

## 鹿児島県におけるサツマイモ基腐病の発生生態と伝染に関する研究

西八東・西岡一也\*・本田傑・中西善裕\*・福元智博・福田健・上室剛

### 要 約

鹿児島県で2018年に確認されたサツマイモ基腐病について、防除対策確立を目的に発生様相、伝染様式および病原菌の生態を解析した。現地調査により、基腐病の早期診断に有効な病徴を明らかにし、罹病種イモ由来苗では外観健全部位からも病原菌が検出されることを示した。また、ベンズイミダゾール系薬剤による苗消毒は苗伝染を抑制し、汚染土壌からの感染も約1か月抑制した。多発圃場の休耕試験では、罹病残さ中では長期間病原菌が検出されたが、耕起後10か月以上経過した土壌では未検出となり、罹病残さが主要な土壌伝染源であること、土壌伝染抑制には2年以上の休耕または輪作が必要と考えられた。さらに、連作圃場の雨水中の病原菌調査から、栽培初期は微細な残さや残さ由来の胞子が、栽培中・後期は新病斑由来の胞子が感染や二次伝染に関与することが示唆された。そのため、防除には植付前の残さ処理等による病原菌密度低減、初期からの予防的な薬剤防除による二次伝染防止が重要であることが明らかとなった。

本稿は、鹿児島県における基腐病の発生様相と伝染環を解明し、発生圃場の休耕期間中の残さ・土壌および連作圃場の雨水中における基腐病菌量の推移を定量的に示した初の報告である。

キーワード： 雨水伝染，種苗伝染，定量PCR，*Diaporthe destruens*，土壌伝染

### 緒 言

サツマイモ基腐病（以下、基腐病と略す）は、2018年に沖縄県、鹿児島県で確認され、2019年に宮崎県で、それ以降も相次いで全国各地で発生が報告されている。基腐病<sup>12), 22), 24), 32)</sup>は *Diaporthe destruens* (Harter) Hirooka, Minoshima & Rossman (synonym ; *Plenodomus destruens* Harter, *Phomopsis destruens* (Harter) Boerema, Loer. & Hamers) で引き起こされる病害<sup>7), 18), 21)</sup>で、1912年にアメリカで初めて報告<sup>7)</sup>され、その後、1960年代にアルゼンチン、1970年代にウルグアイ、1980年代にブラジルで発生が報告<sup>20)</sup>された。2008年以降、台湾<sup>10)</sup>、中国<sup>6)</sup>および韓国<sup>33)</sup>でも報告されている。

基腐病が多発した圃場では、株枯が全面に発生し、収穫が皆無になることもある。鹿児島県農政部農産園芸課が実施した基腐病の調査では、1株でも発生が認められた圃場の割合は、初確認された2018年に15%であったが、その後2019年に46%、2020年に54%、2021年に75%へと急速に拡大した。そのため、サツマイモ生産者のみならず、関連産業にも深刻な害をもたらした<sup>5)</sup>。本県で、本病が初めて確認された2018年時点では、海外の

(連絡先) 生産環境部

\*大隅加工技術研究センター

海外の防除対策として、健全苗の使用<sup>8)</sup>、抵抗性品種<sup>20)</sup>、輪作<sup>6), 10), 37)</sup>など若干の報告があるのみであった。しかし、国内のサツマイモ (*Ipomoea batatas* (L.) Lam.) は、栽培品種や栽培様式が海外とは大きく異なり、国内での基腐病の発生様相、伝染経路および菌の生態については不明であり、農薬登録も全くない状況であった。特に、本県のサツマイモは、でん粉用および焼耐用の原料用を主とし、他に「安納芋」を代表とする青果用など多様な用途に向けた品種や栽培様式がある。また、サツマイモ専作農家では、ほとんどの圃場が連作で、さらに、植付本数を確保するため、農業機械の巡回等に使用される圃場周縁のスペース（枕地）に通常の畝とは垂直方向に作られた畝（いわゆる枕畝）が作られており、栽培期間も長期化する傾向となっていた。同様に、2018年時点では、宮崎県で青果用を中心に、沖縄県で加工用を中心に基腐病が猛威を振るっており、九州の主産地では防除対策の開発が急務となっていた。そこで、農研機構を中心とし、鹿児島県、宮崎県および沖縄県が連携し、本病の発生生態と防除対策について、研究開発事業（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」（30038C, JPI007097）を行った。

本稿では、上記研究事業の中で、鹿児島県で実施した本病の発生様相と菌の生態の成果を中心に、第1節では

「基腐病の苗床と本圃での発生様相および伝染経路」について、第2節では「土壌水分等が基腐病菌に及ぼす影響」について、第3節では「基腐病多発圃場における休耕期間中の病原菌の変化」について、第4節では「基腐病発生連作圃場における栽培期間中の基腐病の発病や雨水中の基腐病菌量の推移」について紹介する。

本稿が、今後の基腐病の効果的な防除法の開発、あるいは、他農作物の病害虫の防除法の開発の参考になれば幸いである。

## 1 第1節 基腐病の苗床と本圃での発生様相および伝染経路

### (1) 背景と目的

国内における基腐病の発生様相と菌の伝染経路については、これまでに知見がなく、全く不明である。

そこで、鹿児島県における基腐病の苗床および本圃での発生様相と菌量を調査し、本病の伝染環を明らかにする。また、本病に対する苗消毒効果についても明らかにする。

### (2) 材料と方法

#### ア 現地の苗床における基腐病の発生状況調査および罹病種イモと茎葉の基腐病菌の菌量

2019年3月下旬に鹿児島県曾於市の現地苗床の発生状況を遠観で調査した。また、基腐病罹病種イモを採取し、その種イモから伸長している茎葉を供試した。品種は「コガネセンガン」と「高系14号」を用いた。種イモはなり首側の変色部(A)、塊根の変色部の境目(B)、未変色部(C)に分け、塊根より出芽した茎葉は基部の変色部(D)、それから上位の未変色部(E)に分けた。各部位は、細かく切断し均一になるように混ぜた後、0.05gずつ採取し、珪藻土を用いたスピンフィルター法<sup>38)</sup>にてDNAを採取し、-25℃に保存した。なお、試験は3反復実施した。また、基腐病の定量PCRは、Fujiwaraらの方法<sup>3)</sup>に準じ、試薬はSYBR® Premix DimerEraser™ (タカラバイオ)、機器は7300 Real-Time System (ABI)を使用した。PCR条件は、95℃で30秒の初期変性1回、95℃・15秒、55℃・30秒、72℃・36秒(40回)後、融解曲線分析を実施した。

さらに、上記の罹病イモから、外見上、病徴のない茎葉部分を採取し、その苗の発病状況を調べた。苗は市販の育苗培土(MKK野菜用培土)を充填したポット(1/2000a)に1鉢に1本ずつ計6本を植え付

けた(4月1日)。その後、4月25日(24日後)、5月20日(49日後)、6月22日(82日後)および7月4日(94日後)まで発病を観察した。

なお、植付前の供試苗の基部における基腐病菌量の定量は上記の方法と同様に実施した。

### イ 苗の消毒効果

#### (ア) 苗伝染(汚染苗)に対する苗の消毒効果

本試験では、ウイルスフリー苗(品種:「ベニサツマ」)を2018年6月にベンレート(ベノミル)水和剤1,000倍で消毒後、クロロピクリンで消毒した苗床に定植し、2018年10月に掘り取り、種イモとした。2019年2月に前記の種イモをクロロピクリンで消毒を行った苗床に伏せ込み、伸長した茎葉を2019年5月23日に5節苗に調整したものを供試した。また、接種は、苗基部に縦1.5cm程度の切れ込みを入れ、基腐病KM4菌株(2018年、鹿児島県南九州市、品種:「こなみずき」から分離)をPDAで4週間培養した菌叢の先端部分を直径4mmのコルクボーラーで打ち抜いた菌叢ディスクを挟み込み、セロファンテープで巻いて固定することで行った。苗消毒にはベンレート水和剤を供試し、500倍液および1,000倍液の2濃度を作成し、苗基部を30分間浸漬した。対照の無処理は、滅菌水に苗基部を30分間浸漬した。その後、各処理苗は、市販培土(MKK野菜用培土)を充填した不織布ポット(直径18cm、深さ18cm)に、1ポットあたり5本ずつ、計30株(6ポット)を定植した。定植したポットは、定植5日間は室内で、それ以降は野外に設置した。発病調査は基部が褐色から暗褐色となる基腐病の典型的な症状を呈する株を対象に、定植14日後から50日まで、7日間隔で発病株を計数した。

#### (イ) 土壌伝染(汚染土壌)に対する苗の消毒効果

基腐病汚染土に対する苗消毒の防除効果を評価するため、次の2つの試験を実施した。なお、基腐病汚染土は、上記(ア)と同様に不織布ポットに基腐病菌接種苗(品種:「コガネセンガン」)を定植し、2か月栽培した茎葉および根を細かく裁断し、栽培後のポット内の土壌にすき込み作成した。

上記汚染土壌をプランター(65cm×18cm、深さ15cm)に充填し、2020年7月1日に、土壌消毒を実施し、伏せ込んだ健全種イモ(品種:「コガネセンガン」)から採取した健全苗(5節、約25cm)をベンレート水和剤500倍液に30分間、苗基部浸漬を

実施し、1プランターあたり11本定植した(汚染土+健全苗・消毒)。同様に、汚染土に未消毒の健全苗を12本定植した(汚染土+健全苗・未消毒)。両試験区とも3反復実施した。

また、対照として、2020年5月21日に採苗した苗(品種:「ゴガネセンガン」;ウイルスフリー苗をクロロピクリン土壌消毒後の苗床で育苗)に、基腐病菌(KM4株)の孢子懸濁液 $1.5 \times 10^5$ 個/mlの5ℓ液に15分間苗基部浸漬し、接種を行った。接種後の苗は市販培土を充填したプランターに5月21日に定植した。その後、2020年7月1日に、発病した株について、茎の病斑部の上部で株から切り離し、見かけ上健全な茎を5節苗(約25cm)に調整したものを汚染苗として供試した。また、苗は消毒せずに、市販の培土(無病土)を充填したプランターに10本定植した区(無病土+汚染苗・未消毒)を設けた。各区、2反復実施した。

#### ウ 現地の本圃における基腐病の発生状況調査

本圃での基腐病の第一次伝染株からの発病の拡大様相(第二次伝染状況)を調べるため、前年度(2018年)、基腐病が少発生した南九州市のサツマイモ圃場(78a,「ゴガネセンガン」,約17,000株,2019年5月上旬定植)を定期的に調査した。調査は、4か所(停滞水場所2か所,未停滞水場所2か所)の初発株を中心にし、その株を含む15株あるいは20株×3畝を対象に、地際部の茎が褐色から暗褐色を呈する株について、定期的に計数した。同時に、全体的な発病様相についても、達観による観察を行った。

### (3) 結果

#### ア 現地の苗床における基腐病の発生状況調査および罹病種イモと茎葉の基腐病原菌の菌量

苗床での基腐病の特徴として、①株全体の様子は、他の健全株と比較して葉が小さく生育が劣り、葉は萎凋や舟形様の巻葉症状が現れ、葉は紫、赤、黄色等に変色する(図1)、②地際の株元が褐色から暗褐色に黒変している場合が多い(図2)、③罹病塊根はしよ梗(なり首)側から腐敗するケースが多く、腐敗していない部位から萌芽している。

また、塊根を切断すると、腐敗部位は茶褐色に変色しているが、軟化せずに固さを残している(図3)、などが観察された。

次に、罹病種イモと茎葉の基腐病原菌の菌量を調査した結果、両品種とも塊根(種イモ)のなり首側の

変色部(A)、塊根の変色部の境目(B)および塊根の未変色部(C)において、高い菌量が検出された(図4)。また、塊根より出芽した茎葉(苗)は基部の変色部(D)では高い菌量が検出され、その上位の未変色部(E)においても低い菌量であるが検出された(図4)。

さらに、上記の塊根より出芽した茎葉(苗)の基部(変色部の直上)は高い菌量が認められた。また、この苗を無菌の育苗培土に定植した結果、約1か月後には基部に褐変が認められ、すべての株が発病した(表1)。

#### イ 苗の消毒効果

##### (ア) 苗伝染(汚染苗)に対する苗の消毒効果

基腐病菌を接種した苗(「ベニサツマ」)は無処理区で定植34日後から発病が認められ、以後急速に発病株が増加し、定植50日後には発病株率が93%に達した。一方で、ベンレート水和剤は500倍および1,000倍ともに定植50日後まで発病は認められなかった(図5)。

##### (イ) 土壌伝染(汚染土壌)に対する苗の消毒効果

汚染土に、健全苗を未消毒で定植した区では、定植21日後に初発が認められ、その後、徐々に発病が増加し、定植55日後までに12株(33%)が発病した。一方、健全苗を消毒して定植した区では、定植35日後で発病が認められ、定植55日後までに3株(9%)が発病した。未消毒苗と比較し、発病が2週間程度遅かった。また、対照の無病土に汚染苗を未消毒で定植した区では、定植12日後に初発が認められ、その後、急速に発病株が増加し、発病株率は定植19日後に95%、定植24日後には100%に達した(図6)。

#### ウ 現地の本圃における基腐病の発生状況調査

本圃では定植の約1か月後から、地際の茎が褐色から暗褐色に黒変し、茎葉は黄色や紫色に変色し、次第に萎れる発病株がみられる(図7①,②,第1次伝染株)。なお、発病株の病斑部では分生子殻が形成される(図7②,⑥)。

また、サツマイモの茎葉が繁茂し畝間を覆う時期は、圃場を一見しても発病株は確認しにくい(図7③)。しかし、株下を観察すると、発病株の周辺の株から伸長してきた茎や畝間の茎において病斑が多数形成され(図7④,⑥)、繁茂する株下で発病が拡大している。

その後、排水の悪い場所を中心に発病が急速に進

み(図7⑤, 図8), 収穫前には葉が黄化し, 多くの株が枯死する(図7⑦). 枯死株では, 再萌芽した塊根やなり首から変色・腐敗症状を呈する塊根が多くみられる(図7⑧).

