生残する種イモは1個以下になると統計学的に推測される(15×(100%-93.2%)=1.02)。

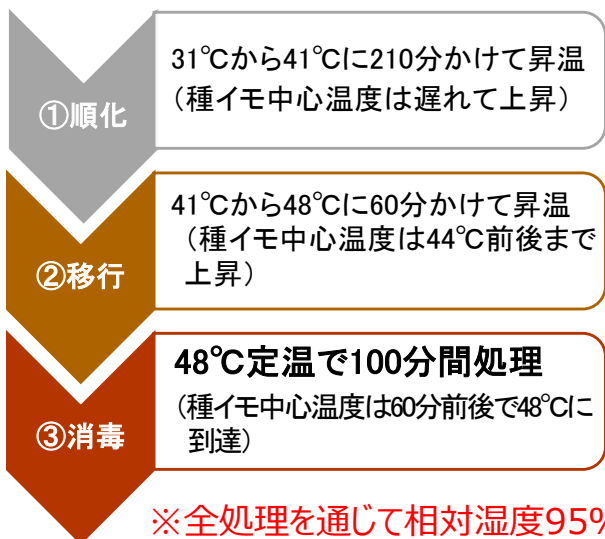


表17 基腐病菌を人工接種して準備した「見た目健全な感染種イモ」の蒸熱処理による消毒効果 (農研機構九冲研)

	30分	60分	90分	100分	110分	120分
48℃	+	+	+	-	-	-

+: 菌生存 - : 菌生存なし

孢子懸濁液を種イモ20個(品種「べにはるか」)のなり首に人工接種し、20℃で2日間貯蔵して、見た目健全な感染種イモを準備した。48℃の蒸熱処理を120分まで時間を変えて実施。処理後20℃で2週間貯蔵。なり首の接種部位からいも片を切り出し、選択培地にて3週間培養し菌の再分離を試みた。20個体全ての種イモで菌が再分離できなかった場合、菌生残なし(-)と評価した。

図34 生産現場に実装された蒸熱処理プログラム例

貯蔵前処理(P.44)を行った種イモの蒸熱処理事例

表18 蒸熱処理による種イモ¹⁾の貯蔵後の発病抑制効果と萌芽への影響 (鹿児島農総セ)

種イモ採取株の発病	処理温度・時間 ²⁾	基腐病による腐敗塊根率 ³⁾		平均萌芽数 ⁴⁾
諸梗まで病徴あり 株基部～諸梗にかけて基腐病 による黒変がある株から採取	48°C・20分間	7.1%	発病2個／28個	5.71 ab
	48°C・40分間	0%	発病0個／27個	6.41 a
	なし	27.6%	発病8個／29個	4.62 b
病徴なし 株基部には黒変症状のない株 から採取	48°C・20分間	3.1%	発病1個／32個	4.66 ab
	48°C・40分間	0%	発病0個／31個	4.65 ab
	なし	3.1%	発病1個／32個	5.13 ab

- 1) 供試種イモ(品種「コガネセガン」)は水洗・選別後になり首と尾部を切除し、キュアリング処理(33°C、90%以上の湿度下に3日間)を行ったものを用いた。
 2) 黒斑病対策の既存技術である温湯処理(47～48°C、40分)を参考にしている。
 3) 蒸熱処理を行った種イモを25°C、90%以上の湿度下で29日間(2020年10月27日～11月26日)貯蔵後に基腐病による腐敗を確認した。
 4) 3)の貯蔵期間後の種イモ1個当たりの萌芽数。異なる符号は対数変換後、TukeyのHSD検定で有意差あり。

☑薬剤処理(P.44)と同様、蒸熱処理でも貯蔵中の発病リスクを下げ、萌芽も良好である。

④蒸熱処理の失敗事例

蒸熱処理直後の種イモは、傷つきやすいため丁寧に扱う。蒸熱処理直後のトラック輸送中に荷崩れを起こした種イモは、後に著しく腐敗した(右写真)。また、蒸熱処理した種イモは低温に遭遇に対する抵抗性が小さく腐敗しやすい(表19①)。また、蒸熱処理後すぐに伏せこむと腐敗率が高いことから(表19②)、処理直後に伏せ込みを行うことも避け、処理後は一旦適切な温度で保管することが肝要である。



蒸熱処理直後のトラック輸送中に荷崩れを起こし、貯蔵後に腐敗が生じ廃棄となった種イモ

蒸熱処理では、相対湿度が下がると上手く種イモを加熱できない。湿球が乾燥していると乾球との温度差がなくなり正しく湿度を測定できない。湿球温度計の球部を覆うガーゼは水で十分にぬれていることの確認が重要である。運転前後で、噴霧ノズルからミストが噴霧されていることを確認する。ノズルが詰まりミストが噴霧されなかったことにより、相対湿度があがらず種イモの加熱が不十分となった事例もあった。

フザリウム属菌、白絹病菌、炭腐病菌は48°Cでは死なないため、これら病原菌に感染しているイモは、蒸熱処理をしても貯蔵中に腐敗することに留意する。

表19 蒸熱消毒および一時保管方法の違いが種イモ(品種「高系14号」)の腐敗に及ぼす影響

(鹿児島県サツマイモ基腐病対策プロジェクトチーム)

蒸熱消毒	処理		腐敗率(%)
	伏せ込みまでの一時保管	伏せ込み	
無	2°C1日間	25°C30日間	30
有	2°C1日間	25°C30日間	70
有	15°C1日間	25°C30日間	50
有	15°C7日間	25°C30日間	10

①
②

(6) 定植苗の発病リスクを軽減する防除技術

ここがポイント！

- 苗床に基腐病が発生した場合、症状のある株は種イモごと速やかにハウス外に持ち出し、適切に処分する。発生苗床では採苗を中止し、当面かんしょを栽培しないことが望ましいが、やむを得ず採苗を継続する場合には、耐性菌の出現リスクが低い銅剤(P.69)を散布する。
- 苗は株の地際から5cm以上切り上げて採取し、ベンレート水和剤またはベンレートT水和剤20、トリフミン水和剤を用いて(P.68)、採苗当日に必ず苗消毒を行う。消毒液は必ず使用する当日に調製したものを用いる。
- 採苗時のハサミはこまめに消毒(火炎滅菌または丁寧な水洗と拭き取り)する(P.40)。

① 基腐病発生苗床での苗感染リスクと対策(1)

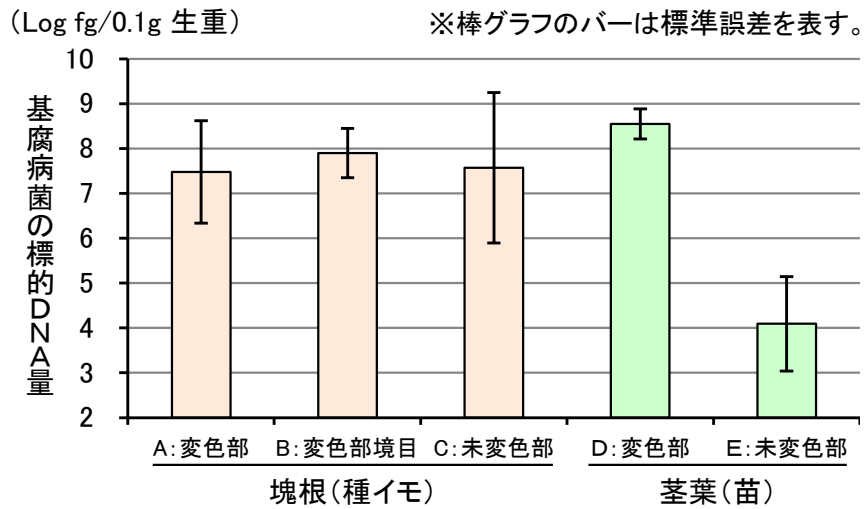
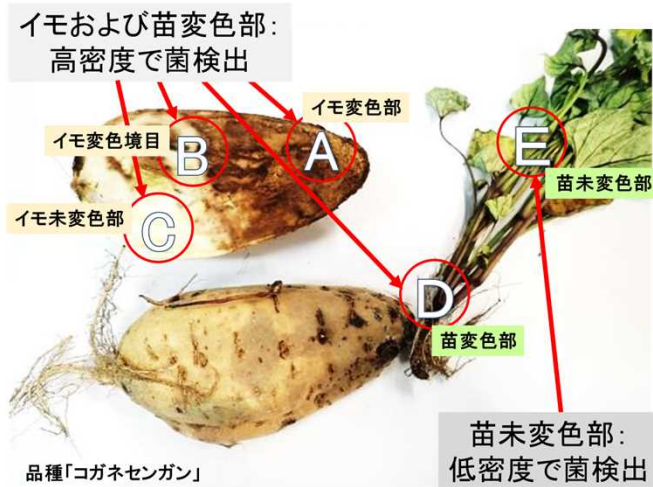


図35 発病塊根と茎葉から検出される基腐病菌量 (鹿児島農総セ)

- ☑ 発病した塊根では変色、未変色に関わらず全ての部位(A~C)で基腐病菌量が高い。
- ☑ 茎葉の未変色部(E)でも、菌量は低いが保菌していることから、発病リスクがある。

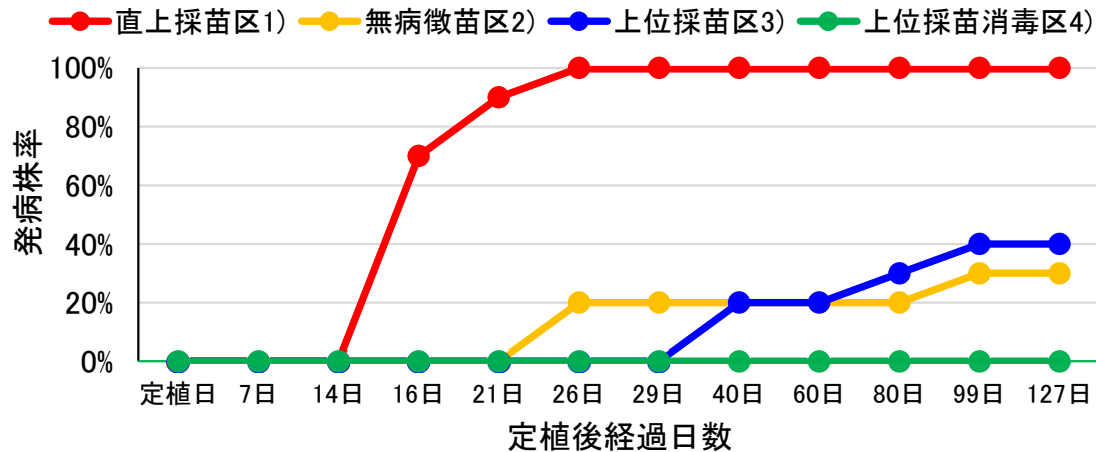


図36 発病した塊根から萌芽した苗の採取位置と消毒による発病抑制効果 (宮崎総農試)

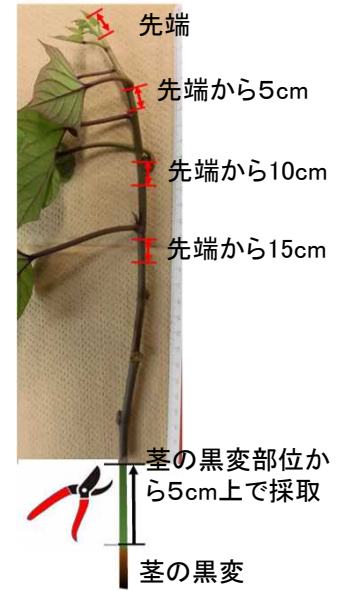
2019年に現地の苗床から罹病塊根(品種「高系14号」)を回収し、罹病塊根から萌芽した苗を購入培土を詰めた9cmポットに1株ずつ植え付けた(1区当たり10株)。苗は、1)基部の黒変部の直上で切断、2)同じ罹病塊根から萌芽した基部に病徴のない苗を採取、3)黒変部から5cm上で切断、4)3)と同じ位置で採取し、ベンレート水和剤で消毒した。

- ☑ 罹病株周辺の健全に見える苗であっても基腐病菌に感染している可能性がある。採苗位置を上げ、苗消毒することで発病リスクを低下できる。

②基腐病発生苗床での苗感染リスクと対策(2)

表20 基腐病が発生した苗床における苗の病原菌分布調査 (鹿児島農総セ)

サンプル ¹⁾ 採取日	採取場所	採取 本数	基腐病菌が検出された苗の部位と菌量		
			本数	検出部位 ⁴⁾	菌量 ⁵⁾ Log(fg+1)/0.2g
1回目	未発生苗床 ²⁾	1	0	なし	なし
3月12日	発生苗床 ³⁾	3	1	茎の先端から5cm	2.3
2回目	未発生苗床	1	0	なし	なし
3月26日	発生苗床	3	1	茎の先端	2.3
				茎の先端から5cm	2.1
				茎の先端から15cm	2.2
3回目	未発生苗床	3	0	なし	なし
5月7日	発生苗床	5	1	茎の先端から5cm	3.5
				茎の先端から10cm	3.3



- 1) サンプルは全て品種「コガネセンガン」。採取部位は右図参照。
- 2) 未発生苗床では2021年1月22日～5月7日の期間中に基腐病の発生を認めなかった。
- 3) 発生苗床で初発生が確認された2021年2月19日以降は、2日に1回、頭上からハンドシャワーで散水した。
- 4) 約1cm長の茎を採取後、細かく刻み、0.2g生重をDNA抽出に用いた。
- 5) 基腐病菌量はリアルタイムPCRで測定した。

☑基腐病が発生した苗床では、苗の先端からも基腐病菌が検出されることがある。散水によって孢子が苗の上部に飛散する可能性がある。

表21 苗消毒の薬液に浸らない部位の傷に基腐病菌の菌体懸濁液を接種した場合の発病状況 (鹿児島農総セ)

傷の有無 ¹⁾	孢子濃度 ²⁾ (個/ml)	調査 株数	発病株率 ³⁾		
			定植14日後	定植21日後	定植26日後
なし	1×10^4	20	0%	0%	0%
	1×10^6	20	0%	0%	0%
	(比較) 滅菌水	20	0%	0%	0%
あり	1×10^4	20	20%	30%	35%
	1×10^6	20	65%	85%	100%
	(比較) 滅菌水	20	0%	0%	0%



- 1) 苗(品種「コガネセンガン」)の切り口から15cm以上の茎の5mm四方に針で5箇所傷を付けた(右図A、C赤矢印)。
- 2) PDA平板培地上で培養した基腐病菌SSD01株の柄子殻を滅菌水を入れてすり潰し、30μlのメッシュで濾した菌体懸濁液を孢子濃度で 1×10^4 個/ml または 1×10^6 個/mlに希釈して、20μlを茎に滴下した(右図B、C赤矢印)。
- 3) 接種後の苗は室温で2時間風乾させた後、基部10cmをベンレート水和剤500倍液に30分間浸漬し(右図C青線、接種部位は浸らせない)、市販培養土を充填した不織布ポットに定植し、接種部位が黒変した株を発病株とした(右図Dは定植14日後に現れた基腐病の症状)。

☑苗消毒で薬液に浸らない部位に傷があると、基腐病菌の孢子が付着した場合、感染して発病する可能性がある。

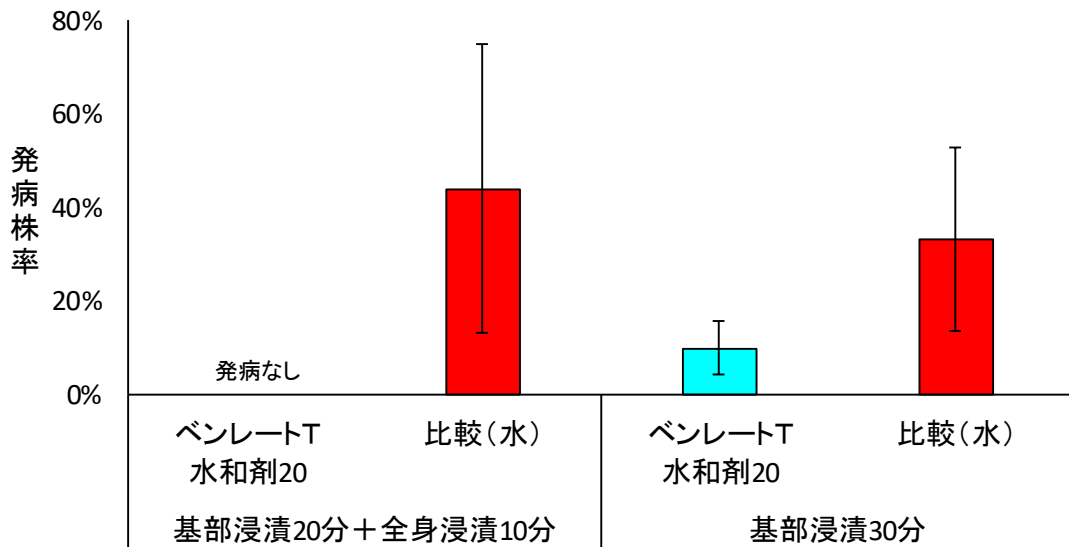


図37 苗浸漬方法の違いが基腐病の発生に及ぼす影響 (鹿児島農総セ)