また, 初発株を中心にして, その周辺株への発病の拡大状況について圃場内の4か所のエリアを調査した結果, 降雨後に畝間等に停滞水の認められない2か所(図8の①と②)における10月2日の発病株率は①が21.7%, ②が23.3%, 2か所の平均値は22.5%となった. 一方, 停滞水の認められる2か所(図8の③と④)における10月2日の発病株率は③が37.8%, ④が44.4%, 2か所平均41.1%となり, 停滞水の認められない2か所と比較し, 発病株率が19%程度高くなった.

#### (4) 考察

2018年に初めて鹿児島県で基腐病の発生が確認されたが, 苗床, 本圃での本病の発生病態等は不明であった. そこで, 2019年に現地の苗床および本圃を調査した結果, 苗床においても本病に罹病した種イモや苗が観察された. 基腐病の症状は, 苗床, 本圃でも共通しており, 茎葉の小型化, 萎凋, 変色し, 基部は褐色から暗褐色に黒変する. そのため, 圃場を観察し, 苗の外観で本病を発見し, 圃場外へ持ち出すことは比較的容易であり, 苗伝染による感染拡大を防止するうえで重要な対策となる. また, 罹病種イモの基腐病菌量の測定の結果から, 種イモは症状の有無に関わらず菌量が高く, 苗では症状の有る部位では菌量が高く, 症状の無い部位でも菌が認められた. このことから, 症状のある種イモや苗は使用しないことが重要である. 今回の苗消毒試験から, ベンズイミダゾール系農薬であるベンレート水和剤500倍, 1,000倍による苗の消毒効果は高く, 土壌汚染のある圃場でも苗消毒を実施することで, 未消毒苗と比較し見かけ上1か月程度発病を抑制できることが明らかとなった. また, 苗伝染は土壌伝染より, 定植苗での発病が早いことが判明した. これは, 臼井ら<sup>39)</sup>の報告と一致する. そのため, 基腐病が確認された苗床だけでなく, 本病の発生の無い苗床においても予防の観点から, 苗消毒は必須となる防除技術と考える.

なお, 本調査において, 「種イモの収穫時に, 腐敗症状のないイモを保管し, 苗床に使用した」と回答を得たが, 実際には生産者の苗床において本病の発生が認められ, 生産者も気付かないうちに本菌に汚染された苗を利用していたことが明らかとなった. 健全

種イモ生産は病害対策の基本となることから, 苗床に使用する種イモは繰り返し, 慎重に選別するとともに, 苗床の土壌消毒, 茎頂培養苗への定期的な更新, 専用の種イモ圃場の設置が重要と考えられる.

以上の苗床および本圃の調査等から推察される基腐病の伝染環を図9に示し, 以下に解説する.

本病は最初に, ①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(第一次伝染).

②前作に基腐病が発生した圃場では, 罹病残さ中で病原菌が生き残り, 定植苗が残さと接触することによっても感染する(第一次伝染).

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, 株基部が褐色から暗褐色になっている. 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.

④発病株には病原菌の胞子が形成され, 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. また, 病斑部の接触によっても感染する(第二次伝染).

⑤生育中期は茎葉が繁茂するため, 圃場を一見しただけでは発生に気づきにくい.

⑥8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, しょ梗, 塊根へと病勢が進展し, 時間の経過とともに塊根は, なり首側から褐色から暗褐色に腐敗する.

⑧圃場の罹病残さは次作の土壌由来の第一次伝染源に, また, 見かけ上健全な感染塊根が種イモに利用されると, 苗への第一次伝染源となり, 発病の伝染が継続するものと予測される.

基腐病の伝染経路について, アメリカ<sup>8)</sup>, ブラジル<sup>20)</sup>, 台湾<sup>10)</sup>, 中国等<sup>6)</sup>の報告では, 種苗伝染が主であり, 土壌伝染の影響は小さいとされている. また, 土壌伝染では, 罹病残さの役割が大きいとの報告<sup>1)</sup>, <sup>39)</sup>もある. 本県では, 多くのサツマイモ栽培圃場が連作栽培を実施している. 基腐病発生圃場では, 収穫後に大量の罹病残さが圃場内に残ると考えられ, 次作の伝染には土壌伝染(第一次伝染)の影響が大きいと推察される.

これらのことから, 本県の基腐病対策には, 種苗伝染を遮断する対策に加え, 土壌伝染を軽減する防除対策を早急に開発し, 現場で両伝染防止対策を総合的に実践することが重要であると考えられる.



図1 苗床における株全体の異常と葉の異常（左写真：生育不良株と巻葉，右写真：葉の変色）



図2 苗床における地際の苗基部の黒変（矢印）



図3 苗床における腐敗した塊根（左上：「高系 14号」，左下：「シロユタカ」）と塊根の断面（右）

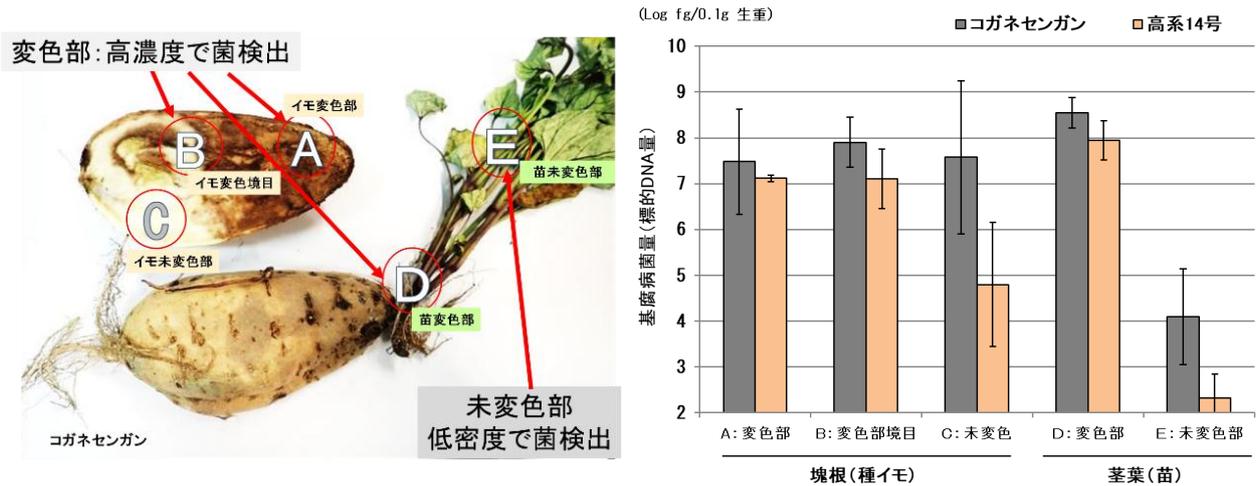


図4 苗床の種イモおよび苗におけるサツマイモ基腐病菌量 (左: 症状, 右: 菌量)

表1 植付前の苗基部の基腐病菌由来のDNA量とその苗の定植後の発病状況

品種	反復	苗基部の基腐菌の標的DNA量 (Log fg/0.1g)	発病状況			
			4月25日	5月20日	6月22日	7月4日
コガネセンガン	1	8.3	基部褐変	枯死	—	—
	2	7.3	基部褐変	枯死	—	—
	3	7.3	基部褐変	基部褐変	基部褐変	基部褐変
	4	8.3	基部褐変	枯死	—	—
	5	8.0	基部褐変	枯死	—	—
	6	7.5	基部褐変	枯死	—	—
高系14号	1	7.7	基部褐変	枯死	—	—
	2	7.6	基部褐変	枯死	—	—
	3	6.5	発病無し	わずかに褐変	基部褐変	基部褐変
	4	7.7	基部褐変	基部褐変	基部褐変	基部褐変
	5	6.9	基部褐変	枯死	—	—
	6	8.0	基部褐変	枯死	—	—