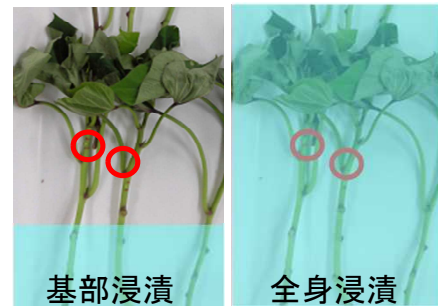


図38 接種苗と浸漬方法
○は付傷接種部位を示す。
水色は薬液を示す。

苗(品種「コガネセンガン」)の切り口から15cm以上の茎の5mm四方に針で5箇所傷を付けた(図38の○印)。PDA平板培地上で培養した基腐病菌SSD01株の柄子殻を滅菌水を入れてすり潰し、30μlのメッシュで濾した菌体懸濁液を孢子濃度で 1×10^5 /mlに希釈して、20μlを傷を付けた部位に滴下した(図38の○印)。接種後の苗は室温で半日静置した後、ベンレートT水和剤20の200倍液に、苗の基部を30分間浸漬、または基部を20分間浸漬後に全身を10分間浸漬した。浸漬処理後の苗は、市販培養土を充填した不織布ポットに定植し、定植35日後に接種部位が黒変した株を発病株として計数した。各区5株の4反復。図中のバーは標準偏差。

☑基腐病が発生した苗床から採取した苗は、ベンレート水和剤またはベンレートT水和剤20に全身を浸漬することで発病リスクが軽減する。

③ 苗消毒による汚染土壌からの感染防止効果

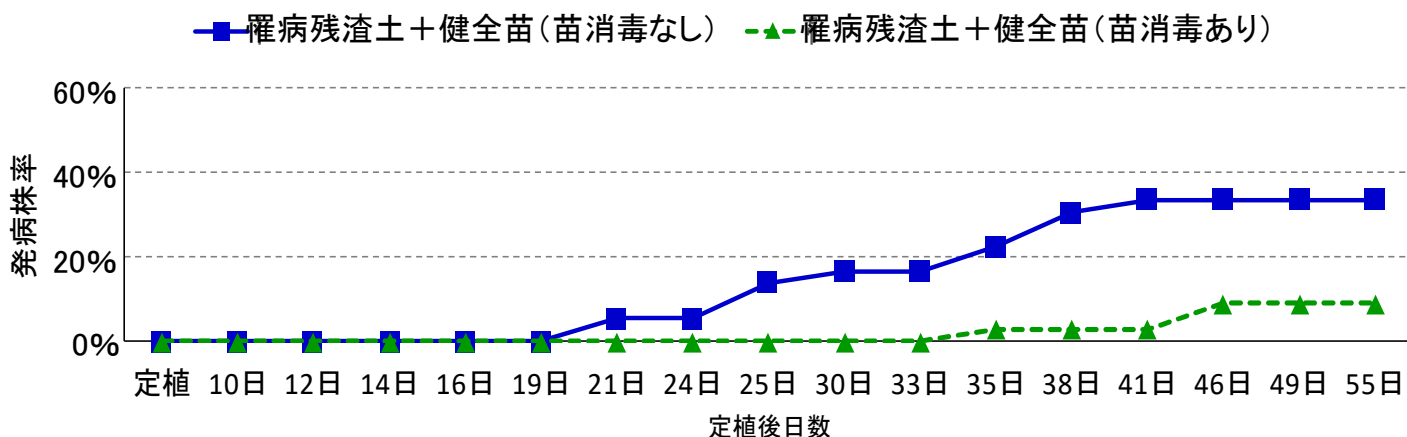


図39 苗消毒による土壌伝染抑制効果 (鹿児島農総セ)

罹病残渣土: 基腐病発病株(品種「コガネセンガン」) 20株を細かく刻んで市販培土と混合(400g/20kg)した。
健全苗: 茎頂培養苗由来の種イモ(品種「コガネセンガン」)から採取した。
苗消毒: ベンレート水和剤500倍液に30分間苗基部浸漬した。
定植: 2020年7月1日に苗11~12株/プランターを定植した(3反復)。

☑ベンレート水和剤で消毒した苗を基腐病汚染土壌に定植すると、未消毒の苗よりも発病が遅く、定植5週目頃まで発病抑制効果が認められた。

④ 苗の温度処理による基腐病抑制効果

ここがポイント！

- 基腐病菌に汚染された恐れのある苗を温湯処理(48℃、15分間浸漬)することで基腐病の発生リスクが軽減される。
- 苗の温湯処理は、黒斑病に対する防除対策として普及している技術であるが、苗の状態や品種によりダメージを受ける場合があるため、生育旺盛な苗を選び、品種については事前に予備試験を実施する。
- 温湯処理は、つる割病に対しては防除効果が劣るため、つる割病発生の恐れがある場合は、温湯処理後に薬剤処理等の防除対策も実施する。

表22 基腐病汚染苗に対する温湯処理の防除効果 (沖縄農セ)

処理区	処理法	株数	発病株数	発病株率	防除価	異常株有無
温湯	48℃・15分間	30	0	0%	100	無
対照	—	30	20	66.7%		無

注) 茎頂培養苗由来の株(品種「ちゅら恋紅」)より採集した長さ約30cmの苗を用いた。苗に基腐病菌孢子懸濁液(10⁶個/ml)を噴霧接種し、接種翌日に、苗全体を48℃の温水に15分間浸漬した。処理後、市販無病培養土を詰めた育苗箱に挿し、ガラス室で管理し、地際部の黒変・枯死株の有無を約2か月間観察した。異常株有無:温湯処理による生育の異常の有無。

☑ 基腐病菌の孢子懸濁液を噴霧した苗に温湯処理を行ったところ、約2か月後においても発病は認められなかった。

(7) 苗床の土壌還元消毒

ここがポイント！

- 土壌還元消毒法は、農薬を用いずに土壌病害虫を防除する環境保全型の土壌消毒技術である。
- 米ぬかを土壌に混和して、ぬかるむまで灌水した後、地表面をフィルムで被覆して高い地温(およそ30℃以上)で湿潤状態を3週間から1か月間維持すると、基腐病の発生を抑制できる。

土壌還元消毒法では、米ぬかなど分解しやすい有機物を土壌にすき込み、湛水・被覆することで、土壌中の多種多様な微生物が、すき込んだ有機物を餌にして急激に増殖する際に酸素を消費して還元状態となり、土壌病害虫の密度が低下する。

①土壌還元消毒の作業手順

0. 準備

かんしょ残渣を外へ持ち出し、耕起して土壌を細かくし、均平にならす。

1. 資材散布・耕起(図40左)

土壌1㎡当たり1kg(1t/10a)の米ぬかを全面に均一に散布、混和する(P.57 注1、2)。

2. 灌水チューブ設置・被覆(図40中央)

灌水チューブを60～100cm間隔で設置し、農業用フィルムで被覆する(P.57 注3)。

3. 灌水(図40右)

1㎡当たり100～150L灌水し、施設を密閉する。

4. 消毒後処理

3週間から1か月間で消毒が終了。その後、被覆したフィルムを除去し、耕起する。

※本技術の処理条件などの詳細は、P.57の図43やP.59の図47に記載した土壌還元消毒技術の紹介資料をご参照ください。



米ぬかを散布し、2、3回耕起してしっかりとすき込む。



灌水チューブを設置し、地表面を農業用フィルムで被覆する。



土壌全体が湛水してぬかるむまで灌水する。

図40 土壌還元消毒法の作業概要

注1 作業者の暑さ対策

天井フィルムを展張した状態でハウス内を閉め切って土壌還元消毒を実施することで、天候に影響されず地温が上がりやすくなり、高い消毒効果が期待できる。ハウス内は高温になるため、作業中は窓を開けて換気を良くし、早朝や夕方の涼しい時間帯に資材散布・耕起や被覆を行い、日中の暑さの厳しい時間帯を灌水にあてるのが好ましい。

注2 土壌の水持ち改善

土壌の排水性が高くて水がたまりにくい場合には、資材のすき込み後にトラクターを低速で数往復走らせて鎮圧することで、土壌が締まり水持ちが改善される(図41)。トラクターを走らせた後は、全面を平らにならすことで、均一に水がたまりやすくなる。

注3 既存灌水設備の活用

灌水を行う場合には、灌水チューブを新設せずに既存のスプリンクラーでも代用できる(図42)。スプリンクラーを用いて頭上灌水する際には追加灌水ができないため、先述(注2)の鎮圧によって土壌の水持ちを高めておくが良い。



図41 トラクターによる土壌の鎮圧



図42 スプリンクラーによる頭上灌水

標準作業手順書の公開

苗床での土壌還元消毒技術について、生産現場での活用を推進するために標準作業手順書(SOP)を公開した(図43)。本SOPには、作業手順の詳細やポイント、Q&Aなど技術導入の際に参考になる情報を掲載しており、農研機構のホームページ内の下記サイトよりダウンロードできる。

https://www.naro.go.jp/publicity_report/publication/laboratory/naro/sop/154035.html



図43 苗床の土壌還元消毒の標準作業手順書

②室内実験における土壌還元消毒の菌密度低減効果



図44 土壌還元消毒の室内試験
(農研機構植防研)

基腐病菌汚染土壌を詰めて湛水・密封したアルミ蒸着袋(左)を、一定期間、定温条件に置いた後、検出培地(右)で生存菌数を計測した。

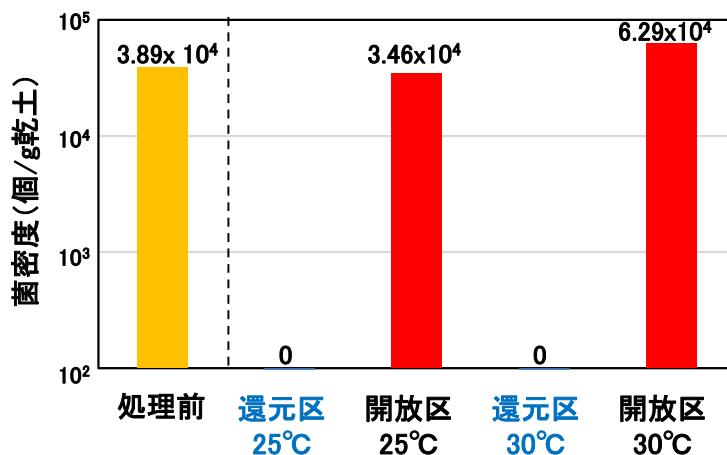


図45 基腐菌の生存菌数の比較 (農研機構植防研)

還元区は湛水後に袋を密封し、開放区は適度な水分量(20%程度)で袋の口をクリップで軽く閉じ、3週間、定温条件に置いた。菌密度は3反復の平均値。

室内試験では汚染土壌を25°C、3週間以上還元処理することで基腐病菌が死滅することから、夏季のハウスにフィルムを展張している時期に処理すると地温が上昇しやすくなり、高い消毒効果が期待できる。

③人工汚染苗床における土壌還元消毒の防除効果

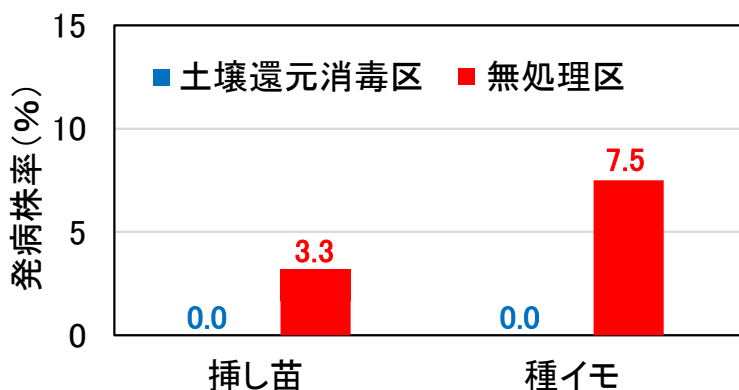


図46 土壌還元消毒後の基腐病の防除効果
(宮崎総農試)

基腐病罹病塊根残渣(5~10mm角のサイコロ状、約500g/m²)を混和して人為的に作製した汚染苗床(宮崎農試小型ハウス、幅6m×10m、フィルム展張あり、灰色低地土)に、米ぬかを1kg/m²すき込んで土壌還元消毒を実施した(2020年10月1日~29日、平均地温:32.0°C(土壌還元消毒区)および26.7°C(無処理区))。

処理終了後に種イモ伏せ込みおよび挿し苗(茎頂培養苗)による育苗を行った(品種「高系14号」)。
種イモ区:40株、2020年12月23日伏せ込み、1月中旬萌芽

挿し苗区:60株、2021年2月10日定植
調査日:2021年7月2日

無処理区では6月上旬に基腐病の発生が認められたが、土壌還元消毒区では認められなかった。

表23 土壌還元消毒の資材費

米ぬか(1t/10a)	32,000円

(参考)バスアミド(30kg/10a)	43,000円

※ 土壌還元消毒の資材費として10a当たり約32,000円かかる(表23)。灌水チューブやフィルムは既存のもので代用できる。圃場によっては、水道代が別途必要になる。

(農研機構植防研、同九沖研、宮崎総農試)

新たな消毒資材を用いた土壌還元消毒技術

農研機構では、従来の土壌還元消毒における問題点を改善した新たな土壌還元消毒資材を、他機関と共同で開発している。固形資材として糖含有珪藻土、液体資材として低濃度エタノールが挙げられる。

これらの資材は取り扱いが容易であり、地下約60cmと米ぬかの倍程度の深さまで消毒することができる上に、消毒時の悪臭(還元臭)が少ないというメリットがある(表24)。トマトやナスなどのナス科野菜の青枯病や線虫害をはじめとした様々な土壌病害に対して、高い防除効果を有することが示され、普及拡大を進めている。現在、基腐病に対して、糖含有珪藻土を用いた苗床での土壌還元消毒技術の開発を進めている。

新たな土壌還元消毒技術については、YouTubeのNAROチャンネルで紹介動画や農研機構のホームページで標準作業手順書やマニュアルを公開している(図47)。

表24 土壌還元消毒資材の比較(太字:メリット)

	固形資材		液体資材	
	糖含有珪藻土	米ぬか	低濃度エタノール	糖蜜
消毒深度	深い	浅い	深い	深い
還元臭	弱い	強い	弱い	弱い
取り扱い・作業性	容易・軽労	容易・軽労	希釈作業が簡単	希釈作業が重労働
資材費	高い	安い	高い	高い



図47 新たな土壌還元消毒技術の紹介事例

左 NAROチャンネル <https://www.youtube.com/user/NAROchannel>

中 新規土壌還元消毒を主体としたトマト地下部病害虫防除体系標準作業手順書

https://www.naro.go.jp/publicity_report/publication/files/SOP20-060K20210426.pdf

右 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

https://www.naro.go.jp/publicity_report/publication/files/ethanol_12.pdf

(農研機構植防研、同九沖研)

IRIS (アイリス) による土壌還元状態の検出



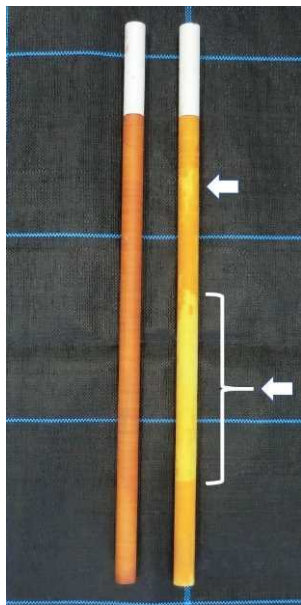
塗布



一晚乾燥



埋め込み



処理終了後回収
(左: 使用前、右: 使用后)




←: 塗装した酸化鉄が剥けている部位(深度)は還元が生じていたと解釈できます。



土壌還元処理では、有機物分解に伴う微生物の呼吸量増加により土壌中の酸素が消費され還元状態になり、土壌中の三価鉄は二価鉄に変化します。処理が上手くいったかどうかは、酸化還元電位の測定や、ジピリジル試薬による二価鉄の検出で評価できますが、もっと簡単にできないでしょうか？

IRIS (アイリス: Indicator of reduction in soil) と呼ばれる酸化鉄懸濁液を塗布した塩ビ管を処理土壌に埋設することにより土壌還元処理が上手くいった深さを目視で確認することができます。

酸化鉄懸濁液は、40%塩化鉄(III)溶液に5%水酸化カリウム溶液を加え、pH12とします。懸濁液を除塩(透析)した後、冷暗所にて1週間熟成させることで黄色味を呈すれば完成です。懸濁液の粘り気が強すぎる場合には水を加えて希釈し、塩ビ管を回転させながら塗布します。

方法	原理	測定	感度	その他
 <p>IRIS (アイリス)</p>	塩ビ管に塗布した酸化鉄(III)の土壌還元による溶脱	<ul style="list-style-type: none"> 線測定(深さ方向) 処理途中で回収することで時系列測定可能 	<ul style="list-style-type: none"> 酸化鉄の溶解に一定期間の還元発達が必要 	<ul style="list-style-type: none"> 安価(1~2万円) 日曜大工程度の作業が必要
 <p>ジピリジル反応</p>	ジピリジル試薬による二価鉄の呈色反応(無色→赤)	<ul style="list-style-type: none"> 点測定(土壌採取により下層も判定可) 処理終了後にのみ測定可 	<ul style="list-style-type: none"> 土壌還元の発達が良好ならば即時に赤く呈色 	<ul style="list-style-type: none"> 安価(~5千円) 土壌採取が必要
 <p>酸化還元電位測定</p>	標準水素電極(比較電極)と白金電極(作用電極)間の電位差測定	<ul style="list-style-type: none"> 点測定(単一深度) リアルタイムで還元形成を確認可能 	<ul style="list-style-type: none"> 土壌の不均一性の影響大 土壌pH、地温による測定値の変動有り 	<ul style="list-style-type: none"> 高価(電極、ロガー組で10万円) 動物のイタズラ対策必要

(農研機構九沖研)

5. 本圃での二次伝染防止対策

(1) 圃場の排水対策

ここがポイント！

- 基腐病は水を介してまん延するため、湛水した圃場での発病率が高い(アンケート調査結果、現地調査結果)。降雨後に、「湛水させない」、「湛水時間を減少させる」、「圃場の一部の湛水に留める」ことで被害軽減につながる。
- 適切に管理された排水路に、明渠等を利用して速やかに表面排水を導水すること、また、サブソイラなどを用いて耕盤を破碎し地下排水を促進することにより、圃場の湛水状況を大きく改善することができる。
- 南九州のように降雨強度が高い地域においては、表面排水対策は不可欠である。

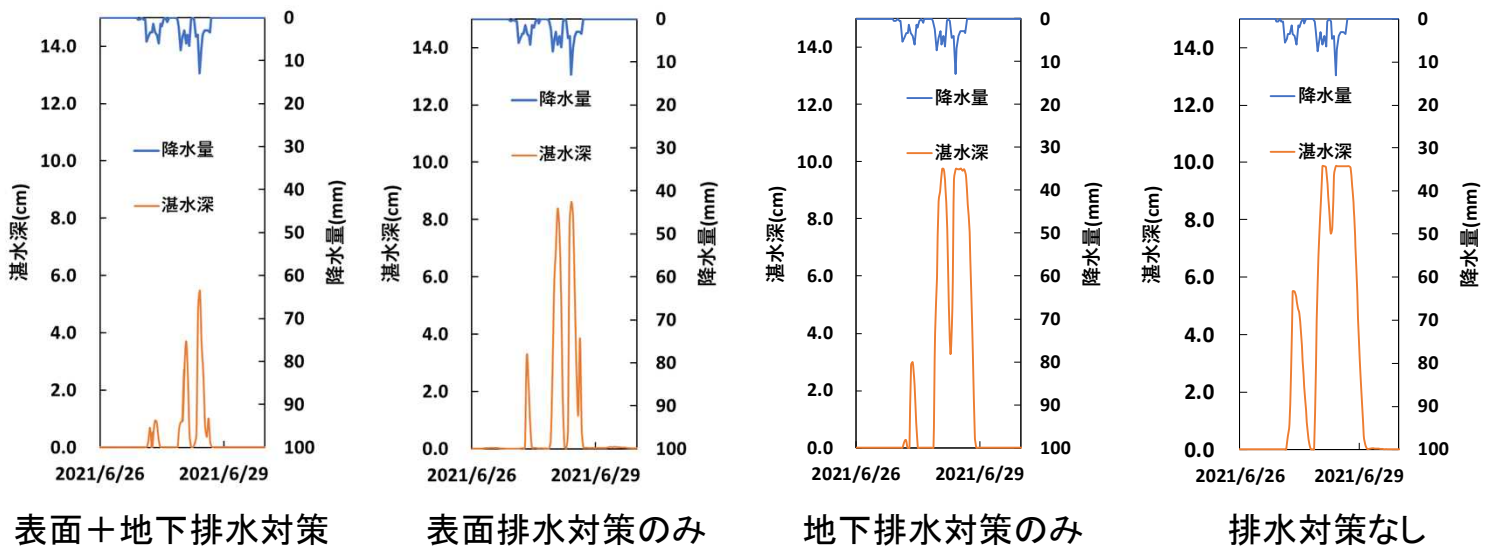


図48 各試験区の降雨と湛水深の関係 (農研機構九沖研)

湛水深は水位計を設置し、常時モニタリングした(水位計の測定範囲は0～10cmのため、実際の湛水深は10cmを超えている場合もある)。表面排水対策は、①排水口方向に勾配、②排水口を排水路に接続、③枕畝など、排水を妨げる畝を作らない、地下排水対策は、地下40cmにサブソイラを施行、を行っている。

☑ 湛水が生じる降雨でも、表面および地下排水対策を行うと湛水時間が短くなる。

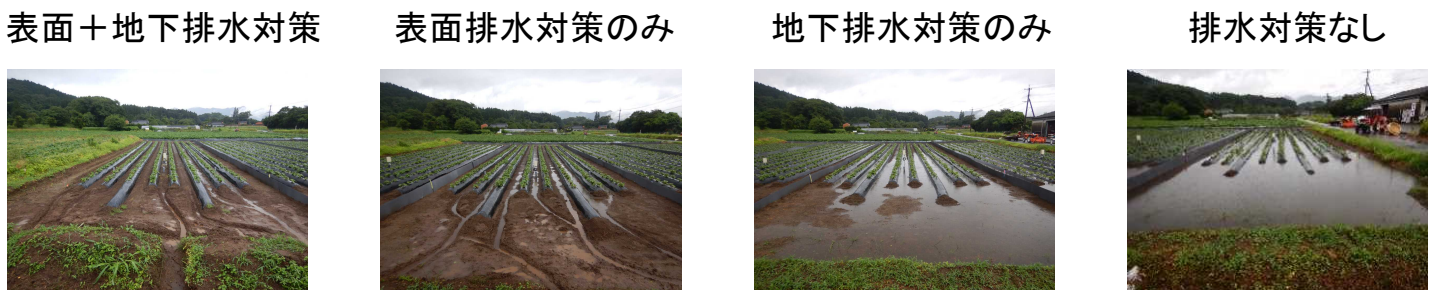


図49 排水対策試験区における降雨後(日降雨量50mm)の様子 (農研機構九沖研)

実施した表面排水および地下排水対策は図48を参照。降雨データは試験区に最も近いAMEDASを利用した。

☑ 日降雨量が50mmを超えても、表面排水対策と地下排水対策の両者を講じた試験区では湛水していなかった。

①圃場の排水に関する現状

ここがポイント！

- 基腐病多発生圃場の下層土は硬い傾向があり、地下への排水性が悪いと考えられる。
- 基腐病多発生地域には、排水対策が不十分な圃場が多い。
- 排水不良の圃場は基腐病が発生すると拡がりやすいため、耕盤破碎(地下への浸透促進)や明渠の施工(表面排水の促進)などの対策が必要である。

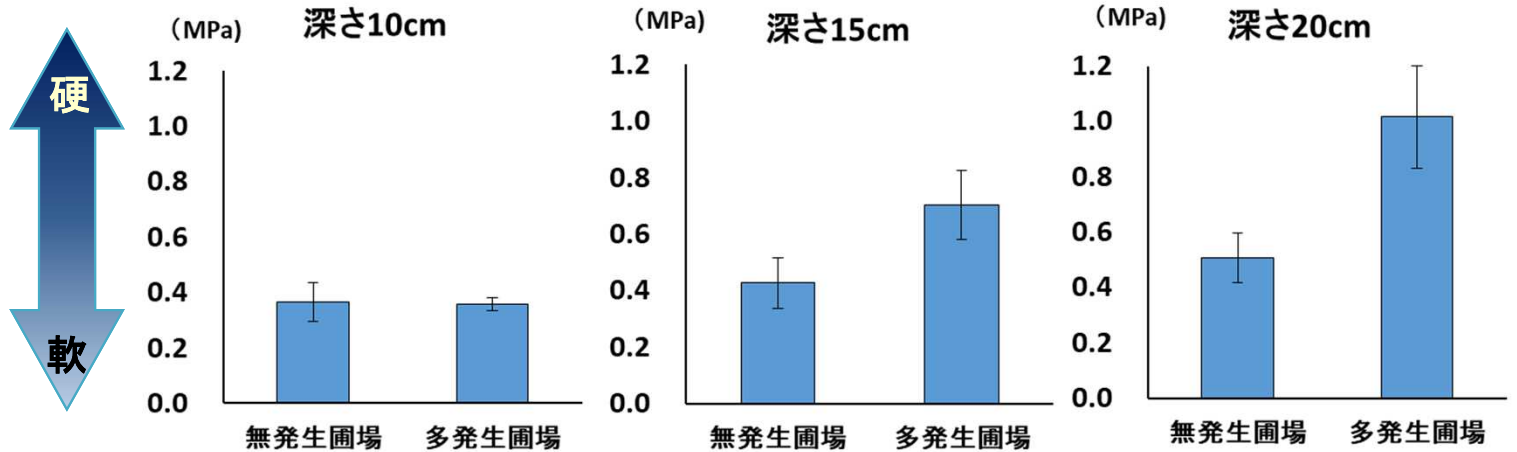


図50 鹿児島県M市における基腐病の発生と深さ別土壌の硬さの関係 (鹿児島農総セ)
 無発生: 基腐病発生なし (n=5)、多発生: 発生が圃場全体で見られる (n=5)。図中のバーは標準誤差を示す。

☑基腐病が多発している圃場の下層土は、無発生の圃場に比べ硬い傾向にあり、排水性が悪いと考えられる。

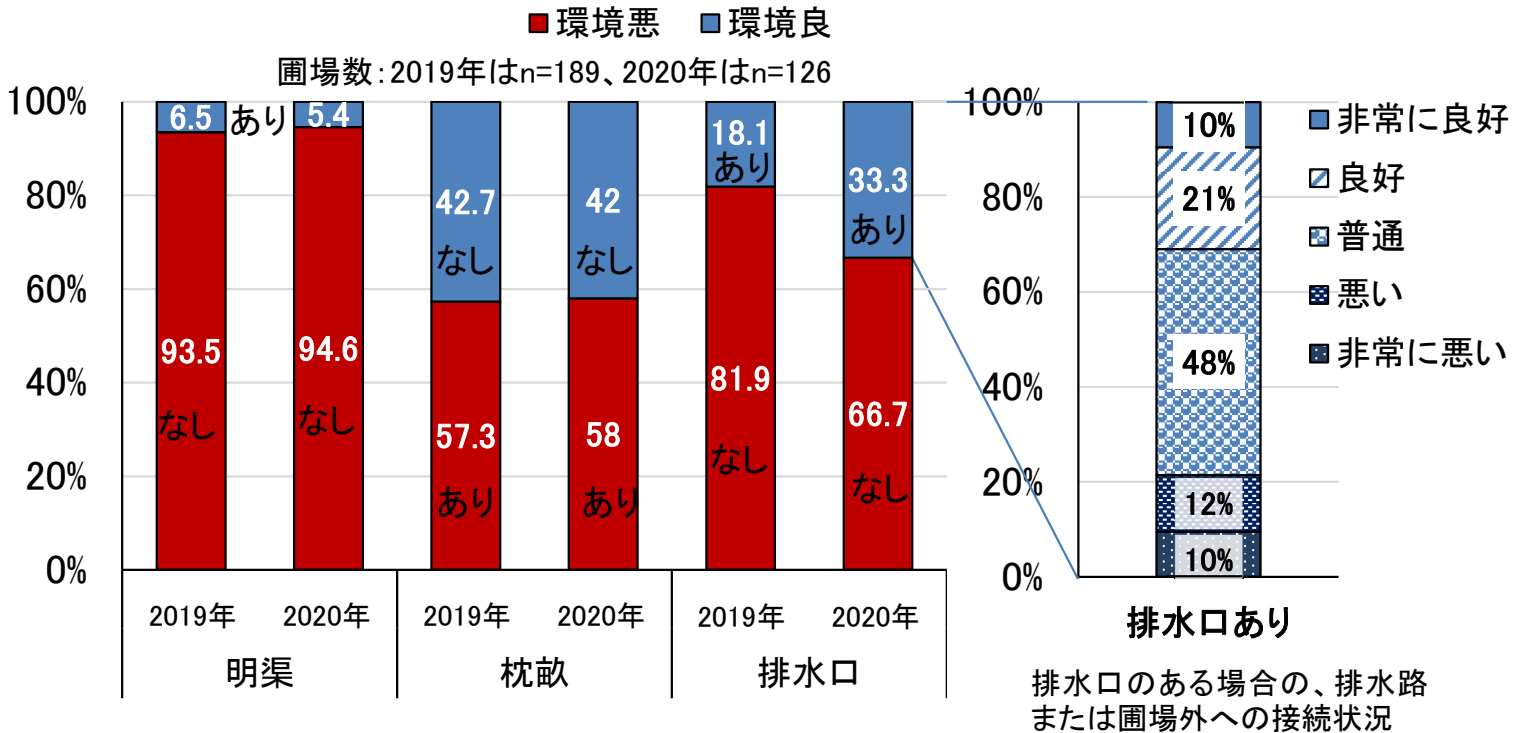


図51 鹿児島県M市の基腐病多発生地域における排水環境調査 (鹿児島農総セ)

☑基腐病の発生が多い地域では、明渠なし、枕畝あり、排水口なしなど、排水対策が不十分な圃場が多かった。排水口があっても、圃場外への接続が悪い場合は上手く排水されていないと考えられる。