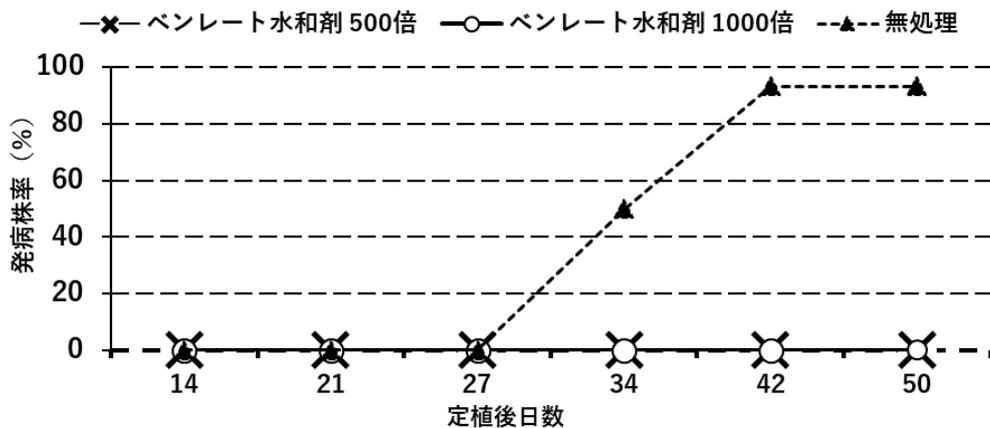


図5 基腐病菌を接種した苗に対する苗消毒の防除効果

- 注 1) 供試品種と株数: 「ベニサツマ」30株  
 2) 培養菌 (KM4) 株を苗基部に接種  
 3) 定植年月日: 2019年5月31日

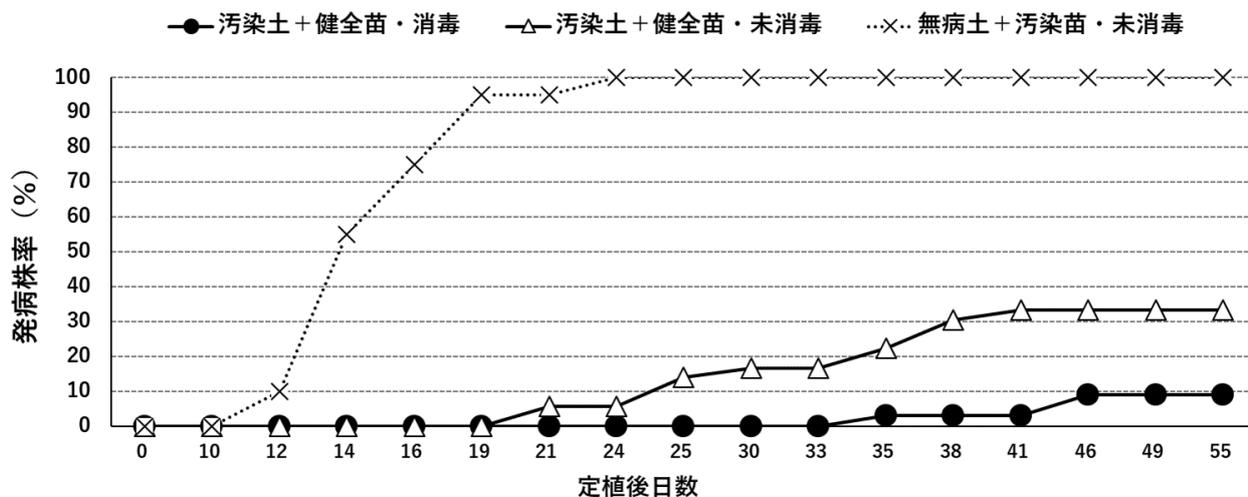


図6 基腐病の汚染土壌に対するベンレート水和剤による苗消毒の防除効果

注1) 供試品種：「コガネセンガン」

注2) 定植年月日：2020年7月1日



図7 圃場におけるサツマイモ基腐病の伝染と発生様相

注1) 前年少発生圃場，品種：「コガネセンガン」，2019年5月上旬定植

注2) 矢印は病徴・症状の部示を示す

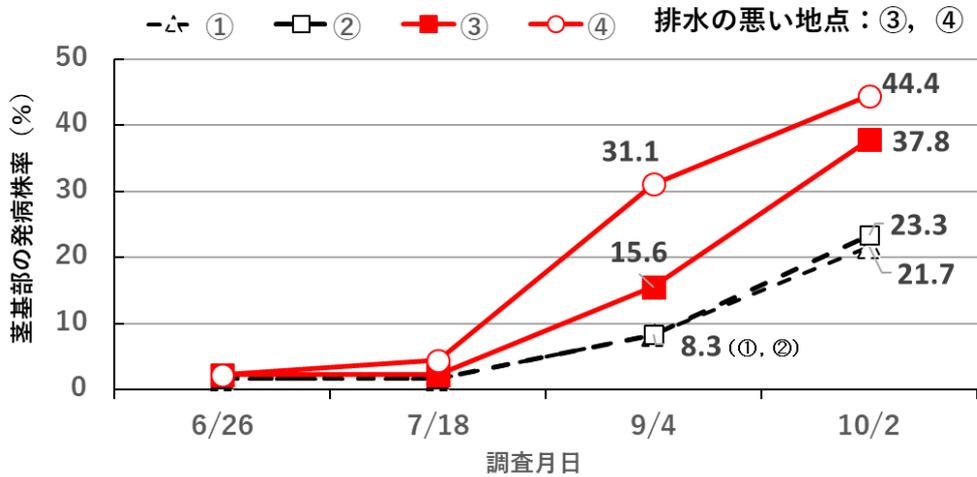


図8 圃場内の排水性の異なる地点での基腐病の初発株の周囲株における病株率の推移

注1) 前年少発生圃場，品種：「コガネセンガン」，2019年5月上旬定植

注2) 地点①，②は60株，③，④は45株を調査

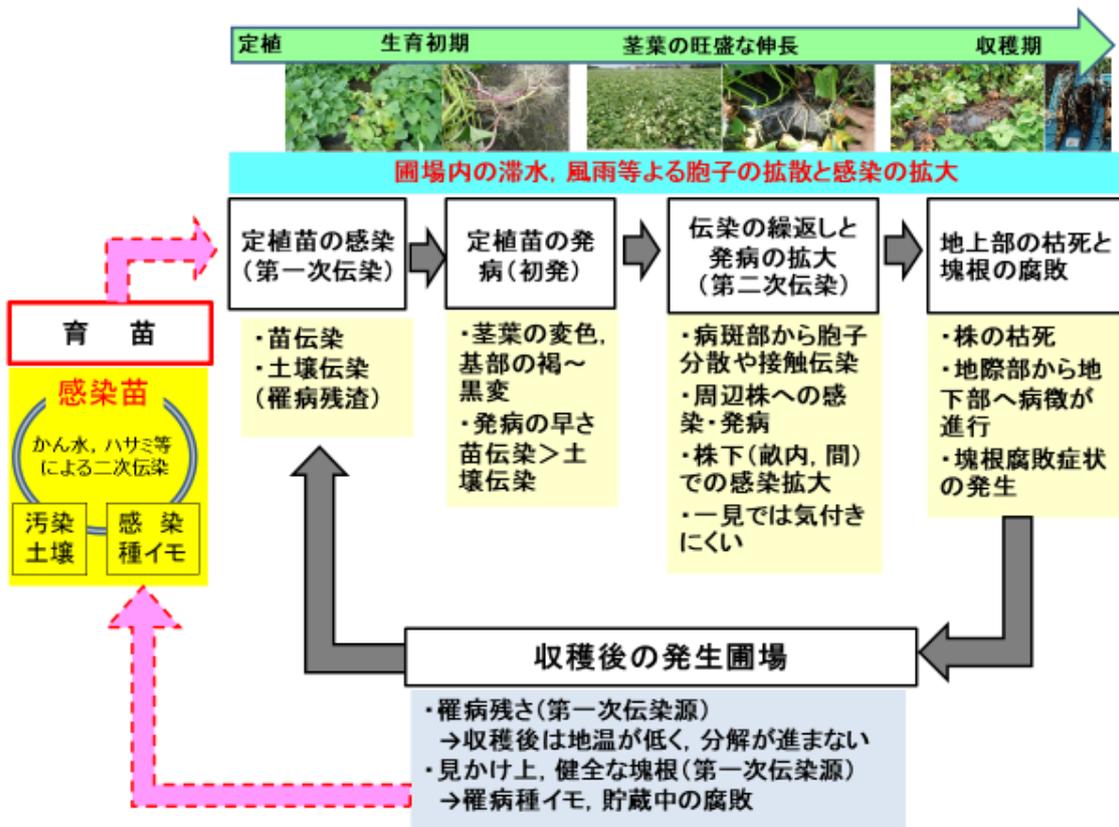


図9 サツマイモ基腐病の伝染環 (推定)

## 2 第2節 土壤水分等が基腐病菌に及ぼす影響

### (1) 背景と目的

基腐病は、種苗伝染および土壌伝染による一次伝染後、水媒伝染および接触伝染による二次伝染を繰り返し、発生を拡大させる<sup>30)</sup>。これらの伝染には、基腐病菌の菌糸および胞子が重要な役割を担っていると考えられるが、基腐病菌の菌糸や胞子の生存期間についての知見は少ない。また、土壌伝染については、サツマイモ残さが無い場合、土壌中での基腐病菌の生存期間は短いとされている<sup>1), 35), 39)</sup>。

そこで、本節では、基腐病菌の nit 変異株<sup>28)</sup>を用いて、土壤水分など、異なる培養条件下における本菌の生存に及ぼす影響について調査した。

### (2) 材料と方法

#### ア 滅菌水の重層が基腐病菌に及ぼす影響

10ml のブドウ糖加用サツマイモ煎汁寒天培地 (SPDA: サツマイモ塊根 200g 煎汁液, ブドウ糖 20g, 寒天 20g, 蒸留水 1,000ml : 121°C, 15 分で高圧蒸気滅菌) を充填したシャーレ (直径 9cm) に、農研機構から分譲された基腐病菌 nit 変異株 (F3-SP11) 28) を接種し、25°C で 35 日培養した。なお、培養 10 日後以降はブラックライトを 12 時間/日照射し、分生子殻を十分に形成させたものを供試した (図 10)。

試験区は、前述の培養菌に、①そのまま継続して培養したものを無処理区とし、②1 シャーレあたり滅菌水 20ml を加えたものを滅菌水区とした (図 1A-a, b)。その後、シャーレはプラスチック製密封容器内に保存し、20°C、暗黒条件下で培養した。なお、20°C の温度設定については、鹿児島県畑地の年間平均地温<sup>31)</sup>を参考にした。各処理の生存菌数の調査は、処理開始日、処理 3, 7, 13, 21, 29, 58 日後および 94 日後の計 8 回実施した。各時期の基腐病菌の計数は以下の手順で行った。まず、直径 7mm のコルクボーラーを用い、各処理区の培地ごと培養菌体を 2 か所切り出し、2ml のマイクロチューブに入れ、200  $\mu$ l の滅菌水と直径 5mm のガラスビーズ 1 個を加え、2,400rpm で 1 分間振とう (タイテック社ビーズクラッシャー  $\mu$  T-12) し、培養菌体を十分に破砕した。次に、滅菌水で全量を 1ml とし、10 倍から 1,000 倍まで段階希釈し、本研究で試作した基

腐病菌 nit 変異株検出用半合成 PDA 培地 (蒸留水 1, 000ml に PDA 粉末 (Difco) 39g, 塩素酸カリウム 10g, クロラムフェニコール 0.25g を加え、121°C, 15 分で高圧蒸気滅菌後、トリクロホスメチル 0.2g を添加) に各希釈菌液 100  $\mu$ l を塗布した。その後、25°C で概ね 2 週間培養後、基腐病菌の特徴的なコロニー (暗橙色、しばしば分生子殻を形成) を計数し (図 10B), 各処理区の培地 1cm<sup>2</sup> あたりの CFU (Colony forming unit) を求めた。試験は 4 反復実施した。なお、本試験の選択培地は、薬剤無添加の PDA, SPDA と比較し、同等の基腐病菌数が生育することを確認しているが、土壤によっては、他の菌の生育が早く、識別が困難な場合もあった (データ省略)。現在は、Nomiyama ら<sup>28)</sup>により基腐病菌 nit 変異株に適した選択培地が開発されている。

統計処理法は、滅菌水の有無を説明変数、菌数を応答変数、培養日を変量効果とする、反復測定分散分析により解析した。

#### イ 土壤水分の異なる滅菌土および無滅菌土の重層が基腐病菌に及ぼす影響

供試土壌は、鹿児島県農業開発総合センター露地圃場の土壌 (表層腐植質黒ボク土) を用いた。なお、供試土壌の化学性は pH (H<sub>2</sub>O) : 5.75, EC : 0.05dSm<sup>-1</sup>, 陽イオン交換容量 (CEC) : 24.3cmole<sub>c</sub>kg<sup>-1</sup>, 炭素率 (C/N 比) : 16.3, 可給態窒素 : 27mgkg<sup>-1</sup>, トルオーグリン酸 : 140mgkg<sup>-1</sup> の他、鹿児島県畑作圃場の一般的な化学性を示した。滅菌土は、同じ土壌を一日おきに 3 回、高圧蒸気滅菌 (121°C, 30 分) を行って作成した。また、培養菌については、前述アと同様に基腐病菌 nit 変異株 (F3-SP11) を培養し、分生子殻を十分に形成させたシャーレを以下の試験に用いた。

試験区は、無滅菌土 20g を①滅菌水で土壤含水率 30% に調整し、上記培養シャーレ内の培養菌を覆うように重層した区 (無滅菌土・30%), ②含水率 50% に調整し、上記培養シャーレ内の培養菌を覆うように重層した区 (無滅菌土・50%), 同様に滅菌土を、③含水率 30% に調整した区 (滅菌土・30%), ④含水率 50% に調整した区 (滅菌土・50%) の 4 処理とし (図 10A-e, f, c, d), 各処理は 4 反復実施した。なお、土

壤含水率は、含水率 (%) = [水分重量 (湿土重 - 乾燥重) / 湿土重] × 100<sup>4)</sup>として計算した。各処理後はプラスチック製密封容器内に保存し、20°C、暗黒条件下で培養した。

なお、生存菌数の調査は、前述アの試験と同様に行った。また、統計処理は土壤の滅菌の有無および土壤水分を説明変数、菌数を応答変数、培養日を変量効果とする反復測定分散分析により解析した。

### (3) 結果

#### ア 滅菌水の重層が基腐病菌に及ぼす影響

滅菌水を基腐病菌に重層した条件下において、基腐病菌は処理7日後に約10<sup>6</sup>CFU/cm<sup>2</sup>、処理29日後までは10<sup>5</sup>~10<sup>6</sup>CFU/cm<sup>2</sup>の間を維持し、その後は減少するものの、処理94日後時点においても概ね10<sup>3</sup>CFU/cm<sup>2</sup>の菌が検出され、無処理とほぼ同等の菌数の推移を示した(図11)。また、滅菌水処理と無処理における菌数の推移に有意な差は認められなかった(反復測定分散分析;  $df=7$ ,  $F=0.14$ ,  $P=0.99$ )。なお、上記培地の菌数の調査以外に、培地に重層している滅菌水を一部採取し、菌数を調査した結果、処理57日後まで約10<sup>4</sup>CFU/ml以上の菌が検出された(図表省略)。そこで、滅菌水中の基腐病菌の形態を光学顕微鏡で観察した結果、基腐病菌と思われる、油滴が1個で球形状の未発芽の胞子が多数観察された(データ省略)。

#### イ 土壤水分の異なる滅菌土および無滅菌土の重層が基腐病菌に及ぼす影響

無滅菌土・含水率30%を基腐病菌に重層した区では、処理7日後までに10<sup>5</sup>CFU/cm<sup>2</sup>以上を維持していたが、その後減少し、処理29日後に約10<sup>1</sup>CFU/cm<sup>2</sup>の菌が検出され、処理58日以降は菌が未検出となった。また、無滅菌土・含水率50%の区では、処理7日後には菌が急速に減少し、処理13日以降は菌が未検出となった(図12)。

一方、滅菌土・含水率30%の区は、処理58日後まで10<sup>5</sup>CFU/cm<sup>2</sup>以上を維持していたが、処理94日後には急激に減少し、約10<sup>1</sup>CFU/cm<sup>2</sup>となった。また、滅菌土・含水率50%の区は、菌数が漸減したものの、処理29日後まで10<sup>4</sup>CFU/cm<sup>2</sup>以上の菌が、また、処理94日後まで10<sup>3</sup>CFU/cm<sup>2</sup>以上の菌が検出された(図12)。なお、処理94日

後の滅菌土・30%区において、濃緑色の糸状菌の混入が観察されたことから、以降の調査は中止した。

以上、土壤の滅菌の有無と含水率の違いにより基腐病菌の菌数の推移に有意な差が認められた(反復測定分散分析;  $df=9$ ,  $F=32.55$ ,  $P<0.001$ )。特に、土壤の滅菌の有無が、土壤水分の違いよりも影響が大きかった(滅菌の有無;  $F=113.99$ ,  $P<0.0001$ , 土壤水分;  $F=15.62$ ,  $P=0.0001$ )。

### (4) 考察

基腐病菌の生存に関する知見を得るため、滅菌水中での生存および土壤中での生存について、基腐病菌の *nit* 変異株を用いて、20°C条件下で試験を実施した。

最初に、水中での基腐病菌の生存への影響を調べるため、滅菌水中での基腐病菌の生存を調査した結果、調査終了時の処理94日後においても、無処理と同程度の菌密度を維持していた。この要因として、一つは無菌状態であり、基腐病菌体や胞子が他の微生物の影響を受けないこと、次に、基腐病菌の胞子の発芽誘導には、サツマイモの成分が必要であることが明らかにされており<sup>9)</sup>、今回試験に供試した滅菌水には発芽誘導成分が含まれていないことなどが考えられる。実際に、顕微鏡観察では、胞子の形状は変化しているものの、胞子が未発芽状態を維持しており、これが基腐菌の一定期間の生存に関与している一因と考えられた。

次に、基腐病菌の生存性に対する土壤微生物と土壤水分の影響を調査するため、滅菌土と無滅菌土を用いて、土壤の水分が降雨後の状態を想定した含水率30%、滞水状態を想定した含水率50%の2処理で試験を実施した。その結果、無滅菌土・含水率30%区では、処理29日後に菌数が大きく減少し、処理58後には菌が未検出となった。また、無滅菌土・含水率50%区では、処理7日後に菌数が大きく減少し、処理13日後には菌が未検出となった。一方、基腐病以外の微生物を排除した滅菌土壌では、含水率に関係なく、調査期間の後期まで比較的高い菌数を維持し、処理94日後も菌が検出された。なお、無滅菌土・含水率30%区で、処理94日後の菌数が大幅に減少した原因は、他の菌のコンタミネーションによるものと考えられた。

基腐病菌の生存期間に関する知見は少ないが、水分率 20% の黒ボク土壌（宮崎県）で、基腐病菌 *nit* 変異株を混和した試験では、10℃ から 40℃ の範囲では気温が高くなるほど生存期間が短くなっており、20℃ 条件下では約 5 か月間の生存を確認している。さらに、滅菌黒ボク土を付着させたプラスチック資材上では 15℃ 条件下で約 4 か月間の生存を確認している<sup>30)</sup>。また、黄ら<sup>10)</sup>は、サツマイモ基腐病発生圃場において、2 週間

の湛水処理を行ったところ、基腐病の発生が抑制されたと報告している。本報告における土壌の種類、気温、残さ量等について不明ではあるが、本試験の無滅菌土・含水率 50% では処理 13 日後には菌が未検出となり、黄らの結果とほぼ同様となった。以上のことから、土壌中の基腐病菌の生存期間は、土壌微生物の存在が大きく影響するとともに、水分条件が高いほど生存期間が短くなることが示唆された。

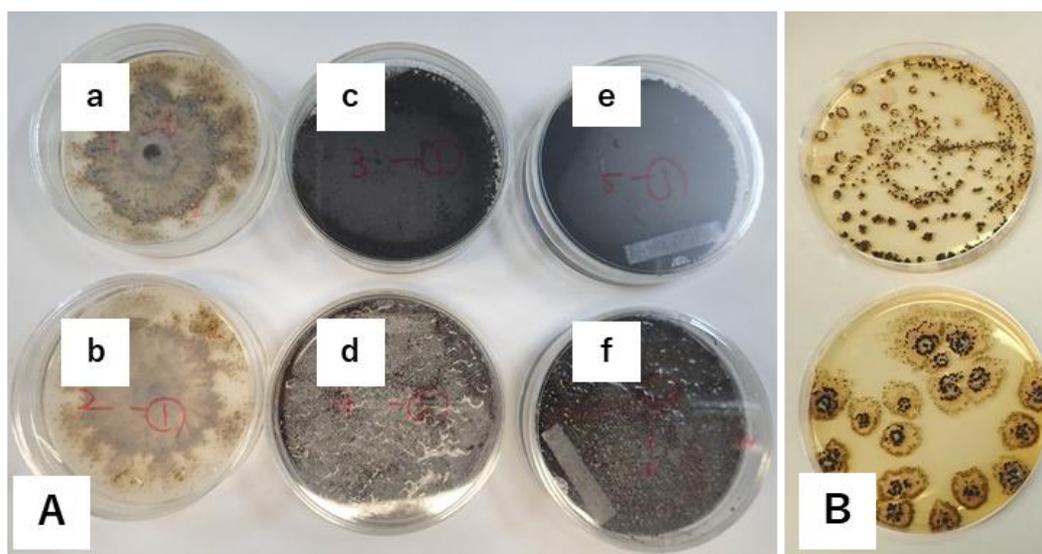


図 10 サツマイモ煎汁デキストロース寒天培地(SPDA)で培養した基腐病菌 *nit* 変異菌株菌の各処理の様子(A)と半選択培地での基腐病菌 *nit* 変異菌株菌(F3-SP11)のコロニーの様子(B)

注) a:無処理, b:滅菌水, c:滅菌土(含水率 30%), d:滅菌土(含水率 50%), e:無滅菌土(含水率 30%), f:無滅菌土(含水率 50%)

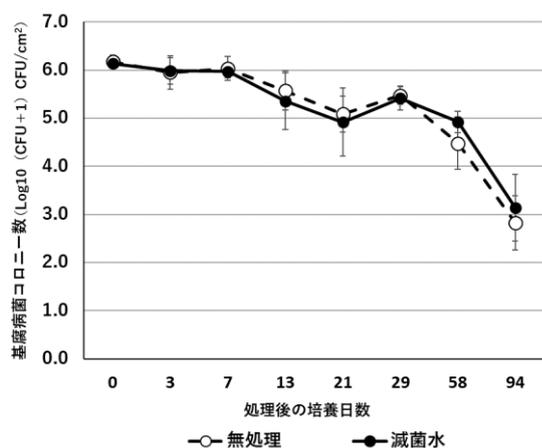


図 11 滅菌水中での基腐病菌数の変化 (20℃ 条件下)  
注 1) 基腐病菌 *nit* 変異菌株菌(F3-SP11)を SPDA で培養  
2) エラーバーは誤差を示す, 試験は 4 反復  
3) 統計処理は JMP 12.2.0 で実施した (rANOVA ;  $df=7$ ,  $F=0.14$ ,  $P=0.99$ )

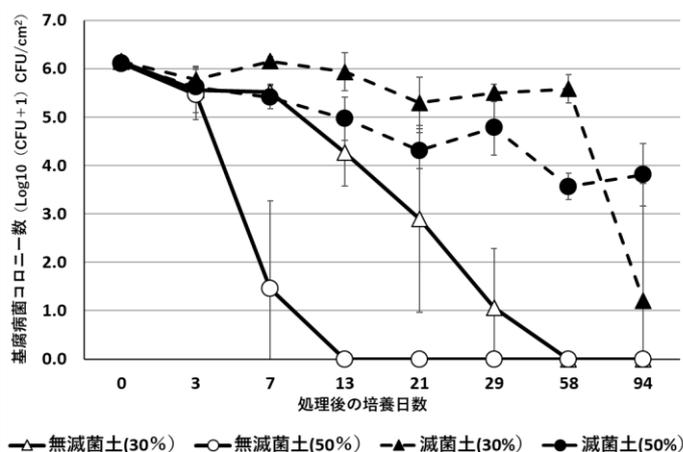


図 12 含水率の異なる滅菌土および未滅菌土中での基腐病菌数の変化 (20℃ 条件下)  
注 1) 基腐病菌 *nit* 変異菌株菌(F3-SP11)を SPDA で培養  
2) エラーバーは誤差を示す, 試験は 4 反復  
3) 統計処理は JMP 12.2.0 で実施した (rANOVA ;  $df=9$ ,  $F=32.55$ ,  $P<0.001$ , 消毒の効果 ;  $F=113.99$ ,  $P<0.0001$ , 土壌水分の効果 ;  $F=15.62$ ,  $P=0.0001$ )

### 3 第3節 基腐病の多発圃場における休耕期間中のサツマイモ残さおよび土壌中の菌量の変化

#### (1) 背景と目的

基腐病の第一次伝染には、種苗伝染と土壌伝染がある。基腐病の対策として、まずは、種苗伝染を防ぐための健全種苗の確保が最も重要である<sup>10), 25), 39)</sup>。一方で、南九州のサツマイモ産地では、同じ圃場にサツマイモを連作することが多いため、基腐病の発生圃場では、健全苗を植え付けても土壌伝染により病気が再発することが多い。特に、本病に弱い品種を定植した場合は、年々、発生が激しくなる<sup>30)</sup>。基腐病の土壌伝染対策として、サツマイモ残さの持ち出し、収穫後の速やかな耕耘によるすき込み、サツマイモ以外の作物の植え付け等が推奨されている。しかし、その根拠となる基腐病菌の土壌中での生存期間についての報告は少ない<sup>10), 30), 35)</sup>。

また、鹿児島県では、基腐病対策として「持ち込まない」「増やさない」「残さない」の3つの対策を総合的に実践することを推進している。その中でも、「残さない」対策として、多発圃場では輪作や休耕を推奨しているが、その期間をどれだけ確保すればよいのか明確な提示はない<sup>13)</sup>。

そこで、本節では、基腐病が多発した圃場において、サツマイモ栽培を休耕した条件下で、圃場内のサツマイモの残さ量、土壌および残さ中の基腐病菌量がどのように変化するかについて、基腐病菌を検出する定量PCR<sup>3)</sup>を用いて、菌量を測定した。

#### (2) 材料と方法

##### ア 供試した現地圃場における基腐病の発病程度と管理状況

##### (ア) 休耕圃場

2020年に、基腐病が多発した南九州市知覧町の現地の2圃場(A, B)を試験の調査圃場とした。両圃場ともに栽培品種は「コガネセンガン」で、収穫前(10月上旬)の基腐病の発病株率は100%と多発生であった(図13)。両圃場の収穫物以外の残さについては、圃場内にすき込んだ。その後、2020年11月から2022年4月まで休耕し、その間、雑草管理等のため、5回程度耕耘を実施した。なお、両圃場とも、2019年以前もサツマイモのみを連作しており、圃場の土壌は、多

腐植質厚層黒ボク土である。

##### (イ) 連作圃場

対照として、両圃場の一部にサツマイモを栽培する連作区を設置した。耕種概要は、圃場A(450m<sup>2</sup>)では、2021年4月5日に畝立てマルチ(黒マルチ、厚さ0.03mm)同時畝内クロロピクリン(クロピク80, 3ml/穴)消毒を実施した。その後、5月4日にベンレートT水和剤20(チウラム・ベノミル)200倍で消毒した「コガネセンガン」の苗を、畝間103cm, 株間38cm間隔で植え付けた(以下、圃場A連作区)。

圃場B(300m<sup>2</sup>)では、2021年4月7日にバスマミド(ダゾメット)微粒剤30kg/10a相当量を全面に散布し、土壌混和後、トラクターマルチ土壌消毒機(ニプロ株式会社サブソイラー消毒機SSD-440)を利用し、幅1.6m, 厚さ0.03mmの透明マルチで被覆した(被覆率75%)。4月23日に被覆除去と耕耘、4月29日に畝立てを行い、ベンレートT水和剤20・200倍で消毒した「シロユタカ(基腐病抵抗性:中)」の苗を、110cm, 株間38cm間隔で植え付けた(以下、圃場B連作区)。

##### イ サツマイモ残さおよび土壌のサンプリング

サツマイモ残さおよび土壌の採取日については、圃場Aは2020年10月28日(すき込み約20日後)、2021年3月29日(同約5か月後)、2021年5月4日(同約7か月後)、6月8日(同約8か月後)、7月8日(同約9か月後)、8月10日(同約10か月後)、9月9日(同約11か月後)、10月7日(同約12か月後)、11月19日(同約13か月後)、12月21日(同約14か月後)、2022年1月25日(同約15か月)および3月9日(同約17か月)の計11回、圃場Bは、2020年12月3日(同約2か月後)、2021年3月15日(同5か月後)、以降は圃場Aと同年月日に計11回の採取を行った。また、残さ量の調査は、1圃場あたり、25cm×25cm枠で深さ0~20cmまでの土壌を3か所掘り取り、5mm角目篩を平行に振とうし、篩内に残るサツマイモ残さを収集し、その重量を計測した。その後、残さの全量を細断後、十分に混和したものから、0.1g採取したものをDNA抽出用サンプルとした。また、土壌については、前述の篩を通過した土壌を、さらに2mm角のナイロンメッシュで振るい、十分に混和したもの

から 0.4g を採取し、DNA 抽出用サンプルとし、抽出までの間-25℃以下で保存した。

#### ウ 残さおよび土壌からの DNA の抽出法および定量 PCR

土壌と残さの DNA 抽出には Extrap Soil Kit Plus ver.2 (フナコシ) を使用した。さらに、本キットで精製した抽出液を、QIAquick PCR Purification Kit (QIAGEN) により精製し<sup>17)</sup>、得られた DNA を基腐病菌の定量に用いた。なお、両キットとも添付のプロトコルに従い抽出・精製した。抽出 DNA は、定量 PCR で使用するまで-25℃以下で保存した。また、基腐病の定量 PCR は、Fujiwara らの方法<sup>3)</sup>に準じ、試薬は SYBR® Premix DimerEraser™ (タカラバイオ)、機器は 7300 Real-Time System (ABI) を使用した。PCR 条件は、95℃で 30 秒の初期変性 1 回、95℃・15 秒、55℃・30 秒、72℃・36 秒 (40~45 回) 後、融解曲線分析を実施した。

### (3) 結果

#### ア 現地の休耕圃場における土壌残さ量の経時的変化

圃場 A の 1m<sup>2</sup> (深さ 0~20 cm) あたりの残さ量 (3 か所の合計重量から換算した値) は、収穫残さのすき込み約 20 日後で 1246.4g であった。すき込み約 5 か月後に 676.8g (当初の残さ重比 54.3%)、約 8 か月後に 211.7g (同 17.0%)、約 12 か月後に 18.5g (同 1.5%)、約 17 か月後に 12.6g (同 1.0%) となった (図 16 圃場 A)。同様に、圃場 B の 1 m<sup>2</sup> (深さ 0~2 cm) あたりの残さ量は、収穫後の残さすき込み約 2 か月後で 1180.3g であったが、すき込み後約 5 か月後に 656.5g (同 55.6%)、約 8 か月後に 156.8g (同 13.3%)、約 12 か月後に 8.9g (同 0.8%)、約 17 か月後に 6.2g (同 0.5%) となった (図 16 圃場 B, 図 14)。また、対照として設置した連作区の 2022 年 3 月 19 日における m<sup>2</sup> (深さ 0~20 cm) あたりの残さ量は、圃場 A 連作区で 873.6g (すき込み約 3 か月後、同時期の圃場 A 休耕区残さ量の約 69 倍)、圃場 B 連作区では 238.7g (すき込み約 5 か月後、同時期の圃場 B 休耕区残さ量の約 39 倍) であった (図表省略)。

なお、2019 年 2 月下旬から 2020 年 6 月中旬にかけて実施した野外の不織布ポットにおけるサ

ツマイモ塊根の分解試験では、平均気温が 20℃となる時期に急速に分解が進んだ (データ省略)。そこで、2020 年 10 月~2022 年 3 月までのアメダスデータ (喜入：圃場に一番近い観測地点) で、平均気温が 20℃を超えた時期をみると、2020 年は 10 月上旬から同月中旬まで、2021 年は 5 月中旬から 10 月中旬までの期間であった。また、降雨量の合計が 0 mm の旬は、2020 年は 12 月上旬、12 月中旬、2021 年は認められず、2022 年は 2 月下旬のみであった (図 15)。

両圃場の残さ量は、2021 年 3 月には当初の 55% 前後となり、その後は気温の上昇に伴い、2021 年 9 月には 2% 程度まで減少したが、それ以降の減少はわずかとなった。なお、この間のサツマイモ残さの採取部位の達観調査では、2021 年 3 月には塊根が確認されたが、6 月以降は、内部組織が消失した茎の皮層部や塊根のデンプン貯蔵組織が消失した塊根のしよ梗部が多く採取された (図 14)。