②表面排水の対策

ここがポイント！

●表面排水対策を行うためには、①排水路の管理、②圃場から排水路への接続（排水口の管理）、③圃場から排水口までの導水、の三つの作業が重要である。



図52 支線排水路の管理状況

☑全域に排水路が整備されている地域の一部について調査したところ、排水路の管理が不十分で排水機能が見込まれない支線排水路が多いことが明らかになった。

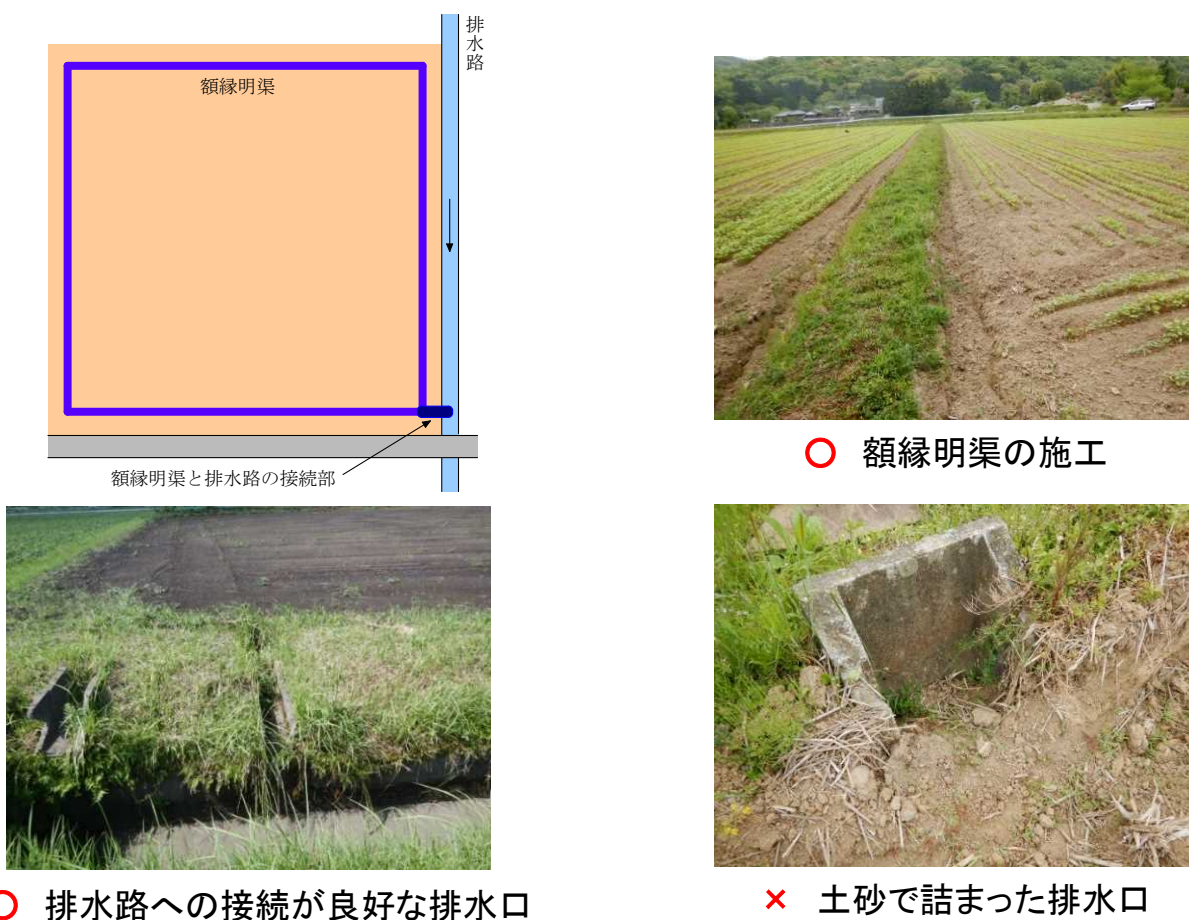
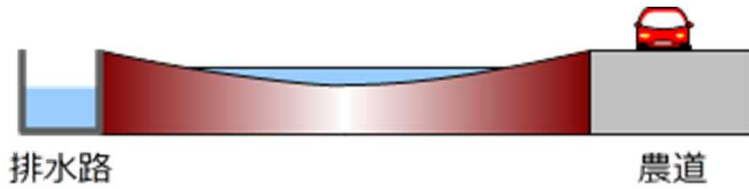
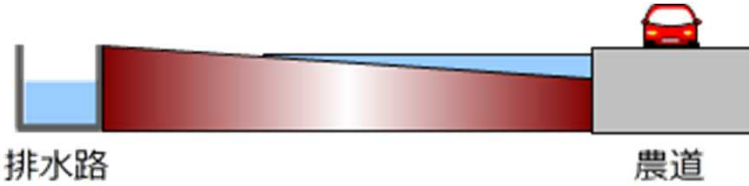


図53 排水路への接続と排水口の管理状況

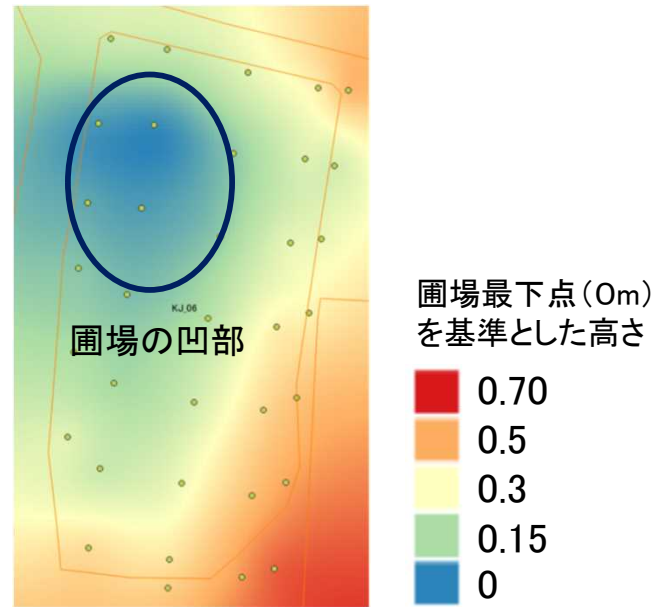
☑額縁明渠から排水路へ排水口をつなげている圃場では、排水が良好であった。
 ☑一部、排水口が土砂で埋まった圃場もあった。



× 圃場中央部が凹み湛水



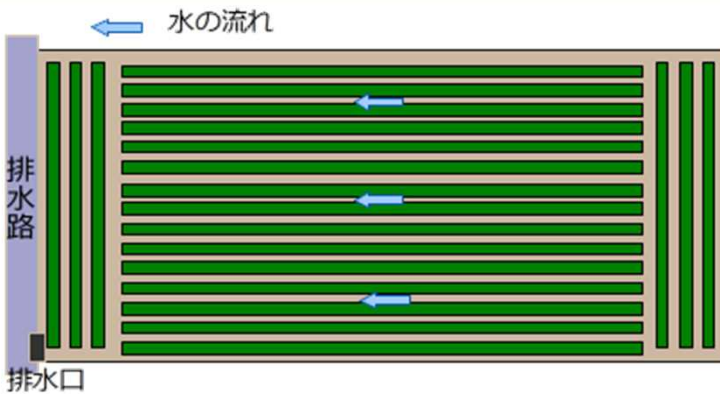
× 排水路と逆勾配で道路側が湛水



圃場の表面標高(測量)図

図54 圃場から排水口までの導水を妨げる圃場の凹みと逆勾配

- ☑ 圃場の中央部が凹んでいる圃場も多い。このような圃場では、凹部に水が溜まり、基腐病が発生しやすくなる。
- ☑ 排水路(排水口)に対し、逆勾配の圃場も散見される。



× 枕畝による表面排水の妨げ



○ 枕畝の途中に排水溝を設置

図55 圃場から排水口までの導水を妨げる枕畝

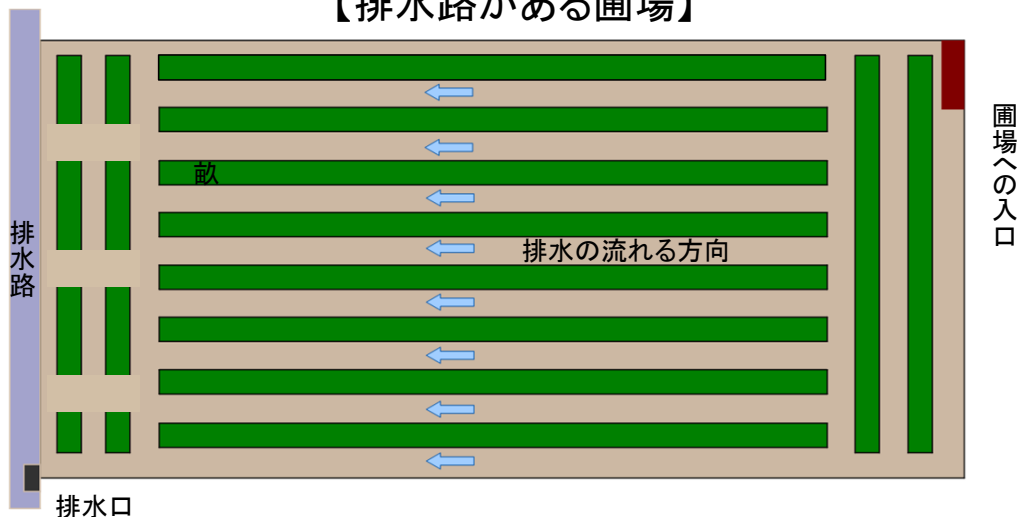
- ☑ 排水路側の枕畝は表面排水を妨げ、湛水の原因となる。排水路側に枕畝を作らない、枕畝を作った場合は、枕畝を区切って排水溝を作ることが重要である。

(農研機構九沖研、鹿児島農総セ)

排水路がない場合の対策

表面排水は排水路に流すことが基本であるが、土砂が堆積し排水できない圃場や、排水路がない圃場もある。その場合は、大型の明渠を掘削して、そこに一時的に貯留し、透水性のよいシラスやボラから地下排水する方法もある。

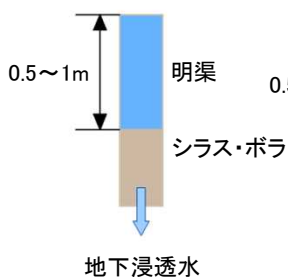
【排水路がある圃場】



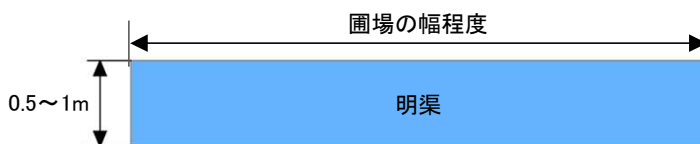
【排水路がない圃場】
明渠掘削＋枕畝除去



【明渠の深さ】



【明渠の幅と長さ】



【明渠の写真】



- ※ 明渠の深さおよび幅は0.5m以上が好ましい。長さは基本的に圃場の幅程度。
- ※ 下層にシラスやボラがない場合も、明渠を大きくすれば同様の排水効果が期待できる。
- ※ 圃場の入口側の枕畝は必ずしも除去しなくてもよい。

(農研機構九沖研、鹿児島農総セ)

③地下排水の対策

ここがポイント！

- 南九州の下層土は、シラス、ボラなど排水性の良好な土壌であるが、トラクターなどによる圧密のため、作土層の下(表面から20~30cm程度)に土壌硬度が1MPaを超える耕盤が形成されている圃場が多い。
- 地下排水促進のために、この耕盤をサブソイラなどを使用して破碎する必要がある。

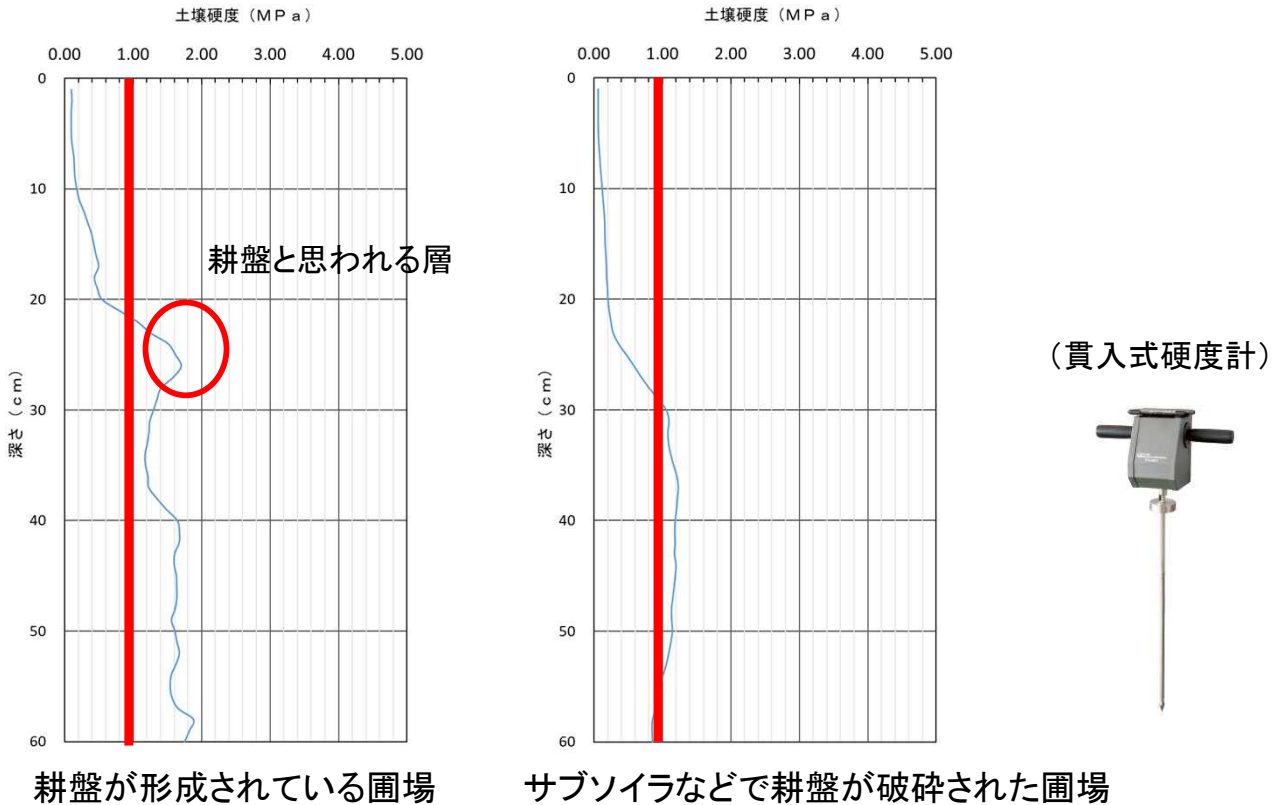


図56 耕盤がある圃場と破碎された圃場の土壌硬度の違い (農研機構九沖研) 圃場5点に貫入式硬度計を差し込み、その平均値を図示した。



サブソイラによる耕盤破碎



深耕が可能なカッターブレーカー

図57 作業機による耕盤破碎 (農研機構九沖研、鹿児島農総セ)

☑作業機による踏み固めで耕盤が形成される。そのような圃場では降雨の地下浸透が悪いため、排水不良圃場では、サブソイラやカッターブレーカーなどを利用して耕盤を破碎し、地下浸透を促進する。

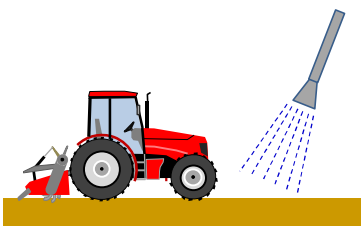
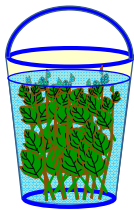



(2) 薬剤による防除体系




ここがポイント！

- この防除体系は、本圃の残渣対策と排水対策を実施していることが前提である。
- 前作に基腐病が発生した圃場では、土壌消毒(P.78～80)や土壌処理剤で防除した土壌に消毒した苗(P.52～55、68)を定植する。苗の活着後は、発病株除去と薬剤散布を行う。
- 発病株除去後の補植は、再発する可能性が高いため、実施しない。
- 茎葉散布による長期間の防除効果は期待できないため、生育後半まで防除が必要である。
- 基腐病の土壌汚染度が高い場合は、土壌からの一次伝染が長期間続くため、前作で中発生以上の圃場では品目変更を第一に考え、少発生圃場では残渣の持ち出しや土壌消毒など、土壌中の病原菌密度を低減させる対策に取り組むことが重要である。

① 畝立て前から収穫期までの防除体系

防除スケジュール

時期	畝立て前	定植時	定植3～4週目	定植5～6週目 ※茎葉が畝間を覆う前まで
原料用・青果用共通	 土壌全面散布後土壌混和 ①	 苗消毒 ②	 抜き取り+薬剤散布 ③	 抜き取り+薬剤散布 ④
青果用	 畝内土壌消毒 (クロルピクリン) 立枯病やセンチュウ類による防除対策として			

時期	定植6、7週～ (茎葉が畝間を覆う)	梅雨時期の豪雨など (畝間に滞水)	台風シーズン (畝間に滞水、茎葉に傷)
原料用・青果用共通	 発病株散見	 発病株増加と病気の拡大	 病勢進展
感染を助長する豪雨・台風などの前に予防散布 (予防散布できなかった場合は降雨後速やかに散布) ⑤			

① 畝立て前の土壌への処理(対象:過去に発生があった圃場)

防除のねらい: 畝内と畝間の土壌からの一次伝染を防ぐ。

薬剤名	使用量(倍率・散布量)		回数	備考
フロンサイドSC	400倍	200L/10a	1回	植付前全面土壌混和
フロンサイド粉剤		40Kg/10a		
フリントフロアブル25	10倍(無人航空機散布)	4L/10a	1回	植付前全面土壌混和
	125倍	50L/10a		
	250倍	100L/10a		