#### イ 休耕圃場における土壌および残さ中の菌量の経時的変化

圃場 A における残さ 0.1 g あたりの基腐病菌に特異的な標的 DNA 菌量は、調査開始から 2021 年 6 月 8 日までは、2021 年 3 月を除き 10<sup>7</sup>fg 以上で、2021 年 7 月から 9 月までは 10<sup>6</sup>~10<sup>7</sup>fg の範囲で、2021 年 10 月から 2022 年 3 月までは 10<sup>3</sup>~10<sup>5</sup>fg の範囲で推移した (図 17 圃場 A)。同様に、圃場 B における残さ 0.1 g あたりの標的 DNA 菌量は、調査開始から 2021 年 6 月までは、2021 年 3 月を除き 10<sup>7</sup>fg 以上で、2021 年 7 月から 9 月までは 10<sup>4.8</sup>~10<sup>6</sup>fg の範囲で、2021 年 10 月から 2022 年 3 月までは 10<sup>2</sup>~10<sup>5</sup>fg の範囲で推移した (図 17 圃場 B)。一方、土壌 0.1g あたりの標的 DNA 菌量は、圃場 A では 2020 年 10 月、2021 年 3 月、2021 年 5 月および 2021 年 7 月のみで検出され、それ以降は検出されなかった。圃場 B では 2020 年 12 月、2021 年 3 月および 2021 年 5 月まで検出されたが、2021 年 6 月以降は検出されなかった (図 17)。また、連作区の 2022 年 3 月 19 日における 0.1g あたりの標的 DNA 量は圃場 A 連作区で約 10<sup>6</sup>fg、圃場 B 連作区で約 10<sup>8</sup>fg となり、同時期の各休耕区と比較し、非常に高い菌量が検出された (図表省略)。

#### (4) 考察

土壌中の罹病残さおよび菌の生存期間は、圃場の基腐病の発病程度とすき込まれる罹病残さ量、気温や降水量などの気象条件、土壌の種類や化学性など<sup>20)</sup>、様々な要因に影響を受けるものと考えられる。そこで、本試験では、基腐病が多発した現地圃場において、サツマイモを栽培しない休耕期間中の残さ量、残さおよび土壌中の基腐病菌量を中心に調査した。

今回の結果から、残さ量は夏期を経過した11か月後(2021年9月)にはすき込み当初残さ量の2%となったが、その後は、極わずかな減少に留まり、17か月後(2022年3月)においても圃場によっては1%程度残存した(図16)。中野・宮崎<sup>23)</sup>によると、畑の土壌中に供与された粗大有機物の分解プロセスでは、最初に菌類や一部の細菌により分解を受け、同時に小動物の機械的な細分化、降雨などが分解を助長する。特に、粗大有機物のほとんどを占める植物遺体の分解では、細菌や糸状菌によるデンプンなどの分解から始まり、セルロース分解菌、次いでリグニン分解菌によるセルロースおよびリグニンの分解へと時を追って進む。また、分解に影響する要因として、C/N比、地温、pH、土壌水分等が関与し、地温は30°Cを少し超えたところで、分解が最も活発になるとしている。これらから、圃場中にすき込まれたサツマイモ収穫残さの分解を考察すると、まず、すき込みによる耕耘等の物理的な細分化がおこり、同時に微生物による分解を受けるが、微生物の分解の容易な茎の髓組織や塊根のデンプン貯蔵組織などから分解が進む。特に、気温が20°Cを超えた頃に分解は促進されるが、それでも、茎等の表層や木化した部分など微生物による難分解性の部位が長期に残存するものと考えられる。ただし、この間の残さ中の基腐病菌量は11か月後まで高い値で推移し、さらに17か月後までも菌が継続して検出されており、休耕期間中の残さ量の低下に対して、残さ中の菌量の低下の程度は小さかった。この原因として、前述のとおりサツマイモの茎の皮層やしょ梗など、土壌中で分解されず残りやすい部位(図14)と基腐病菌が感染し優占する部位が一致している可能性が高いと考えられる。その結果、休耕期間が経過しても、圃場内では基腐病の罹病残さが優占し、残さ中の菌密度の低減が進まなかつ

たものと考えられた。一方、土壌中の基腐病菌の特異的な標的DNAは、残さとは対照的に年内には未検出となった。基腐病菌の土壌中における生存期間が、残さ中と比較し短い理由については、基腐病菌の寄生がヒルガオ科に限られており、土壌での腐生能力が低いことに加え、キュウリホモブシス根腐病菌の擬似微小粒菌核のような耐久器官<sup>29)</sup>が確認されていないことなどが考えられる。なお、圃場Aの6月の土壌からは基腐病菌が不検出となったが、これは、当該時期が梅雨期であり、多雨により土壌中の微細な菌体が流亡した可能性やサンプリング誤差による影響が考えられる。

これまで、圃場における基腐病菌の土壌および残さでの菌量の推移についての調査並びに基腐病菌の野外での生存や土壌伝染に関する報告は少ないが、菌の生存については、罹病組織では1か月以上の生存が可能であるが、土壌中の胞子の生存は1週間以内であったとの報告<sup>40)</sup>もある。また、基腐病の土壌伝染については、残さによる伝染が主体であり、残さを除いた場合、土壌中で菌の生存期間は短いとされている<sup>1), 35), 39)</sup>。

本試験の結果は、基腐病菌の土壌中での長期の生存や伝染源として、「罹病残さの重要性」を示唆する上記の報告を強く支持している。加えて、1年以上休耕を行っても、残さすき込み当初の0.5~1%が残り、その残さ中に基腐病菌が存在する可能性が示唆された。この結果は、現地では1年程度の休耕後にサツマイモを栽培しても再発が認められる事例があること、また、輪作の対策として、海外では2年以上のサツマイモ以外の作物の植付が推奨<sup>37)</sup>されていることを裏付けるものとなった。

一方で、今回の両圃場の連作区の結果から、連作では、収穫後に、再度、高い菌量の多量の残さが圃場にすき込まれることが明らかとなり、休耕と比較し、土壌伝染の危険性が非常に高まることから、改めて確認された。

以上より、基腐病の「残さない」対策として、多発圃場における休耕の効果を検証した結果、休耕や輪作期間は1年程度では不十分な可能性が高いものの、連作と比較し、基腐病の温床となる残さ量は大幅に減少することが明らかとなった。これらのことから、休耕や輪作を実施する場合、最低2か年以上の期間を確保することが重

要と考えられた。また、期間が1か年程度の場合は、土壌消毒や抵抗性品種を導入するなど、複数の防除対策を組み合わせる必要があると考えられる。

なお、本試験では、各時期に採取した土壌あるいは残さを用いて、発病試験を実施していないため、今回の基腐病菌量と発病の関係は不明で

ある。また、今回用いた定量PCRはSYBR Green法であり、低密度での定量はやや不安定となる。これら、基腐病菌量と発病の解析については、現在、農研機構において、Taq Manプローブ法による定量PCRと生物検定法を組み合わせられた方法等が開発されており、今後、これらの成果に期待したい。



図13 供試圃場の収穫前の基腐病の発病状況（右：圃場A、左：圃場B）

注）2020年10月時点で両圃場とも発病株率100%

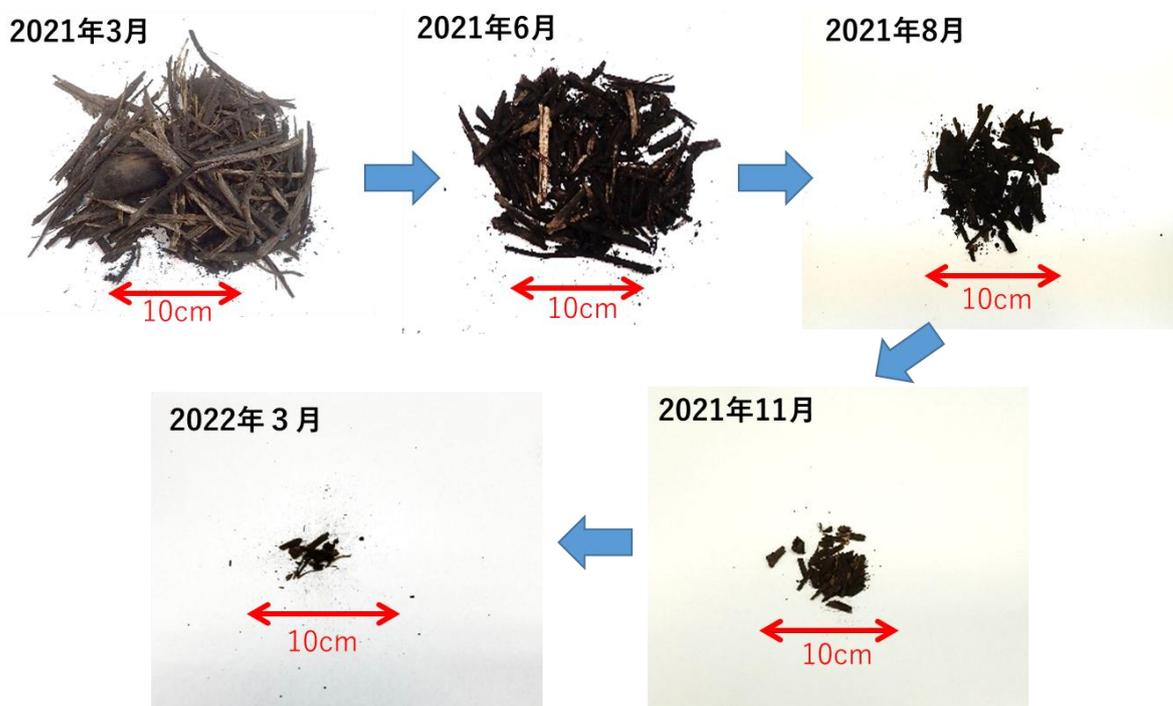


図14 サツマイモ圃場における休耕期間中の残さ状況（圃場B）

注）矢印の幅は10cm

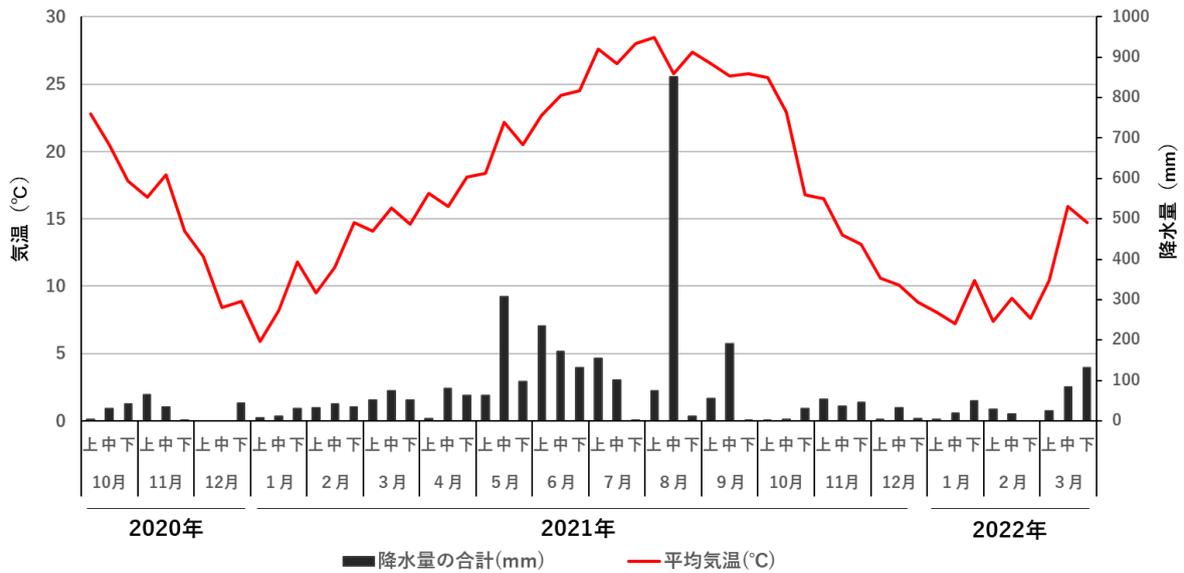


図 15 休耕期間中の気温と降水量（喜入アメダス）

注) 上：上旬，中：中旬，下：下旬

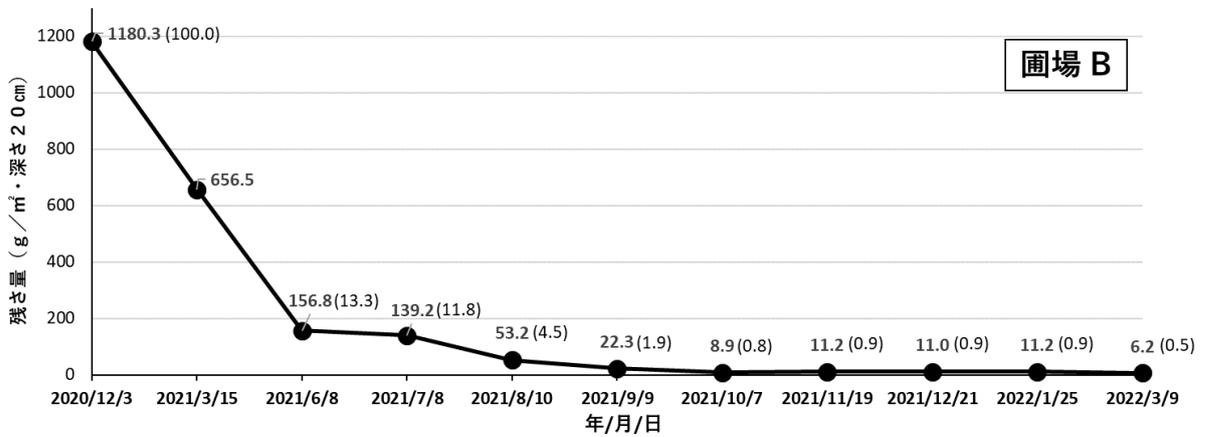
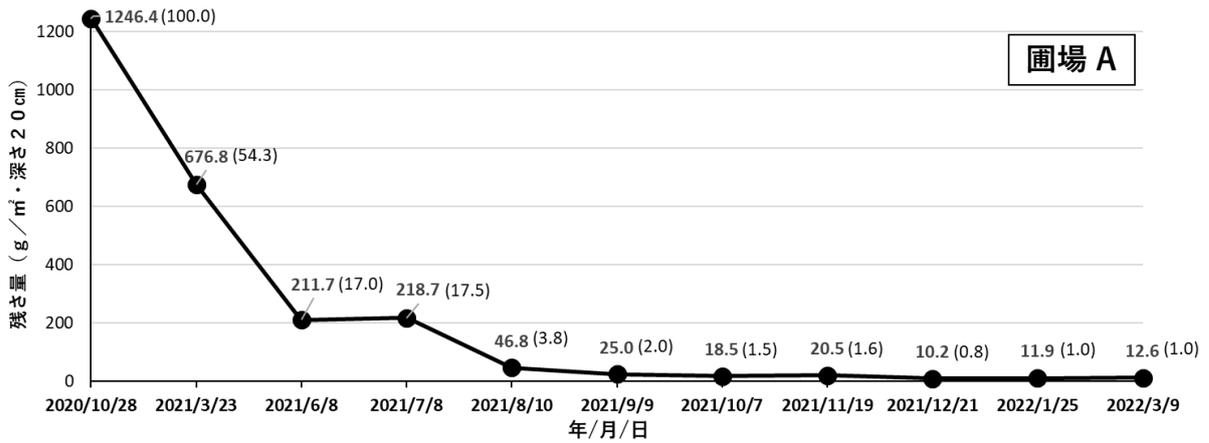


図 16 サツマイモ圃場における休耕期間中の残さ量の変化（上：圃場 A，下：圃場 B）

注1) 残さは地表面から深さ 20 cm までを採取

2) ( ) 内は初期の残さ量に対する割合

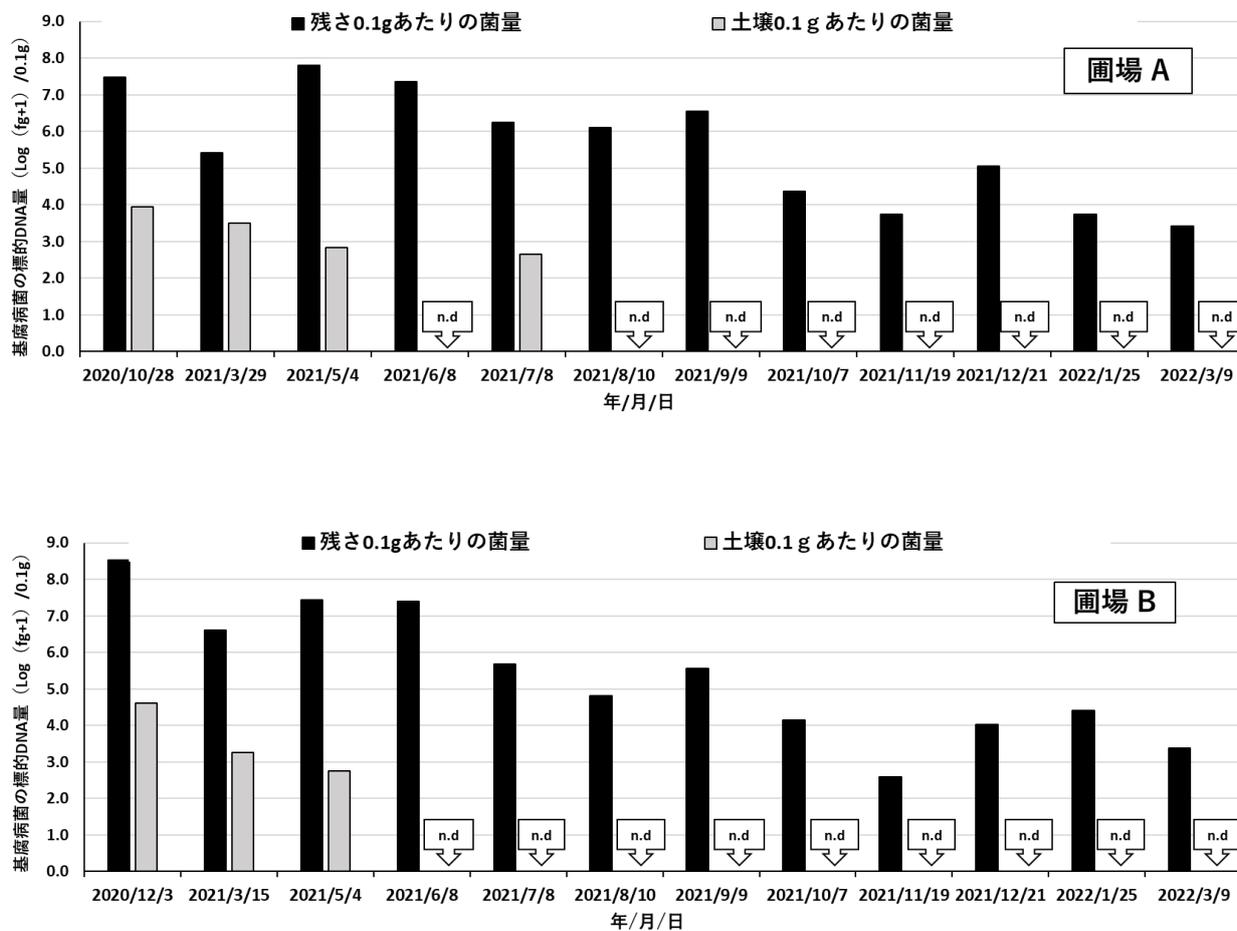


図 17 休耕期間中の残さと土壌中の基腐病菌量の変化（上：圃場 A，下：圃場 B）

注) n.d : 未検出

#### 4 第4節 基腐病発生連作圃場における栽培期間中の基腐病の発病と雨水中の基腐病菌量の推移

##### (1) 背景と目的

基腐病は、種苗伝染および土壌伝染による一次伝染後、水媒伝染および接触伝染による二次伝染を繰り返す。特に、発病株の病斑には多数の柄子殻が形成され、雨水による分生子の飛散等が本病の発生拡大に大きく関与しているものと考えられている<sup>30)</sup>。

*Diaporthe* 属は、多くの植物に病原菌として記載されているが、果樹の *Diaporthe* 属の病害では、降雨と分生子の飛散の関係、植物への感染時期など、病原菌の生態に合わせた防除法の研究が進んでいる<sup>11), 14), 15)</sup>。例えば、カンキツ黒点病（病原菌：*Diaporthe citri* Wolf）では、降雨量や品種をもとに、圃場での防除における薬剤散布間隔の目安が示されている<sup>2), 15)</sup>。一方、基腐病では、圃場における伝染について、降雨と基腐病の発病および基腐病菌量との関係を示した報告はない。

そこで、基腐病の効果的な薬剤防除体系を構築するため、前年に基腐病が発生した現地圃場で、サツマイモを連作し、栽培期間中、圃場内の降雨を定期的に採取し、雨水中の基腐病菌量と発病の推移等について調査し、防除対策に活用する。

##### (2) 材料と方法

###### ア 供試圃場の前年の基腐病発病率と耕種概要

本試験における圃場は、第3節アの(イ)の連作圃場と同一である。

###### イ 圃場における基腐病の発病調査

両圃場とも、固定した調査株を5月26日から概ね7日間隔で、基腐病の発病株を計数した。その際、株基部が暗褐色から黒変する基腐病の典型的な症状<sup>18), 30)</sup>を発病株と見なした。圃場Aの調査株は、茎葉が畝間を完全に覆う7月14日までは46株ずつ3か所を、7月21日から9月8日までは20株ずつ3か所を調査し、同様に圃場Bでは7月28日まで34株ずつ3か所を、7月28日から9月8日までは20株ずつ3か所を、収穫前の9月27日は34株ずつ3か所を調査した。

###### ウ 栽培期間中の畝間の土壌および残さからのDNA抽出法および基腐病菌の定量PCR

圃場内の畝間の5か所について、地表面から深さ10cmまでの土をスコップで採取し、一つに混合した（全量約500g）。土壌中のサツマイモ残さについては、5mm角目の篩を用いて回収し、全量を細断後、十分に混和したものから、0.1gを採取し、DNA抽出用サンプルとした。土壌については、前述の篩を通過した土壌を、さらに2mm角のナイロンメッシュで振るい、十分に混和したものから0.4gを採取し、DNA抽出用サンプルとした。なお、採取は5月4日、6月8日、7月7日、8月10日および9月9日の計5回実施した。

土壌と残さのDNA抽出および基腐病菌の定量PCRは、本稿の第3節、3の(2)のウと同様に実施した。

###### エ 栽培期間中の雨水の採取、雨水からのDNA抽出法および基腐病菌の定量PCR

圃場内の雨水の採取には、簡易累積雨量計（サキミルS5000K:株式会社一色本店）を使用した。雨水の採取口（内径15cm；以下、ジョウゴと表記）の上部位置は畝の上部の高さから少し高い位置になるように調整（地表面から約25cm）し（右写真）、1圃場あたり2か所（圃場の中央および畝の端）、両圃場とも5月6日に設置した。雨水の採取



は、圃場Aでは植付後の5月13日から開始し、概ね7日間隔で9月15日まで計19回、圃場Bでも同様に5月13日から9月27日まで計21回行った。

採取した雨水は、それぞれの採取か所の体積を測定し、1日あたりの雨量（mm/日）に換算した〔採取雨量（ml）÷0.1×ジョウゴ内径面積（cm<sup>2</sup>）÷採取間隔日数（日）〕。また、採取か所ごとに雨水の一部（200ml）を、孔径3μmのメンブレンフィルター（セルロースアセテート、直径20mm：株式会社アドバンテック）でろ過し、ろ過後のメンブレンフィルターを細断したものをDNA抽出試料とした。なお、6月16日から28日、7月21日から28日および7月28日から8月4日については、回収量が200ml以下であったため、全量をろ過したものをDNA試料とした。

また、8月25日から9月1日および9月22日から9月27日は降雨がなかったため、DNA試料は得られなかった。

DNA抽出および定量PCRは本稿の第3節、3の(2)のウと同様に実施した。

### (3) 結果

#### ア 圃場における基腐病の発病株率の推移

圃場Aは6月16日(植付43日後)に基腐病の初発が認められた。その後の発病株率は、7月21日(植付78日後)に13%、8月19日(植付107日後)に40%、9月8日(植付127日後)に50%であった(図18, 圃場A)。

圃場Bは7月21日(植付83日後)に基腐病の初発が認められた。その後の発病株率は、7月28日(植付90日後)まで1%、8月12日から9月8日(植付132日後)は2%、収穫前の9月27日(植付151日後)に9%であった(図18, 圃場B)。

#### イ 栽培期間中の畝間の土壌および残さ中の基腐病菌量の推移

圃場Aの栽培期間中の土壌0.1gあたりの基腐病菌由来のDNA量は、5月4日(植付当日)は $10^{4.2}\text{fg}$ 、6月8日(植付35日後)は $10^{2.2}\text{fg}$ 、7月7日(植付64日後)は $10^{2.2}\text{fg}$ 、8月10日(植付98日後)は検出されず、9月9日(植付128日後)は $10^{3.7}\text{fg}$ であった。一方、残さ0.1gあたりの基腐病菌由来のDNA量は、5月4日は $10^{7.5}\text{fg}$ 、6月8日は $10^{7.8}\text{fg}$ 、7月7日は $10^{6.8}\text{fg}$ 、8月10日は $10^{5.2}\text{fg}$ 、9月9日(植付129日後)は $10^{6.8}\text{fg}$ であり、土壌の値と比較して高い値であった(図19, 圃場A)。

圃場Bの栽培期間中の土壌0.1gあたりの基腐病菌由来のDNA量は、5月4日(植付5日後)は $10^{2.2}\text{fg}$ 、6月8日(植付40日後)、7月7日(植付69日後)および8月10日(植付103日後)は検出されず、9月9日(植付133日後)は $10^{1.6}\text{fg}$ であった。また、残さ0.1gあたりの基腐病菌由来のDNA量は、5月4日は $10^{4.3}\text{fg}$ 、6月8日は $10^{3.5}\text{fg}$ 、7月7日は $10^{4.3}\text{fg}$ 、8月10日は $10^{3.7}\text{fg}$ 、9月9日(植付129日後)は $10^{5.5}\text{fg}$ であった(図19, 圃場B)。

#### ウ 栽培期間中の1日あたりの雨水量および雨水1ml中の基腐病菌量の推移

図20に両圃場の1日あたりの雨水量と雨水1mlあたりの基腐病菌由来のDNA量を示す(いずれの値も圃場内2か所の平均値)。圃場Aにおける雨水1mlあたりの基腐病菌由来のDNA量の推移をみると、雨水採取開始の5月13日から、本圃で初発が確認された6月16日までは、5月19日から26日を除き、 $10^{1.4}\text{fg}$ から $10^{1.7}\text{fg}$ のDNA量で基腐病菌が検出された。その後の栽培中期では、7月14日から21日および7月28日から8月4日は $10^{1.1}\text{fg}$ 以上であったが、それ以外の時期は $10^1\text{fg}$ 以下と低いDNA量であった。しかし、9月1日以降の栽培後期は他の時期と比較し、 $10^{2.6}\text{fg}$ 以上と高いDNA量であった(図20, 圃場A)。一方、圃場Bにおける雨水1mlあたりの基腐病菌由来のDNA量の推移をみると、5月13日から7月14日までの栽培中期までは、基腐病菌が検出されない期間もあり、また、検出された時期も $10^{1.5}\text{fg}$ 以下のDNA量であった。また、基腐病の初発を認めた7月21日以降に一時的に $10^{1.3}\text{fg}$ 以上のDNA量であったものの、8月下旬までは $10^1\text{fg}$ 以下のDNA量であった。しかし、9月1日以降の栽培後期は、 $10^{1.6}$ から $10^{1.8}\text{fg}$ のDNA量で基腐病菌が検出された(図20, 圃場B)。