注)フリントフロアブル25を使用した場合、同一系統のアミスター20フロアブルの散布は、耐性菌発生リスクが高まるので行わないこと。

表25 基腐病に対する土壌処理剤の防除効果 (鹿児島農総セ)

薬剤名	処理方法 ¹⁾	株基部発病株率 ²⁾		畝間発病箇所数 ³⁾ (無処理を100)
		定植76日後	定植133日後	定植110日後
フロンサイドSC	400倍 200L/10a 植付前全面散布後土壌混和	2.2%	32.9%	65
フロンサイド粉剤	40kg/10a 植付前全面散布後土壌混和	3.2%	34.9%	65
フリントフロアブル25	250倍 100L/10a 植付前全面散布後土壌混和	1.0%	29.5%	37
無処理		7.3%	43.4%	100

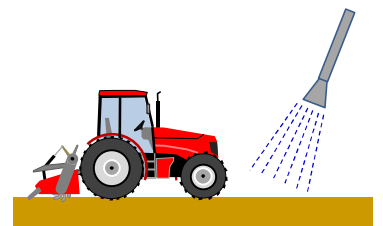
前年の中発生圃場(収穫時の発病株率20%)に苗消毒未実施の購入苗(品種「コガネセンガン」)を2020年5月21日に定植(畝間100cm、株間30cm)。

本試験での防除は、供試薬剤処理のみ。

1)各処理は、定植前日に行い、耕耘後に生分解性の黒色マルチで畝を成形した。

2)株基部発病調査:各区全株について、株基部が基腐病で変色した株を計数した。

3)畝間の発病調査:各区の畝間7.5m²(15m×0.5m)における茎の発病箇所を計数した。

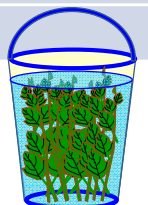


② 苗消毒(対象:全ての圃場、P.52~55参照)

防除のねらい: 苗の感染リスクを下げ、畝内土壌からの一次伝染を防ぐ。

薬剤名	使用量(倍率・散布量)		回数	備考
ベンレート水和剤	500~1000倍	30分間苗浸漬	1回	
ベンレートT水和剤20	200倍	30分間苗浸漬		
トリフミン水和剤	500倍	17時間苗基部浸漬	1回	

注)基腐病の発生が懸念される苗床から採取した苗は、ベンレート水和剤またはベンレートT水和剤20の薬液に苗全身を浸す。



③、④ 茎葉と畝間土壌への散布(対象:過去に発生があった圃場)

防除のねらい: 発病株からの二次伝染と畝間土壌からの一次伝染を防ぐ。

薬剤名	使用量(倍率・散布量)		回数	備考
フロンサイドSC	1000倍	100~300L/10a	2回	※散布方法について登録審査中(2023年3月現在)

注)薬液は茎葉だけでなく、畝間土壌にも十分量を散布する。薬剤散布と合わせて、異常株の抜き取りを行う。

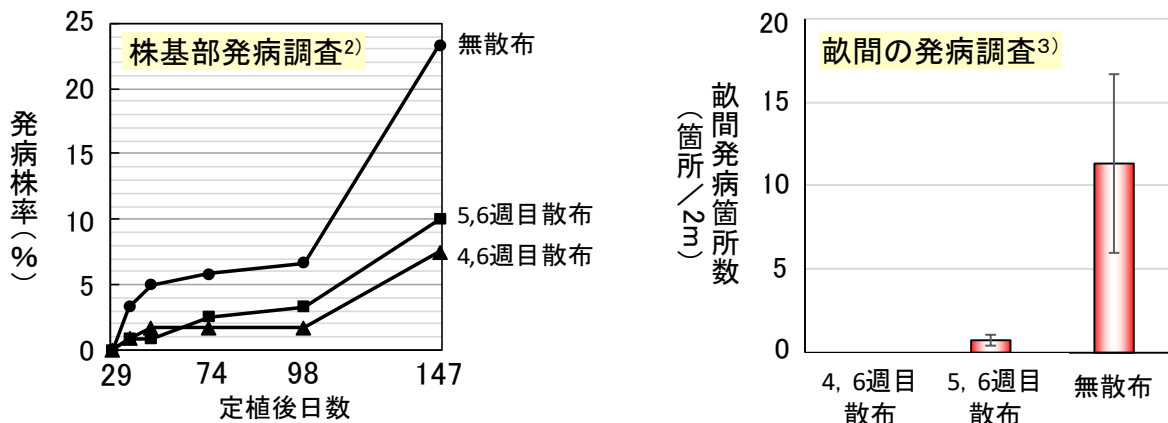


図58 フロンサイドSCの散布処理¹⁾による防除効果 (鹿児島農総セ)

前年の多発生圃場(収穫時の発病株率41%)にベンレート水和剤で消毒した健全苗(品種「コガネセンガン」)を2022年5月12日に定植(3反復)。

1) 散布処理: 定植4, 6週目と5, 6週目に散布する試験区を設け、いずれも1000倍液を茎葉と畝間土壌へ200L/10a散布した。

2) 株基部発病調査: 各区固定した40株について、定植29, 45, 53, 74, 98および147日後の6回実施した。

3) 畝間の発病調査: 各区の畝間0.8m²(2m×0.4m)における茎の発病箇所を定植98日後(8/18)に調査した。

⑤ 茎葉への散布(対象:基腐病発生地域の全ての圃場)

防除のねらい: 圃場内に取り残した発病株からの二次伝染と、周辺の発生圃場からの病原菌侵入による二次伝染を防ぐ。

薬剤名		使用量(倍率・散布量)		回数・使用時期	備考
銅剤	ジーファイン水和剤	1000倍	200~300L/10a	制限なし	
	Zボルドー	500倍	100~300L/10a		
アミスター20フロアブル		2000倍	100~300L/10a	3回・収穫14日前まで	無人航空機散布
		12~32倍	1.6L/10a		
トリフミン水和剤		2000~3000倍	100~300L/10a	2回・収穫前日まで	無人航空機散布
		16倍	0.8~1.6L/10a		

注1) 地上散布の場合、茎葉にしっかり付着するよう、かんしょの生育に合わせて十分量を散布。

注2) 無人航空機散布は、畝間に茎葉が繁茂して圃場に入りにくい場合に有効。

⚠ 茎葉散布の注意事項

- 畝立て前の土壌処理にフイントフロアブル25を使用した場合、**同一系統のアミスター20フロアブルは耐性菌発生のリスクが高まる**ので使用しない。
- アミスター20フロアブル、トリフミン水和剤および銅剤は、**連続使用せず、ローテーション散布**する。



②発病初期の発病株除去と薬剤散布

ここがポイント！

- 本圃に発病株を残しておくと発病部位に大量の胞子が形成され、降雨による圃場の湛水や跳ね上がりなどにより胞子が移動して周辺株へ感染し、まん延の原因となる。発病株は、早期に除去し、圃場外に持ち出して適切に処分する。
- 生育前期(茎葉が畝間を覆う前まで)は、発病株の除去と薬剤散布をセットで行う。



図59 発病初期株と病徴部位に形成された柄子殻からの胞子の漏出

☑圃場に発病株を残しておくと、大量の胞子が形成される。

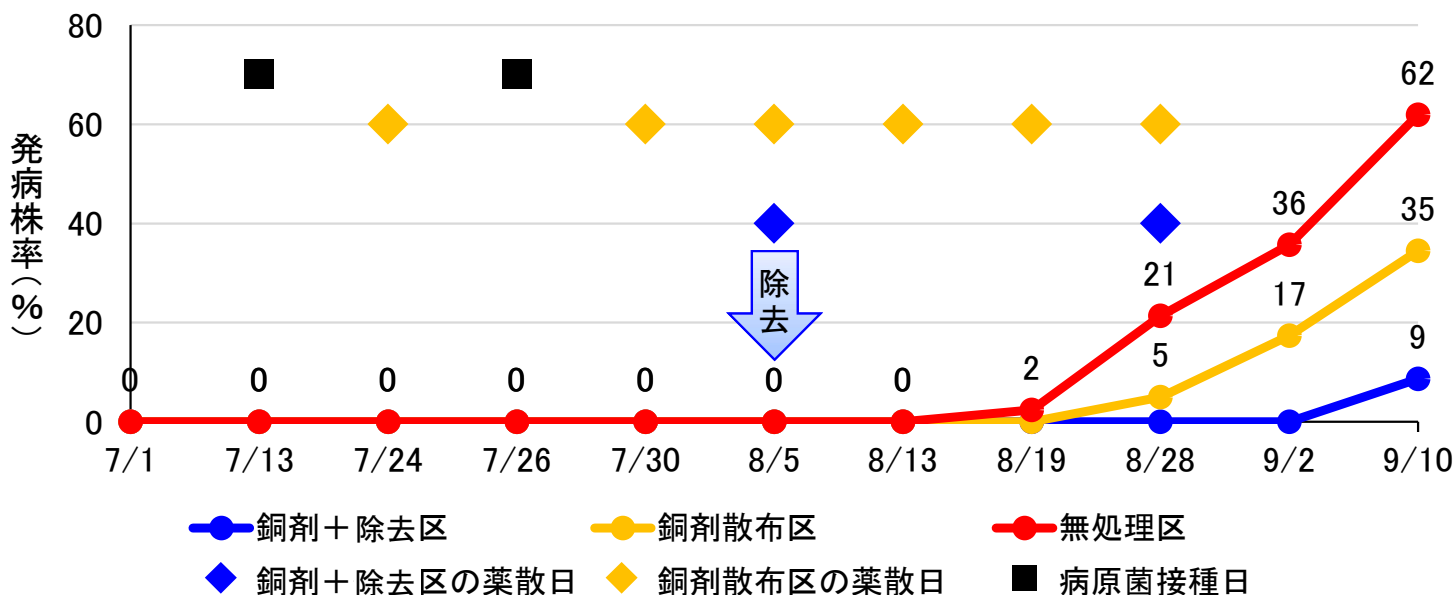


図60 発病株の除去と銅剤散布による二次伝染の防除効果 (宮崎総農試)

2019年7月1日に農試内健全圃場に健全苗(品種「高系14号」)を定植し(各区23株2反復)、7月13日と26日に各区内の2株に基腐病菌を接種して発病させ、二次伝染源とした。銅剤散布区は、接種株を除去せずに7月24日から約7日間隔で薬剤を散布した。銅剤+除去区は、接種株の発病が揃った8月5日に接種株を除去し、8月5日から23日間隔で2回薬剤を散布した。

☑発病株を除去すると、薬剤散布による基腐病の発病抑制効果が高くなる。

殺虫剤との混用による薬害の有無

殺虫剤	濃度(倍)
フェニックス顆粒水和剤	2000
エルサン乳剤	1000
ロムダンフロアブル	2000
トレボン乳剤	1000
ディアナSC	2500
ランネート45DF	1000

左記の殺虫剤については、Zボルドーおよびジーファイン水和剤と混用した場合も、薬害が発生しないことを確認した。

ただし、3剤以上の混用や、30℃以上の高温といった薬害の起きやすい条件下の散布は、原則として避けることが望ましい。

(宮崎総農試)

6. 塊根の被害防止対策

ここがポイント！

- 基腐病菌は、主に地際の茎の感染部位から、地下部の茎、諸梗へと進行し、時間の経過とともに塊根に侵入して腐敗症状を生ずる。
- 地上部の地際の茎の発病程度が大きいほど、地下部の被害程度も大きくなるため、早掘りをする事で、塊根の被害を軽減できる(ただし、収穫した塊根は、貯蔵中に発病する可能性がある)。

(1) 収穫時の株の地上部被害と塊根被害の関係

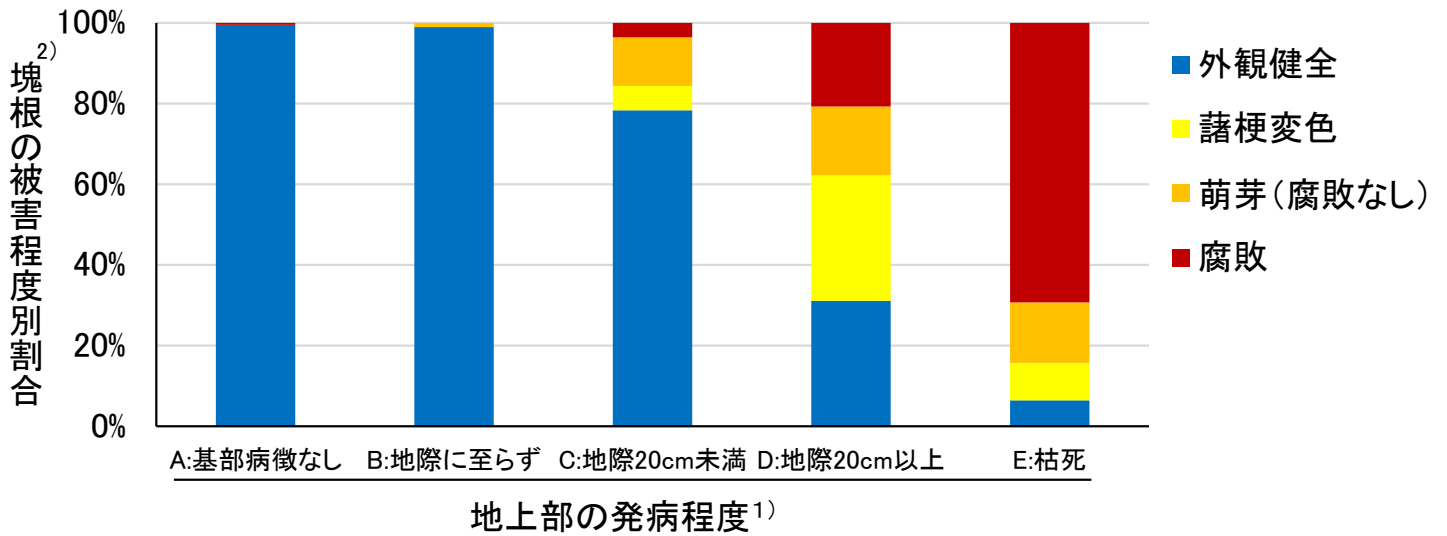
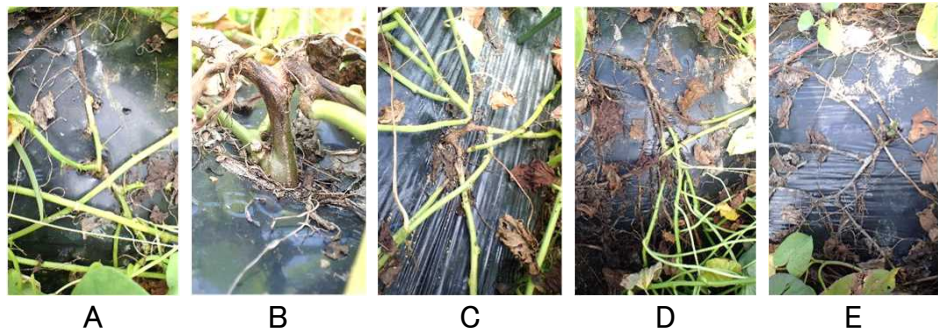


図61 収穫時の地上部発病程度と塊根の被害程度の関係 (宮崎総農試)

2019年4月下旬に農試内健全圃場に健全苗(品種「高系14号」)を定植し(35株3反復)、5月中旬から6月上旬にかけて一部の株に基腐病菌を接種して発病させ、二次伝染源とした。9月上旬(栽培期間約130日)に収穫し、地上部の発病程度別に塊根被害状況を調査した。

1) 地上部発病程度(右写真)

- A: 地際から5cm以内に病徴なし
- B: 地際から5cm以内に病徴はあるが、地際にはない
- C: 地際からの病徴が20cm未満
- D: 地際からの病徴が20cm以上
- E: 畝上全面枯死



2) 塊根被害程度(右写真)