### (4) 考察

基腐病菌と発病の関係についての知見は少ないが、苗での基腐病菌の発病には傷が重要であること<sup>26), 30)</sup>、胞子の発芽がサツマイモ組織の付傷部から滲出液する成分で誘導されること<sup>9)</sup>が報告されている。胞子の生存については、滅菌蒸留水中では少なくとも3か月程度は生存すること<sup>27)</sup>、また、土壌中では、温度や水分条件で異なるが、20°Cの黒ボク土壌中(水分率20%)で3か月程度生存することが報告<sup>30)</sup>されている。

特に、病原菌密度は発病に影響すると考えられるが、「コガネセンガン」(基腐病抵抗性や弱い品種)の一節苗を用いた生物検定では、10株移植した場合、土壌(生土)1gあたりの胞子数が $10^3$ 個では移植後25日に2株が発病し、その後は増加していないが、 $10^5$ 個では移植後12日に5株が、移植後16日に7株が発病し、基腐病菌の密度が高いほど、早く発病し、かつ、発病株

率が高くなっている<sup>16)</sup>。なお、筆者らが実施した予備試験で、基腐病菌 KM4 株の孢子  $10^3$  個は基腐病菌由来の DNA 値でおおよそ  $10^4$ fg に相当し、Sato et al.の報告<sup>34)</sup>から推定した結果も同様な値となっている。また、環境要因として、排水不良か所での発病率が高いことが知られている<sup>36)</sup>。

一方で、防除対策として、ベンレート T 水和剤 20 で苗消毒を実施した場合、苗伝染だけでなく土壌伝染についても、少なくとも定植 5 週間発病を抑制することが報告<sup>30)</sup>されている。

また、基腐病菌も含まれる *Diaporthe* 属菌について、小林<sup>19)</sup>は、「ディアポルテ菌とその近縁菌の見分け方」の接種試験の項で「胴枯性病害の場合、病原菌が宿主の皮目とか芽とか皮層部に、なんらかの形で潜在し、宿主に不利な内的・外的要因が作用した時に初めて発病という形をとるものと考えられる」と記載している。

以上の知見をもとに、畝間土壌、降雨中の基腐病菌由来の DNA 量および基腐病菌の発病との関係を考察する。圃場 A および圃場 B とともに健全苗をベンレート T 水和剤 20 により消毒を実施していたことから、基腐病菌の苗伝染の危険性は低く、かつ、土壌からの伝染も一定期間は抑制されたものと考えられる。また、圃場 A は畝内をクロルピクリンで、圃場 B は全面をダゾメットで土壌消毒を実施しており、畝間については、全面の土壌消毒を実施した圃場 B に対し、圃場 A の畝間は未消毒であった。図 19 に示すとおり、圃場 A の畝間の残さおよび土壌中の基腐病菌由来の DNA 量は、圃場 B と比較し、常に高い値を示しており、圃場 A の畝間の基腐病菌の密度は高く維持されていたものと考えられた。同様に、雨水中の基腐病菌由来の DNA 量は、圃場 A が圃場 B よりもほとんどの時期で高い値を示したこと（図 20）から、畝間に存在する基腐病菌の密度が関与したものと考えられた。実際に、発病調査においても、圃場 A の基腐病の初発が 6 月 16 日であり、圃場 B の 7 月 21 日より 1 か月以上早く確認された（図 18,20）。達観調査ではあるが、調査圃場の周辺のサツマイモ栽培圃場の初発も 6 月中旬であったことから、周辺圃場から本試験圃場への基腐病菌の飛散による発病とは考えにくい。この時期は、サツマイモ茎葉が畝間を覆う前で、畝間の土壌等は露出している状態である。

そのため、クロルピクリンの未消毒部分にあたる畝間の地表面等に残存する微細な残さや、残さに形成された孢子が雨中に直接混入する場合や、圃場表面からの降雨の跳ね返り等、複数の経路により雨量計の雨水中に混入した可能性が高いと考えられる。基腐病菌と同じ *Diaporthe* 属菌により引き起こされるカンキツ黒点病等の果樹病害においても、園内に放置された剪定枝に分生子や子のう孢子が形成され、伝染源になることが知られている<sup>15)</sup>。

その後、茎葉が圃場全体を覆う栽培中期をみると、雨水中の基腐病菌は、発病株率が高い圃場 A の方が圃場 B と比較して、検出される頻度が高かった（図 18, 20）。しかし、雨水量と病原菌量の関係には一定の傾向は認められなかった。これは、簡易累積雨量計のジョウゴの位置が、サツマイモの生育に伴い茎葉で覆われる状態となり、株下の残さや孢子の雨水中への混入量に影響し、不安定となったことが一因と考えられる。

一方、栽培後期における雨水中の基腐病菌量は、株元や畝間の茎での病斑の増加（データ略）による病勢の進展に伴い、基腐病菌量が増加したのと考えられる。また、この時期は収穫間近となり茎葉の黄化、萎れ、枯死により株間に隙間が生じ、畝間土壌や発病株からの降雨の跳ね返り等による雨水への基腐病菌の孢子等の混入頻度が増加することも雨水中の菌量が増加した一因と考えられる（図 18, 20）。

今回の結果から、前年に本病が発生した圃場でのサツマイモを連作栽培した場合の基腐病菌のサツマイモへの感染について推察すると、圃場 A ではクロルピクリンによる畝内、圃場 B はダゾメットによる全面消毒を行ったため、圃場 A は B と比較して畝間に菌が残りやすく、圃場 A の畝間の残さおよび土壌中の基腐病菌 DNA は B と比べて高かった。そのため、健全苗を定植しても圃場 A では圃場 B より畝間の基腐病菌が直接あるいは降雨等の跳ね返り等により間接的に、定植後のサツマイモ茎葉に付着しやすい状態となっていたものと考えられる。おそらく、その孢子は未発芽の状態に茎に存在し、風雨等で付傷した組織や老化した自然開口部から、サツマイモの滲出液を感知すると、孢子が発芽し、組織内に侵入することにより、発病が引き起こされるような感染メカニズムの可能性も存在するもの

と考えられる。実際に、基腐病の発病部位は、地際の株元や畝間で根を取る（発根している）茎節での発病が多く観察されている。これらの部位は植物体と地面の接地面付近であり、風雨時の植物と土壌表面部との摩擦等により傷が付きやすい部位であり、発病しやすい部位と考えられる。なお、本試験の雨水 1 mlあたりの基腐病菌に由来する DNA 量から孢子数に換算すると、圃場 A においても数個～数十個/mlと低い菌密度ではあるが、孢子の飛散が圃場全面に、かつ、連続的に起こっているものと考えられる。さらに、基腐病菌がサツマイモ茎葉に累積的に蓄積する可能性や、栽培期間が 4～5 か月と長く、風雨による傷等による感染の機会も多く存在すると推察され、雨水伝染による基腐病菌の潜在的な発病リスクは高いものと考えられる。そのため、土壌中の基腐菌量が高いほど、また、降雨日数が多いほど、茎葉へ付着する基腐病菌密度は高まり、発病の危険性も高まるものと予測される。

最後に、防除の観点から考察すると、栽培前期は発病前から基腐病菌が雨水中に検出されていることから、土壌表面の基腐病の罹病残さからの微細な残さや残さに形成された孢子が飛散することが、基腐病の初期の感染に強く関与して

いるものと考えられる。そのため、栽培前期の基腐病の防除対策として、収穫後からの残さ処理や植付前の土壌消毒による菌密度の低減、また、土壌由来の基腐病菌の飛散による植付苗への一次伝染の防止に重点をおき、植付後のまもない時期から、薬剤による予防散布が重要になるものと考えられる。一方で、栽培中期から後期は、茎に形成された新たな病斑部位からの孢子が雨水中に混入し、基腐病の感染や拡大に強く関与していることが示唆された。そのため、栽培中期や後期の基腐病の防除対策については、発病株上に形成された孢子による二次伝染の防止に重点をおき、台風など降雨量に応じた薬剤による定期的な予防散布が重要と推察された。なお、本試験では  $\alpha$  孢子の大きさ ( $5.8-9.0 \times 2.9-4.7^6$ ), ( $6.8-10.0 \times 3.4-4.1 \mu m^7$ ), ( $6.2-6.6 \times 3.0-3.5 \mu m^{10}$ ) から、雨水をろ過するメンブレンフィルターの孔径を  $3 \mu m$  としたが、さらに、検出感度を向上させるためには、より小さな孔径のフィルターでの検討が必要かもしれない。

本稿はサツマイモ栽培圃場における雨水中の基腐病菌量の推移を定量的に示した初めての報告であり、今後、基腐病の効果的な防除技術を確立するための基礎資料となれば幸いである。

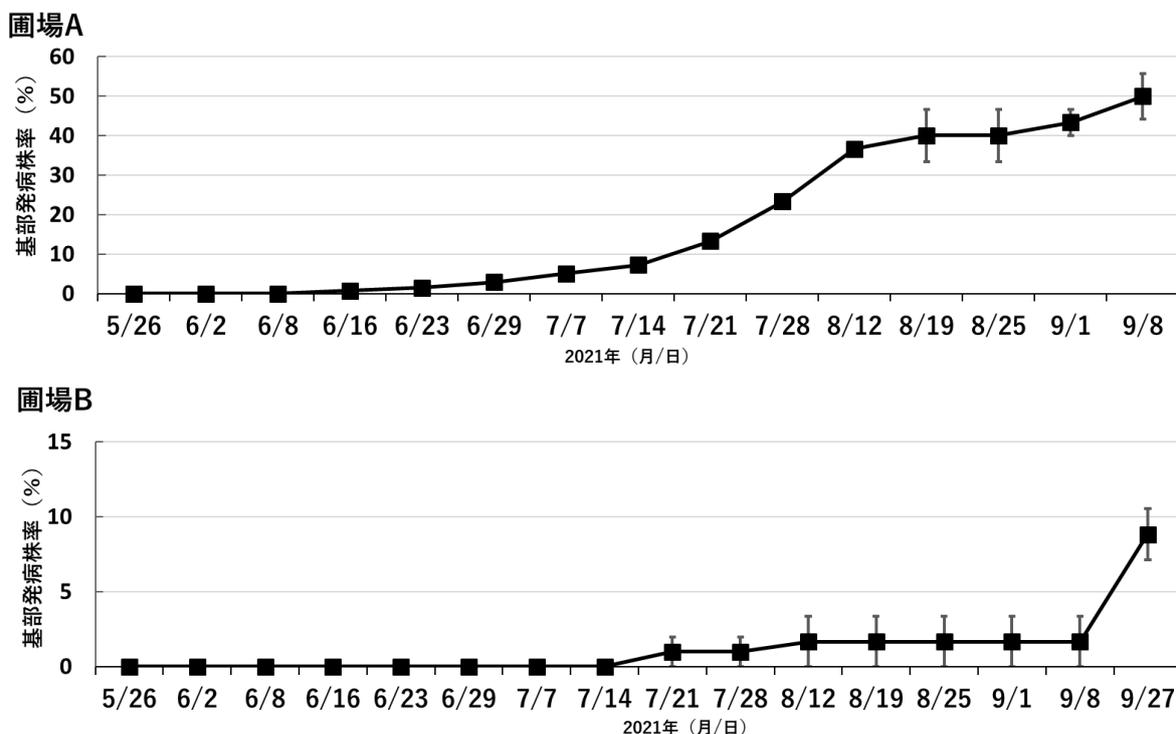


図 18 試験圃場のサツマイモ基腐病基部発病株率（上：圃場 A，下：圃場 B）  
注）圃場 A：畝内クロルピクリン消毒，圃場 B：全面ダゾメット土壌消毒

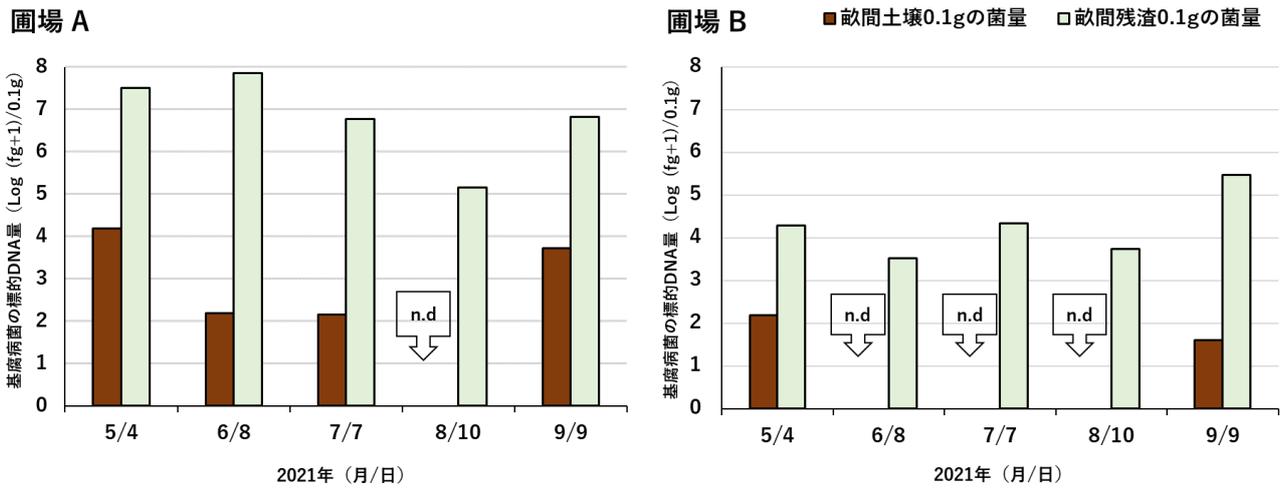


図19 試験圃場のサツマイモ栽培期間中の畝間の残さと土壌中の基腐病菌量 (右: 圃場 A, 左: 圃場 B)  
 注1) n.d: 未検出  
 2) 圃場 A: 畝内クロルピクリン消毒, 圃場 B: 全面ダゾメット土壌消毒