- 1: 諸梗変色
- 2: 萌芽(腐敗なし)
- 3: 腐敗



☑地上部の地際の茎の発病程度が大きいほど、地下部の被害程度も大きい。

株基部の発病株率と腐敗塊根率の関係

収穫前の株基部が黒変する発病株率と腐敗塊根率は正の比例関係を示し、基部発病株率から腐敗塊根率を予測できる可能性がある。

腐敗塊根率や基部発病株率を予測することで、収穫時期や次作に向けた対策を選定できる可能性がある。

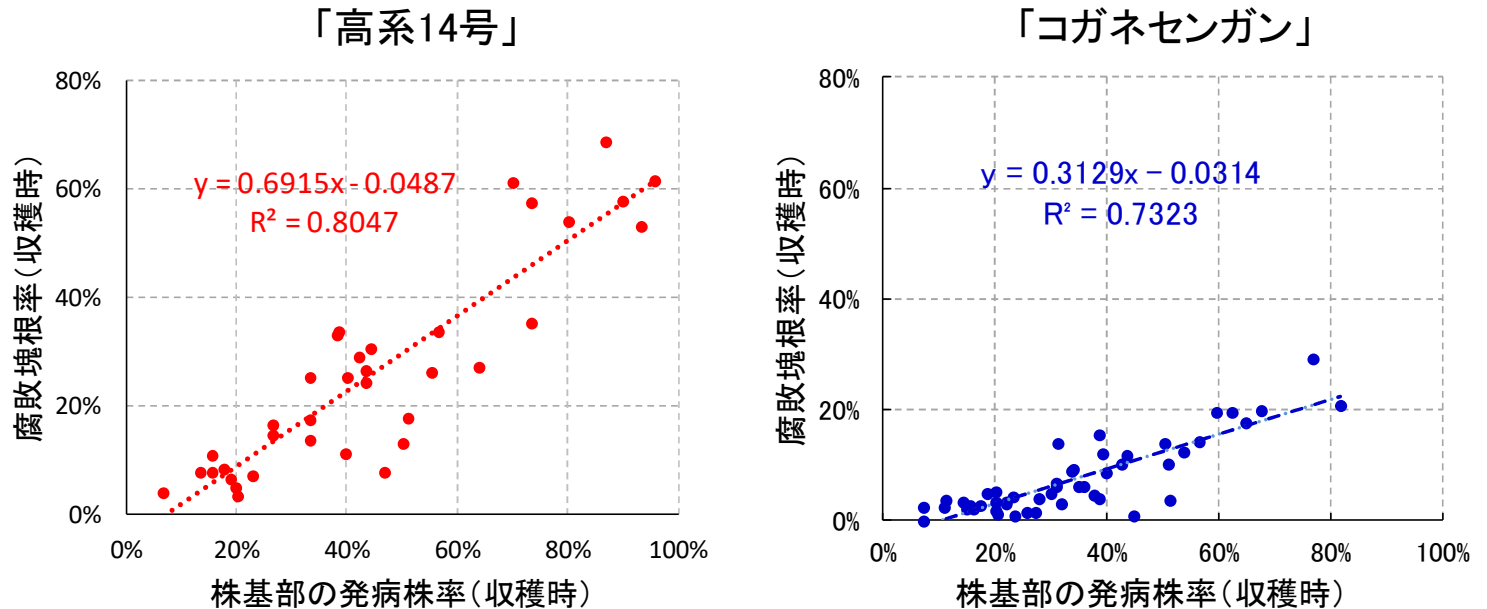


図62 収穫時の株基部の発病株¹⁾と腐敗塊根²⁾の発生割合

1) 株基部の発病株: 茎の地際部が基腐病により黒変した株。

2) 腐敗塊根: 基腐病による腐敗症状を示す塊根。

「高系14号(宮崎紅)」: 2020~2021年の36事例(定植から概ね130~140日目の調査)。

「コガネセンガン」: 2020~2021年の49事例(定植から概ね150日目の調査)。

☑「高系14号」、「コガネセンガン」ともに、株基部発病株率が10%に到達する前に収穫を開始すると腐敗塊根の発生が抑えられる。

(宮崎総農試、鹿児島農総セ)

7. 収穫後の残渣対策

(1) 収穫後の残渣による発病リスク

ここがポイント！

- 基腐病菌は、かんしょ残渣で越冬し、翌年の一次伝染源になるため、罹病残渣を圃場外に持ち出し、適切に処分する。
- 罹病残渣の分解が進むと次作の基腐病の発生は軽減すると考えられるので、持ち出しできない残渣は収穫後速やかに細断してすき込み、分解を促進する。
- 地温の低い12～3月は、分解者である土壌中の微生物の働きが少ないと考えられ、各種資材を投入したとしても残渣の分解はほとんど進まない。残渣分解には、地温(10cm深)が20℃以上必要である。また、適度な土壌水分も必要であることから、乾燥状態が続く時は灌水を行う。
- 前作で基腐病が多発し、塊根被害が目立った圃場では、かんしょ以外の植物を2年程度輪作または休耕する。

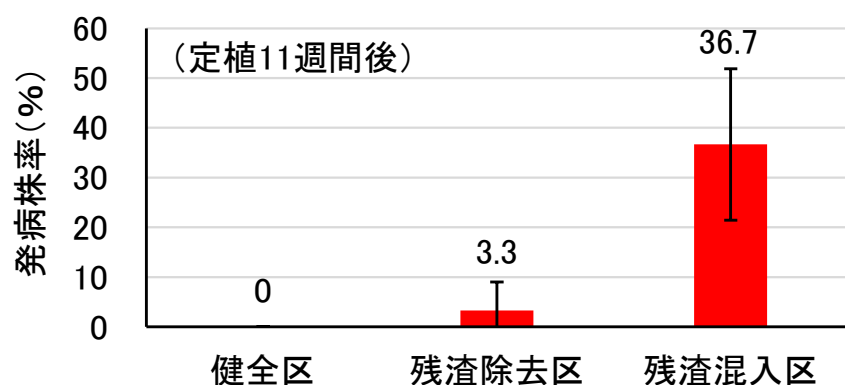


図63 残渣の有無による発病の違い (宮崎総農試)

残渣除去区: 市販培養土を詰めたプランター(650×225×180mm)に苗を定植し、基腐病菌を接種して発病させた後、植物体を全て除去した。
 残渣混入区: 市販培養土に罹病塊根および茎50g/プランターを混合した。
 各土壌をプランターに充填し、2週間後に健全苗(品種「高系14号」)を定植し(各区10株3反復)、11週間後に発病の有無を調査した。バーは標準偏差。

☑ 罹病残渣混和土壌に比べ、罹病残渣除去後2週間経過した土壌では発病が少ない。

表26 資材混和土壌における残渣の感染リスク (宮崎総農試)

資材	施用量 (kg/10a)	残渣の埋没深 (cm)	残渣の部位		
			茎(つる)	基部(諸梗など)	塊根
石灰窒素	50	15	—	+	+
	100	15	—	+	+
堆肥	2000	15	—	+	+
	5000	15	+	+	+
微生物資材B	45	15	+	+	+
無処理	—	15	—	+	+
	—	40	—	+	+

注) 2019年11月16日に、各資材を混和した圃場に基腐病罹病残渣(品種「高系14号」、茎は50～70g×5本、基部は50～80g×3本、塊根は厚み1cm、400g分)を埋設し、2020年5月12日に掘り上げて市販培養土に混和し(残渣量は25～30g/ポット)、健全苗(品種「高系14号」)を定植して発病の有無を調査した。+: 定植178日後まで観察し、1ポットでも発病があれば+とした。

- ☑ 低温期に埋設した罹病残渣は約6か月経過しても感染力を維持している。
- ☑ 地温の低い秋～春期に圃場に資材を投入しても、発病抑制効果は得られない。
- ☑ 茎(つる)は部位によって菌密度や分解性にばらつきがあり、資材とは関係なく発病の有無に差が生じた可能性がある。

(2) 発病リスクを軽減する残渣処理方法

ここがポイント！

- 収穫後の屑イモ、諸梗・株基部、茎葉の細断(すき込み)は、屑イモ、諸梗・株基部の持ち出しと同等の防除効果が得られる。
- 収穫後の屑イモや諸梗・株基部は、圃場に放置すると乾燥し固くなるため、残渣の細断やすき込みは、十分に水分を含んでいる収穫直後に速やかに行うことが重要。
- 11月下旬から2月にかけての低温期に残渣をすき込んでも防除効果は期待できない。

残さ処理方法	屑イモ・諸梗・株基部	茎葉
①残渣すき込み(慣行)	そのまますき込み	そのまますき込み
②残渣細断 	細断後すき込み	細断後すき込み
③屑イモ・諸梗・株基部持ち出し	圃場外へ持ち出し	そのまますき込み

収穫直後にフレールモアタイプの茎葉処理機で屑イモ、諸梗、茎葉を細断

注)2019年11月上旬に、基腐病少～中発生圃場(収穫時の平均発病株が8%程度、発病が集中する場所では枯死株が30%程度発生)において、収穫後10日以内に残渣を処理し、トラクター耕耘ですき込んだ。

表27 残渣処理方法による基腐病発病抑制効果の比較 (鹿児島農総セ)

処理方法	一次伝染による 株基部発病株率 (200株調査) 8月12日	二次伝染による 茎の発病箇所数 (箇所/畝間2㎡) 9月16日	収穫前の 株基部発病株率 (200株調査) 10月7日	発病塊根率 (40株調査) 10月7日
①残渣すき込み (慣行)	10.5%	31.0	35.0%	6.09%
②残渣細断	2.5% **	17.5 *	20.0% **	1.75% **
③屑イモ・諸梗・ 株基部持ち出し	5.5%	28.0	20.5% **	1.37% **

注)前年残渣処理をした圃場に、購入苗(品種「コガネセンガン」)をベンレート水和剤500倍液に30分間基部浸漬後、2020年5月14日に定植した。表中の*印はFisher正確検定で、残渣すき込み(慣行)区に対して有意差があることを示す(Holmの方法で補正)。** : $p < 0.01$ 、* : $p < 0.05$ 。

☑残渣をすき込む前に、屑イモ・諸梗・株基部の持ち出しや細断処理を加えることで、速やかに分解が進み、次作の基腐病の発生が抑制され、発病塊根を減少させる効果がある。

(3) 天地返しによる収穫後残渣対策

ここがポイント！

- 地表に近い位置に存在する罹病残渣は、地中の深い位置に存在する罹病残渣よりも基腐病の感染源としてのリスクが高い。
- 基腐病発生圃場の収穫残渣は、耕土層に存在するものを丁寧に取り除くことにより、土壌伝染のリスク軽減が期待できる。
- 数年に一度、病原菌密度が高まったときに耕土層(地表から20cm程度)と心土層(40～70cm)を入れ替える天地返しを丁寧に行うことにより、基腐病菌感染のリスクとなる残渣量を減らし、発病を軽減できると考えられる。

① 罹病残渣の地中位置と感染源リスク

表28 罹病残渣の地中位置と感染源リスク調査(ポット試験) (沖縄農セ)



残罹病渣位置		ポット	供試株数	発病株数	発病率(%)
 地表	1	5	5	100	
	2	5	5	100	
	3	5	5	100	
	合計	15	15	100	
 中間 13cm	1	5	1	20	
	2	5	3	60	
	3	5	0	0	
	合計	15	4	26.7	
 底 25cm	1	5	0	0	
	2	5	0	0	
	3	5	0	0	
	合計	15	0	0	

注) 2000分の1aワグネルポットに市販培養土(与作N150)を詰め、包丁で切断した罹病塊根(品種「べにはるか」、人工接種)を各位置に100gずつ設置した。品種「ちゅら恋紅」を植え付け、約6か月後に発病を調査した。

☑ 罹病残渣が地表に存在すると、供試したすべての株が発病し、中間(地表より13cm)の位置では、約30%の株が発病した。しかし、底(地表より25cm)の位置では、調査期間中(約6か月)に発病は認められなかった。

② 収穫後残渣の土壌垂直分布と状態

深さ	生きた塊根片数	腐敗塊根片数
0-20cm	25個(萌芽)	0個
21-40cm	0個	15個
41-60cm	1個	6個

表29 収穫後残渣塊根片数調査(沖縄農セ)

注) かんしょ収穫後の圃場において、1m四方を深さ20cmずつ掘り、各土層のかんしょ片数を調査した。ただし、著しく腐敗した塊根は回収できないので調査していない。

- ☑ 41～60cmの土層にも残渣塊根が存在したが、0～20cmに比べその数は少なく、また腐敗も進んでいるため、基腐病の感染源としてのリスクは低いと考えられる。
- ☑ 野良イモは、地表から20cmの土層に分布する生きた残渣塊根片より発生しており、天地返しを行うことで野良イモの発生も抑制できる。

③天地返しによる基腐病の発生抑制

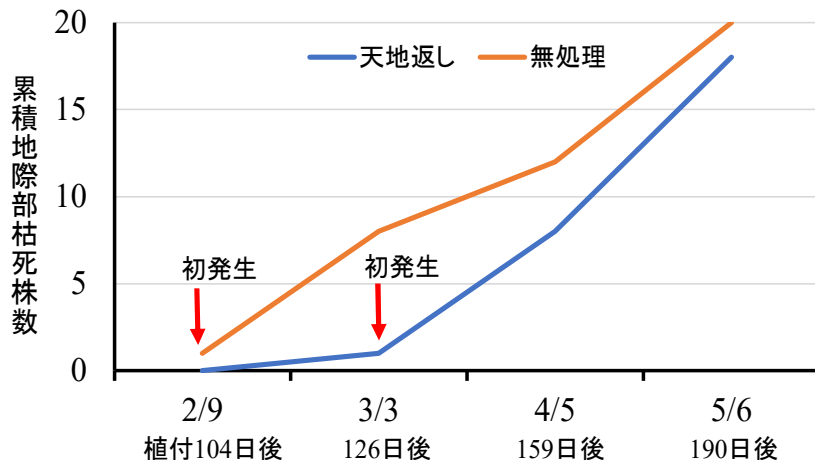
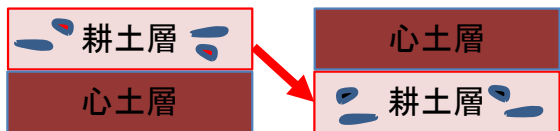


図64 天地返し(70cm)による基腐病防除効果 (沖縄農セ)

2020年10月28日に品種「ちゅら恋紅」を定植し(秋植え)、2021年5月6日(190日後)に収穫、調査した(各試験区:60m²、150株)。矢印は、各試験区で基腐病の初発生が確認された日を示す。

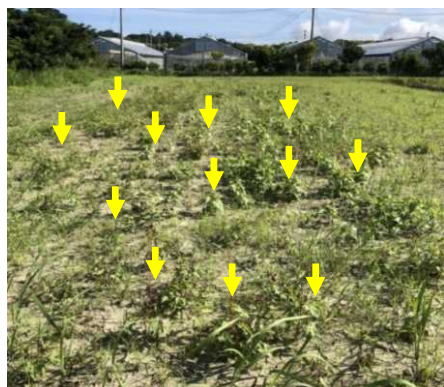


- ☑ 天地返しにより基腐病の初発遅延効果(約1か月)が認められた。
- ☑ 天地返し区では、隣接した無処理区からの二次伝染(風雨による病原菌の飛び込み)によりその後の発病が増加した可能性が考えられる。

トピック

基腐病発生圃場における野良イモの感染源リスク

周年を通して温暖な気候の地域では、圃場に残った屑イモなどから再萌芽し、野良イモが生育することで、長期にわたって基腐病の発生源となっている可能性が考えられる。



野良イモが発生している圃場(沖縄県、6月下旬)。矢印は野良イモを示す。



前作のかんしょに基腐病が多発したため、輪作品目としてさとうきびを植え付けたが、多数の野良イモが発生している圃場。

表30 基腐病発生圃場のかんしょ収穫後に発生した野良イモから採集した苗における基腐病の発生

調査本数	発病本数	発病率 (%)
120	12	10

- ☑ 前作で基腐病が発生した圃場に発生する野良イモから苗を採集して定植したところ、10%の苗が発病した。
- ☑ 基腐病対策として輪作や休耕を行っても、野良イモが発生していると長期にわたって病原菌が生き残り、かんしょ栽培時に基腐病が発生する可能性がある。

(沖縄農セ)

(4) 本圃における適切な土壌消毒方法

ここがポイント！

- 前作で基腐病が発生し、土壌が甚汚染状態にある圃場では、土壌消毒の効果は低いため、かんしょ以外への品目変更を第一に考える。
- 土壌消毒では、イモの内部に生存している病原菌は死滅しない可能性があることから、土壌消毒を行う前に罹病残渣を圃場外に持ち出し、持ち出しできない残渣は、耕耘して十分に細断し、病原菌が薬剤に暴露されるようにする。
- 2023年3月現在、基腐病に登録のある土壌消毒剤はバスアミド微粒剤、ガスタード微粒剤(被覆期間の目安:地温15°C 14~20日、20°C 10~14日、25°C以上 7~10日)およびキルパーがあるので、使用基準を遵守してくん蒸処理を行う。
- 消毒時は土壌中でのガスの拡散を促すため、適正な土壌水分(土壌を握りしめ、放したら数個に割れる程度)を確保する。
- 土壌消毒時は、ガスの揮散を防止し、地表面の病原菌の殺菌など、土壌消毒効果を向上させるため、必ずビニールなどで被覆する。

①くん蒸剤の効果

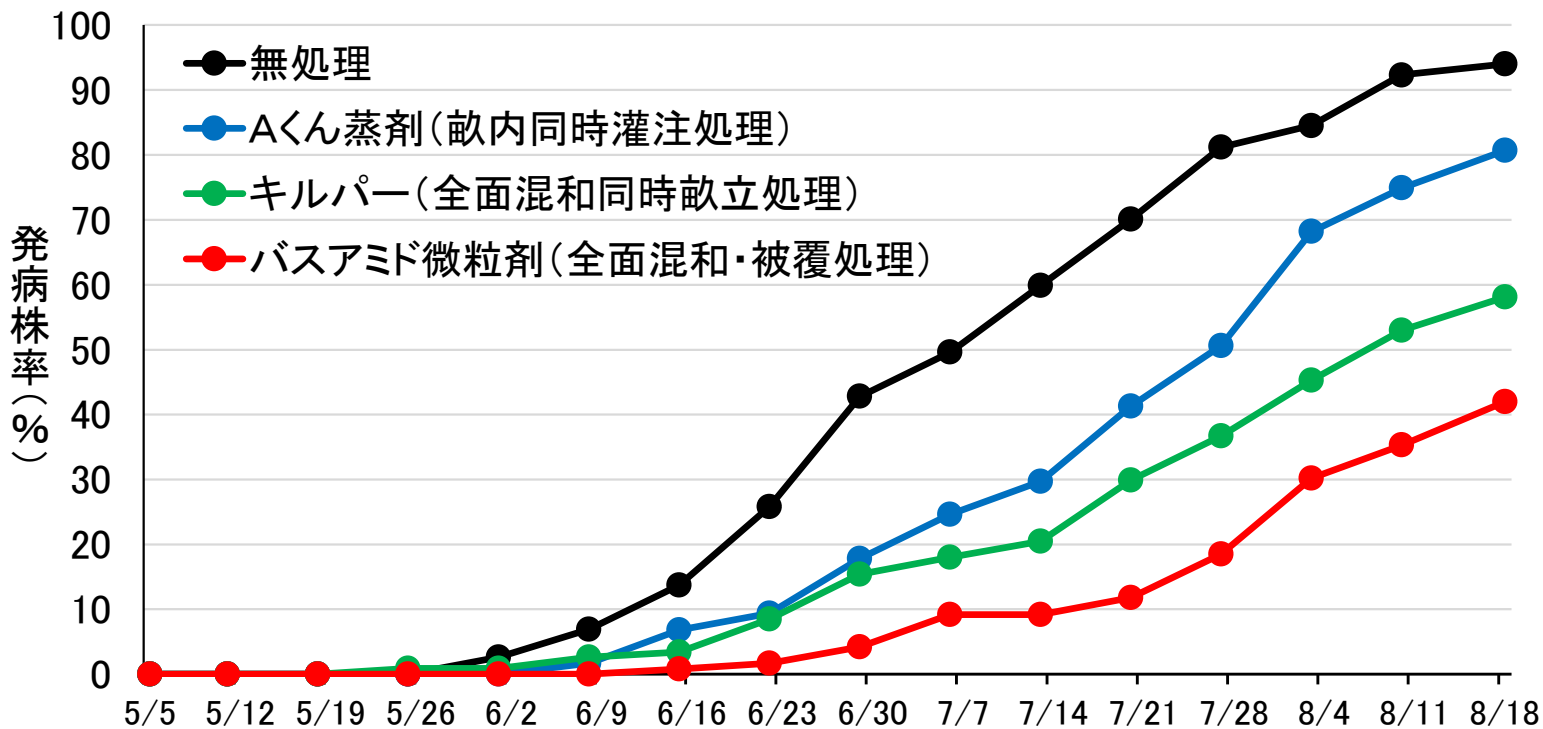


図65 基腐病甚汚染圃場における土壌消毒効果 (宮崎総農試)

2019年12月と2020年3月に現地の腐敗塊根を約2.6%(w/w)土壌に混和した農試内汚染圃場において、4月6日に各薬剤を処理し、4月27日に健全苗(品種「高系14号」)を定植した(各区40株3反復)。

Aくん蒸剤区: 畝立て・マルチ(0.02mm、黒)と同時に3ml/穴(30×30cm毎)の畝内灌注処理を行った。

キルパー区: 畝立て機に専用のアタッチメントを装着し、60L/10aを全面散布・混和処理と同時に畝立て・マルチ被覆(0.02mm、黒)を行った。

バスアミド微粒剤区: 30kg/10aを全面散布後にトラクターで混和し、0.1mm厚の農業用ビニールフィルムで全面被覆した。処理2週間後に耕耘してガス抜きを行い、その後畝立、マルチ被覆(0.02mm、黒)を行った。

☑土壌の汚染程度が高い圃場では、土壌消毒の効果が高い。

②Aくん蒸剤のマルチ畝内処理における畝間土壌からの感染

ここがポイント！

- 畝内の土壌消毒を行っても、未消毒の畝間の土壌から感染が生じる。
- 牧草マルチで、畝間の感染をある程度軽減できるが、圃場全面を対象に殺菌効果のある土壌消毒剤を用いて、適切に消毒することが望ましいと考えられる。

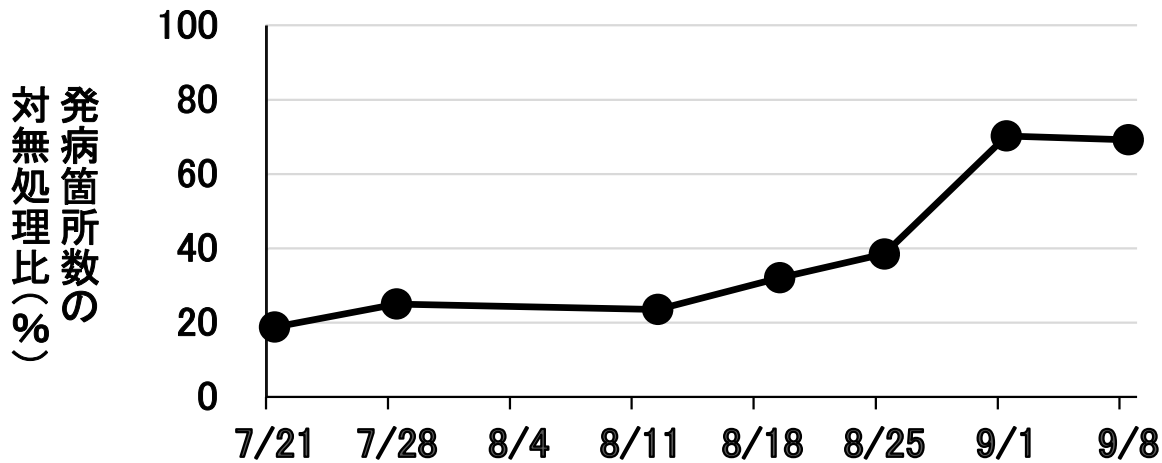


図66 Aくん蒸剤畝内消毒圃場における畝間牧草マルチ被覆が畝間の発病に及ぼす影響（鹿児島農総セ）

基腐病甚発生圃場（前年収穫時の発病株率が100%）において、2021年4月5日にAくん蒸剤を畝立て・マルチ（0.02mm、黒）と同時に3ml/穴（30×30cm毎）の畝内灌注処理を行い、5月4日に品種「コガネセンガン」を定植した。畝間牧草マルチ区は、5月14日に、畝間にらくらくムギ（雪印種苗）を29g/m²播種した。各区20株3畝を調査。



※7月中旬には牧草が枯死

図67 畝間の牧草マルチと畝間での発病の様子（鹿児島農総セ）

- ☑ 畝間を牧草でマルチした場合、畝間の茎の発病は8月中旬まで無処理区の2割程度に抑えられたが、8月下旬より急増し、無処理区の7割程度となった。一方、株元の発病は、7月下旬で無処理区の6割程度、8月下旬には7割程度となった(データ省略)。
- ☑ Aくん蒸剤による畝内消毒をした圃場で畝間の牧草マルチを行うと、畝間土壌からの感染は軽減されるが、8月下旬には、発病部位からの孢子拡散による感染・発病が拡大し、無処理区と大差が無くなったものと考えられる。

③ バスアミド微粒剤処理における被覆の必要性

ここがポイント！

● バスアミド微粒剤を土壌に混和した後は、ビニールで被覆することで、鎮圧よりも初発の時期を遅らせ防除効果が高めることができる。

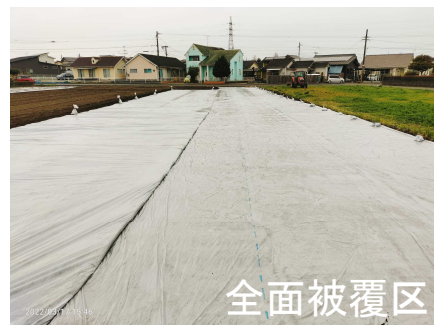
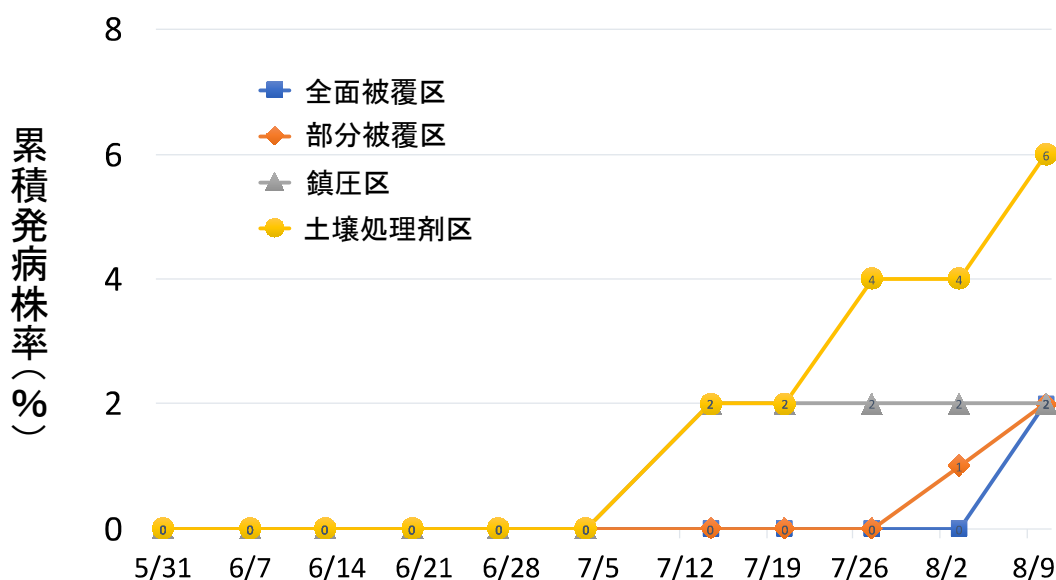


図68 バスアミド微粒剤の土壌混和処理時の被覆の有無とその効果 (宮崎総農試)

試験圃場の前年度発病株率20% (2021年10月1日収穫時)。

バスアミド処理: 2022年2月25日に30kg/10a、トラクターにサンソーを装着し散布・混和(処理期間は2月25日~5月9日)。

全面被覆区: バリアスター(難透過性フィルム)にて手作業で全面被覆。

部分被覆区: 前述のトラクタに後付平畝マルチ(STA=HM102)を装着し一連の処理で被覆。轍部分が無被覆。

鎮圧区: 牽引ローラーで鎮圧。

土壌処理剤区: フロンサイドSCを畝立て時(5月18日)に混和処理。

その他の耕種概要: 品種「コガネセンガン」、株間20~25cm、畝幅110cm、定植: 5月24日。

調査: 定植後1週間間隔で基腐病の発生状況を調査。発病株は除去。

- ☑ 鎮圧のみのバスアミド微粒剤処理は、被覆した場合よりも効果が劣る。
- ☑ 被覆の効果は、轍が未被覆となる部分被覆よりも全面被覆の方が高い。

キルパー処理による基腐病防除効果

ガスくん蒸消毒だけでは、イモの内部に感染している病原菌は死滅しない可能性があることから、栽培終了後や作付け準備前に、キルパーを圃場全面に散布、混和後、被覆または鎮圧処理すると、基腐病の発病を抑制する効果が見られる。

表31 キルパー処理による基腐病罹病残渣の不活化

試験番号	処理量 (量・方法)	処理時期	処理期間	基腐病の発病 (発病ポット数 /試験ポット数)	試験場所
1	60L/10a 混和後被覆	収穫後 (秋～冬季)	2020/11/4 ～2021/2/3 (91日間)	0/20	南さつま市 (鹿児島農セ)
	無処理(月1耕耘)			3/20	
2	60L/10a 混和後被覆	収穫後 (冬季)	2020/12/4～12/18 (14日間)	0/3	宮崎市 (宮崎総農試)
	60L/10a 混和後鎮圧			0/3	
	無処理			2/3	
3	60L/10a 混和後鎮圧	作付け前 (冬季)	2021/2/22～3/8 (14日間)	0/3	串間市A (宮崎総農試)
	40L/10a 混和後鎮圧			2/3	
	無処理			—	
4	60L/10a 混和後鎮圧	作付け前 (冬季)	2021/2/22～3/8 (14日間)	0/3	串間市B (宮崎総農試)
	40L/10a 混和後鎮圧			2/3	
	無処理			3/3	
5	60L/10a 混和後鎮圧	作付け前 (冬季)	2021/2/17～3/4 (15日間)	0/3	串間市C (宮崎総農試)
	40L/10a 混和後鎮圧			2/3	
	無処理			3/3	

試験1) 収穫時発病株率約32%の圃場において、圃場に残ったかんしょの茎葉・塊根をすべてすき込み、19日後にキルパーを全面散布後、全面被覆した。無処理区は毎月1回耕耘。91日後に各区4地点から採取した土壌をそれぞれ5ポット(直径18cm、深さ18cm)に詰め、健全苗(品種「コガネセンガン」)をポットあたり5株移植して82日後に発病の有無を調査した。

試験2～5) キルパー処理直後および無処理の圃場に、基腐病菌を接種し腐敗させた塊根スライス(厚さ5cm)を地下15cmの位置に埋設し、全面被覆または鎮圧した。約2週間後に各塊根スライスを掘り上げて回収したのち、5mm角に刻んで購入培土に混和して直径9cmポットに詰め、健全苗(品種「高系14号」)を移植して80日後に発病の有無を調査した。試験区あたり3ポット、ポットあたり2株移植。

☑栽培終了後、作付け前にキルパー 60L/10aを散布後土壌混和し、被覆または鎮圧することで、基腐病の発病リスクを低減できる。

(宮崎総農試、鹿児島農総セ)

土壌消毒と堆肥施用の組み合わせによる基腐病防除効果

土壌消毒は、土壌中の基腐病菌量を減らす効果が期待できるが、同時にその他の土壌微生物量も減り、土壌の静菌作用が低下することが懸念される。そのため、土壌消毒後に堆肥施用を行い、土壌微生物の活性化を促すことによる基腐病防除効果を検証した(防除効果と土壌微生物相との関係について研究中)。



スプリンクラーによる散水



ビニールによる全面被覆

図69 土壌消毒の様子

バスアミド微粒剤を散布後、ロータリーをかけて混和し、適切な土壌水分にするためにスプリンクラーで散水した。その後、ビニール(ハウス用、厚さ0.1mm)で全面を被覆し、10日後にビニールを剥がして堆肥を施用。その後、畝立て・マルチ被覆を行った。

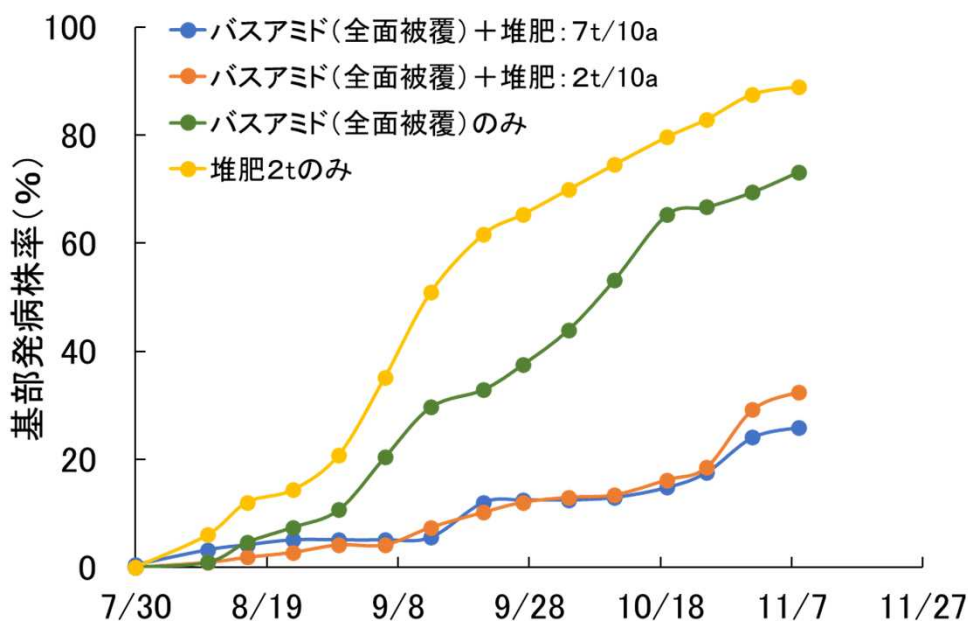


図70 土壌消毒および堆肥施用試験区における基腐病発病株率の推移

堆肥:市販されている完熟牛糞堆肥を施用した。堆肥7t/10aは、堆肥連用圃場を模したもので、通常は施用しない量である。

定植:2021年5月17日に各試験区に品種「コガネセンガン」(茎頂培養苗)216株を定植した。

汚染土壌由来の一次伝染を抑制する効果を調査するため、発病株は抜き取り、孢子拡散による二次伝染が生じにくい状況で試験を行った。

☑土壌消毒のみ、堆肥施用のみの試験区と比較して、土壌消毒後に堆肥を施用した試験区では、基部発病株率が減少した。

(農研機構九冲研)

甚発生圃場における 易分解性有機物施用による基腐病防除効果



‘20.11.13 焼酎廃液施用

‘21.3.10 エンバクすき込み

図71 有機物施用試験の状況(普通畑)

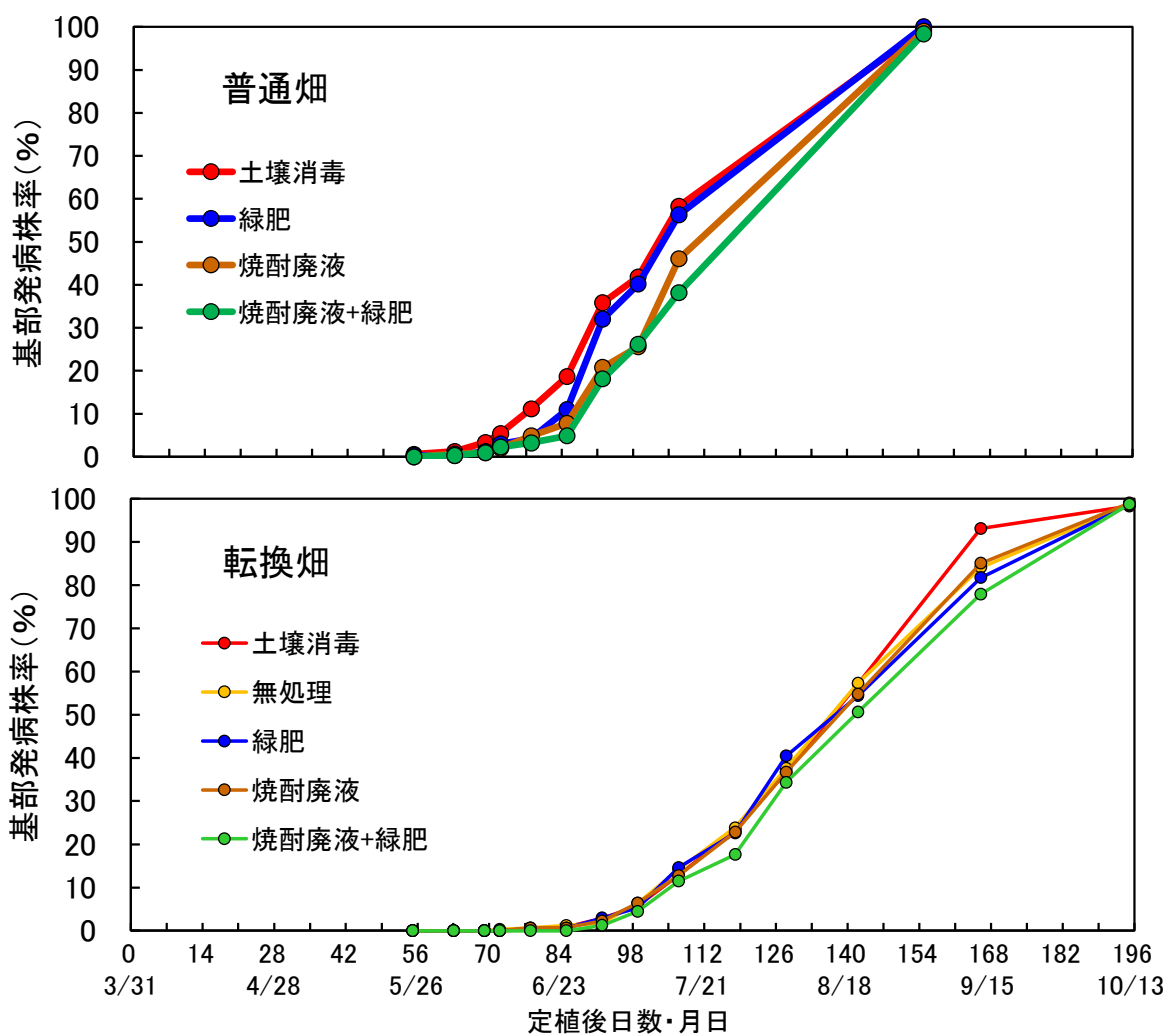


図72 基腐病甚発生地域における有機物施用試験圃場の基腐病発病株率の推移

焼酎廃液: 2020年11月13日に約6t/10aを施用した。緑肥: 2020年12月4日にエンバク(品種「スナイパー」)を10kg/10a散播した。土壤消毒: 2021年3月10日にバスアミド微粒剤30kg/10aを全面散布後耕うん、鎮圧(被覆なし)した。各試験区: 63m²、180株、2反復。定植日: 2021年3月31日に品種「コガネセンガン」を定植した。地上部基部の黒変を基腐病発生の判断基準とした。発生確認後、基腐病発病株の基部・蔕梗・塊根は抜き取った。

☑焼酎廃液施用と緑肥すき込みの組み合わせで発病株急増の時期は遅れたが、慣行(土壤消毒)と比較して、1~2週の遅れに過ぎない。

(農研機構九冲研)

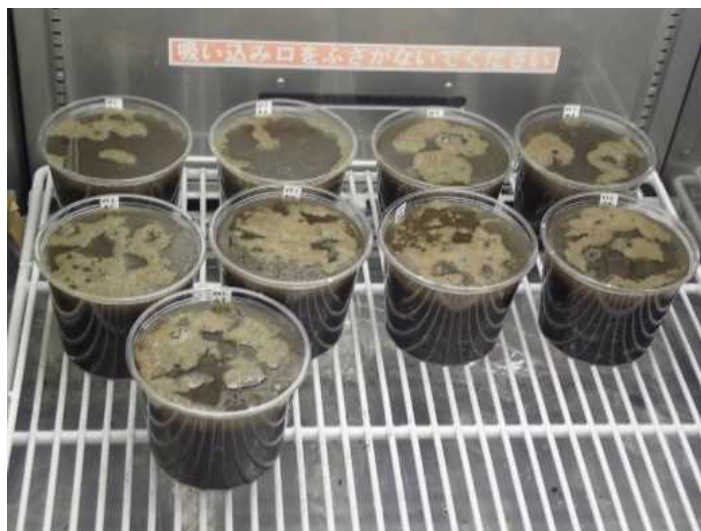
湛水処理による基腐病抑制効果

基腐病は、近年、台湾、中国などといった日本の近隣諸国で発生が報告されている。台湾では、①健全種苗の確保、②罹病残渣の持ち出し、③殺菌剤の使用と併せて、④水田との輪作または収穫後の湛水処理が取り組まれている。そこで、土壤健全化対策のひとつとして、湛水処理による基腐病発病抑制効果を検証した。

表32 湛水処理の基腐病に対する防除効果(ポット試験)

処理温度	湛水	処 理 期 間		
		1 4 日 間	2 8 日 間	4 9 日 間
1 5 °C	あり	3 / 3	2 / 3	0 / 3
	なし	3 / 3	3 / 3	3 / 3
2 5 °C	あり	—	0 / 3	0 / 3
	なし	—	3 / 3	1 / 3

注) 数値は、発病ポット数/供試ポット数。



試験には透明プラケース(直径12cm×高さ9.8cm)を用い、農試内の圃場土を高さ約7cmまで充填して罹病塊根片(50~60g)を1個/ポット埋設したのち、灌漑水を地表から1.5~2cmの高さまで注ぎ、湛水区とした。対象区には加水せずに、それぞれ所定温度のインキュベータ内で保存(12時間日長)した。

所定日数経過後に塊根片を取り出し、購入培土を充填したポット(直径9cm)に20g/ポットを混和して、健全苗(品種「高系14号」)を植え、ハウス内で管理した。14日間湛水区は定植33日後、他区は定植123~125日後まで発病の有無を調査した。

☑基腐病の罹病残渣に対して湛水処理を行うと、25°Cでは4週間、15°Cでは7週間で、病原性の低下が確認された。

(宮崎総農試)

甚発生圃場における収穫後の湛水による基腐病防除効果

①収穫後の圃場への湛水



基腐病防除のために台湾では圃場湛水(気温18℃以上と推察、14日間)が行われ、その防除効果が認められている。南九州においても同様の効果が期待できるのか、0、14、28、54日と湛水期間を変え、2021年度に普通畑(11月7日湛水開始)と転換畑(11月21日湛水開始)の2圃場で、2022年度に普通畑①(11月1日湛水開始)、普通畑②(11月18日湛水開始)の2圃場、合わせて4圃場で実証圃場を作製し、湛水による防除効果を検証した。

図73 転換畑と普通畑における湛水の様子

【湛水期間中の平均地温】

・2021年度 転換畑	14日湛水:18.5℃	28日湛水:16.9℃	56日湛水:13.9℃
・2021年度 普通畑	14日湛水:18.6℃	28日湛水:17.0℃	56日湛水:12.7℃
・2022年度 普通畑①	14日湛水:20.2℃	28日湛水:19.3℃	56日湛水:17.2℃
・2022年度 普通畑②	14日湛水:16.3℃	28日湛水:15.5℃	56日湛水:13.7℃

☑代かきを行うことで、減水深(一日あたりの必要量)の平均は転換畑で15mm/日、普通畑で35mm/日となった。代かきを行うことで、普通畑でも極端に大きな減水深とならず、湛水が可能であることが分かった。

②湛水防除による発病抑制効果

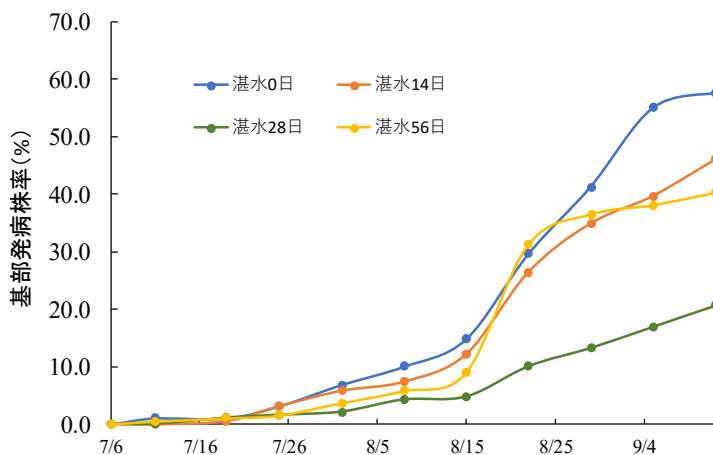


図74 2022年普通畑②の発病率の推移

前作の病イモは除去した。二次伝染を防ぐために、発病株は抜き取り、排水対策に十分に配慮した圃場を作製した。品種「コガネセンガン」を2022年4月20日に定植して、週に一度、発病調査を行った。

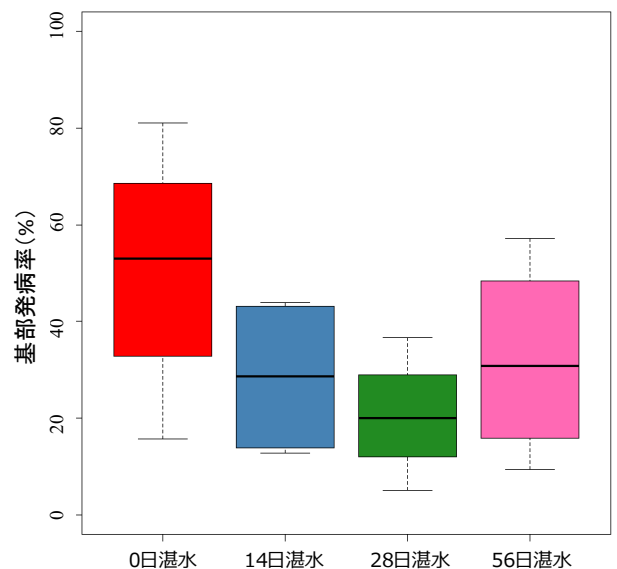


図75 湛水期間と発病率(2021、2022年の4圃場)

2021、2022年の2ヶ年(4試験圃場)の結果である。0日湛水(湛水なし)と比較して、14日湛水は1%水準、28日湛水は0.1%水準、56日湛水は5%水準で有意差あり。

※28日湛水が最も防除効果が高くなった理由として基腐病菌と基腐病菌に拮抗する微生物の菌量のバランスの変化が影響している可能性が推察される。現在、このメカニズムについては、ポット試験により検証中である。

☑28日湛水が最も防除効果が高くなった。0日湛水(湛水なし)の基部発病株率が50%に達した時点で28日湛水と比較すると、いずれの圃場においても基部発病株率を半分以下に抑えることができた(データ省略)。ただし、甚発生圃場で残渣が多い場合、湛水だけの防除は難しく、残渣処理を合わせて行うことが必要である。

(農研機構九沖研)

基腐病対策索引

対 策	関連ページ
「持ち込まない対策」	
1 種イモ生産専用圃場の設置	25
2 定期的な種苗の更新	25
3 履歴の確かな種苗の確保	25
4 種イモの選別・消毒	42～51
5 苗床の土壌消毒	42、56～60
6 苗床での異常株の抜き取り・薬剤散布(銅剤のみ)	52
7 定植苗の適切な消毒	52～55
8 苗床の残渣処理	42
9 長靴・農機具のこまめな洗浄	40
「増やさない対策」	
1 計画的な輪作	26
2 品目変更・休耕・交換耕作	26、39
3 病気に強い品種の活用	27～34、38
4 早植え・早掘り(作型の変更)	26、72～73
5 排水対策	26、61～66
6 定期巡回による初期発病株の抜き取り	70
7 薬剤散布	67～71
8 株基部の発病を目安とした収穫の前倒し	72～73
「残さない対策」	
1 収穫後残渣の持ち出し	74～75
2 収穫後すぐの耕耘などによる残渣分解促進	74～75
3 天地返し	76～77
4 本圃の適切な土壌消毒	78～80

●免責事項

本マニュアルへの情報の掲載には注意をはらっておりますが、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、理由の如何にかかわらず一切責任を負いません。

●禁無断転載

本マニュアルの著作権は、「産地崩壊の危機を回避するためのかんしょ病害防除技術の開発コンソーシアム」および「戦略的スマ農(SA2-102N)かんしょ基腐病コンソーシアム」にあります。記載した情報の無断転用、ホームページ等への掲載を禁止します。

本マニュアルは、以下のURLからダウンロードできます。

https://www.naro.go.jp/publicity_report/publication/pamphlet/tech-pamph/158250.html



QRコード

(本マニュアルに関するお問い合わせ先)



農研機構 植物防疫研究部門 研究推進部 研究推進室

〒305-8666 茨城県つくば市観音台2-1-18

TEL: 029-838-6873

E-mail : IPP-koho@naro.affrc.go.jp

HP: <https://www.naro.go.jp/laboratory/nipp/index.html>