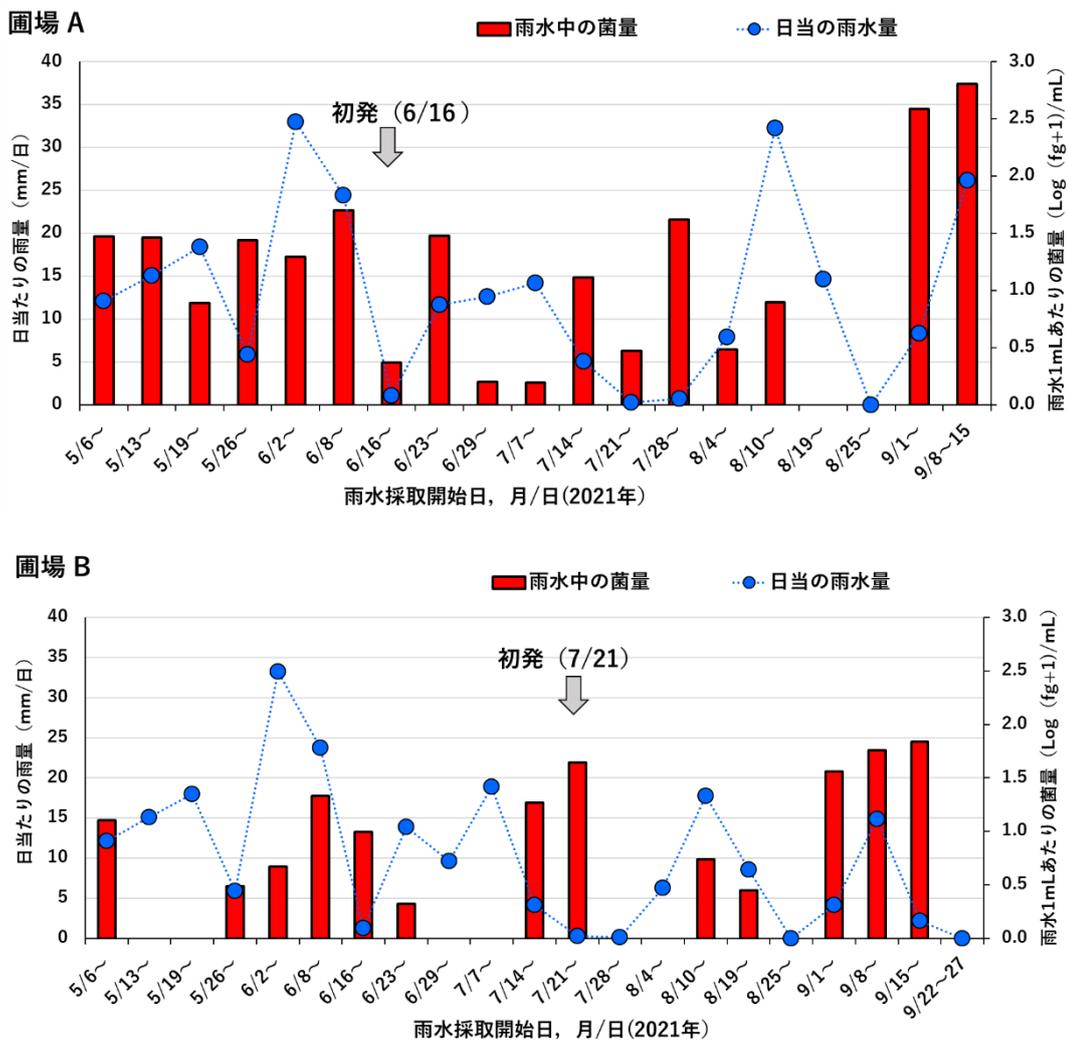


図20 試験圃場のサツマイモ栽培期間中の雨水中の基腐病菌量 (上: 圃場 A, 下: 圃場 B)  
 注) 圃場 A: 畝内クロルピクリン消毒, 圃場 B: 全面ダゾメット土壌消毒

## 謝 辞

本試験の実施にあたり、懇切丁寧なご指導を頂いた農研機構の藤原和樹博士（現：名城大学助教）野見山孝司博士、吉田重信博士および小林有紀博士に心より感謝申し上げます。また、鹿児島県農業開発総合センターの皆様には多大なご協力とご助言を頂き、深く感謝申し上げます。

## 引用文献

- 1) Ames, T., N. E. J. M. Smit, A. R. Braun, J. N. O'Sullivan and L. G. Skoglund. 1997. Sweet potato: Major Pests, diseases, and nutritional disorders. International Potato Center, Lima, Peru .96
- 2) 安楽又純 1978. 山口県における温州ミカン果実の黒点病防除について, 山口農試研報 30:65-72
- 3) Fujiwara, K., YO, Kobayashi., M, Usui., K, Nishioka., M, Nakamura., S, Kawano., Y, Okada., A, Kobayashi., A, Miyasaka., K, Hirayae., Y, Kushima., Y, Nishi. and H. Inoue . 2021. Real-Time PCR Assay for the Diagnosis and Quantification of Co-infections by *Diaporthe batatas* and *Diaporthe destruens* in Sweet Potato, Front. Plant Sci.12.694053
- 4) 藤原俊六郎・安西徹郎・小川吉雄・加藤哲郎編 1998. 土壌肥料用語辞典, 農山漁村文化協会, 66
- 5) 福田健 2024. 鹿児島県におけるサツマイモ基腐病の発生状況と防除対策の取り組み, 植物防疫 78(5):251-256
- 6) Gai, Y., H. Ma, X. Chen, J. Zheng, H. Chen and H. Li. 2016. Stem blight, foot rot and storage tuber rot of sweet potato caused by *Plenodomus destruens* in China, Journal of general plant pathology, 82(4):181-185
- 7) Harter, L. L. 1913. Foot-rot, a new disease of the sweet potato., Phytopathology 3:243-245
- 8) Harter, L. L. and J. L. Weimer. 1929. A monographic study of sweet-potato diseases and their control, Technical Bulletin No. 99, United States Department of Agriculture.
- 9) 橋本秀一・越智直・吉田重信 2023. サツマイモ組織付傷部からの滲出液は基腐病菌  $\alpha$  胞子の発芽を誘導する, 日植病報 89(3):154 (講要) .
- 10) 黄巧愛・楊宏仁・林静宜・許淑麗・頼素玉・兒惹芳 2016. 甘藷基腐病菌 *Phomopsis destruens* 生理特性及防治技術研究, 台湾農業研究 65:45-53
- 11) 井上一男・西ヶ谷昭三 1965. カンキツ黒点病に関する研究(III)伝染について, 関西病虫研報 7:22-28
- 12) 鹿児島県病害虫防除所 2018. 平成 30 年度病害虫発生予察特殊報第 3 号
- 13) 鹿児島県 2024. サツマイモ基腐病対策のポイント (総合的対策)  
<https://www.pref.kagoshima.jp/ag06/documents/satumaimobyougai.html>  
(2024 年 6 月 22 日アクセス確認)
- 14) 梶谷裕二・山田健一・堤隆文 1991. ブドウ枝膨病の感染時期, 福岡総農試研報 B-11:97-100
- 15) 兼松聡子 2024. ディアポルテ (ホモプシス) 属菌による果樹病害の生態と防除, 植物防疫 78(7):399-407
- 16) かんしょ基腐病コンソーシアム 2025. かんしょ生産工程におけるサツマイモ基腐病発病リスク低減技術集「次作におけるサツマイモ基腐病防除対策の意思決定支援技術」.25-30
- 17) Kobayashi, A., YO, Kobayashi., N, Someya. and S, Ikeda. 2015. Community Analysis of Root- and Tuber-Associated Bacteria in Field-Grown Potato Plants Harboring Different Resistance Levels against Common Scab. Microbes Environ. 30(4) :301-309
- 18) 小林有紀 2022. サツマイモ基腐病の発生生態と防除対策, 植物防疫 76(8):406-413
- 19) 小林享夫 1973. ディアポルテ菌とその近縁菌の見分け方, 植物防疫 27(1):27-35
- 20) Lopes, C. A., P. Boff and V. Duarte. 1994. Foot rot of sweet potato in Brazil. Pesquisa Agropecuária Brasileira.
- 21) Maeda, A., Minoshima, A., Kawano, S., Nakamura, M., Takushi, T., Yamashiro, M., Kawamura, F., Oshiro, A., Ichinose, K., Okada, Y., Rossman, A. and Y., Hirooka, Y. 2022. Foot rot disease of sweet potato in Japan caused by *Diaporthe destruens*: first report, pathogenicity and taxonomy, Journal of general plant pathology 88(1): 33-40
- 22) 宮崎県病害虫防除・肥料検査センター 2019. 平成 30 年度病害虫発生予察特殊報第 4 号
- 23) 中野政詩・宮崎毅 1989. 土の中の物質移動(7) -土壌中における粗大有機物の分解予測-, 農業土木学会誌 57(1):47-62
- 24) 新潟県病害虫防除所 2024. 令和 5 年度病害虫発生予察情報特殊報第 2 号
- 25) 西岡一也・西八東・尾松直志・末川修・児玉真一郎・上之菌茂 2021. サツマイモ基腐病による貯蔵中の種苗用塊根の発病リスクを軽減する塊根管理技術, 日植病報 87(4):239-250

- 26) 西岡一也・西八束 2023. サツマイモ基腐病の発生苗床から採取した苗の保菌状況と発病リスク, 日植病報 89(1):55 (講要)
- 27) 西八束・西岡一也・野見山孝司 2024. 滅菌水, 土壌水分の異なる滅菌土および無滅菌土の条件の違いがサツマイモ基腐病菌の生存に与える影響, 九病虫研会報 70:21-26
- 28) Nomiya, K., Tomioka, K., Nakaho, K. 2022. Generation and soil detection of nitrate-nonutilizing mutants of *Diaporthe destruens* causing foot rot of sweet potato, *J. Gen. Plant Pathol.*(88):128-133
- 29) 農研機構 2008. キュウリホモブシス根腐病防除マニュアル
- 30) 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) 2023. サツマイモ基腐病の発生生態と防除対策(令和4年版)
- 31) 農林水産省 1982. 地中温度等に関する資料, 農業気象資料第3号データベース, 東京大学大学院農学生命科学研究科, [https://www.iai.ga.a.u-tokyo.ac.jp/mizo/research/soildb/ground\\_T\\_db.html](https://www.iai.ga.a.u-tokyo.ac.jp/mizo/research/soildb/ground_T_db.html) (2024年5月6日アクセス確認)
- 32) 沖縄県病害虫防除技術センター 2018. 平成30年度病害虫発生予察特殊報第8号
- 33) Paul, N. C., S. S. Nam, W. Park, J. W. Yang and A. Kachroo. 2018. First Report of foot and storage tuber rot in sweetpotato (*Ipomoea batatas*) caused by *Phomopsis destruens* in Korea, *Plant Disease* 103(5)
- 34) Sato E, Sekiguchi H, Kawabe M and Yoshida S. 2025. Detection and quantification of *Diaporthe destruens* from soil using real-time PCR with a novel TaqMan probe, *Soil Microorganisms* 79(1):57-63
- 35) Sherf, A. F. and A. A. MacNab 1986. Vegetable Diseases and Their Control, In: Sweet potato: Foot rot, 2nd ed, John Wiley & Sons (N.Y.):566-567
- 36) 島武男・落合将輝・小林有紀・石井孝典・小林透・鎌田えりか・斎藤晶・関口博之・吉田重信 2024. サツマイモ基腐病の被害甚大な地区におけるネットワーク解析を用いた効果的な防除技術の提示, 農業情報研究 33 (2):81-96
- 37) Sweetpotato DiagNotes, Foot rot, Australian Centre for International Agricultural Research (ACIAR) <https://keys.lucidcentral.org/keys/sweetpotato/key/Sweetpotato20Diagnoses/Media/Html/TheProblems/DiseasesFungal/FootRot/Foot%20rot.html> (2024年4月30日アクセス確認)
- 38) Tanaka J, Ikeda S. 2002. Rapid and efficient DNA extraction method from various plant species using diatomaceous earth and a spin filter, *Breed Sci* 52:151-155
- 39) 臼井真奈美・櫛間義幸 2020. 宮崎県におけるサツマイモ基腐病の発生状況と第一次伝染源の解明並びに発病抑制を目的とした採苗方法の検討, 九病虫研会報 66:12-17
- 40) Wang, Y. Y. 2014. Study on Foot Rot and Dry Rot of Sweet Potato in Northern Taiwan, National Taiwan University Master Thesis:4(summary)

## Study on the Disease Development Dynamics and Transmission of Sweet Potato Foot Rot Disease in Kagoshima Prefecture, Japan

Yatsuka Nishi, Kazuya Nishioka, Takashi Honda, Yoshihiro Nakanishi,  
Tomohiro Fukumoto, Takeshi Fukuda and Takeshi Kamimuro

### Summary

The occurrence of Sweet Potato Foot Rot (SPFR) was confirmed in Kagoshima Prefecture, Japan, in 2018. To establish effective control measures, we investigated disease occurrence, transmission pathways, and the ecology of the causal pathogen, *Diaporthe destruens*. Field surveys identified disease symptoms useful for early diagnosis in seedling nurseries and revealed that the pathogen could be detected from externally healthy tissues of seedlings derived from infected seed tubers. Seedling disinfection with benzimidazole fungicides suppressed seedling-borne transmission and delayed soil-borne transmission from contaminated soil for approximately one month.

Survival tests showed that the pathogen survived for more than 94 days in sterilized water and sterilized soil, whereas survival was reduced in non-sterilized soil, particularly under high-moisture conditions, suggesting an influence of soil microorganisms and moisture on pathogen persistence. In fallow trials conducted in heavily infested fields, the pathogen was detected for long periods in infected plant residues but was not detected in soil more than 10 months after tillage. These results indicate that infected residues are the primary source of soil-borne inoculum, and suggest that at least two years of fallow or crop rotation are required to suppress soil-borne transmission.

Quantification of pathogen abundance in rainwater from continuously cropped fields indicated that inoculum originating from residues contributed mainly to primary infection during the early growth stage, whereas spores produced from newly developed lesions were involved in infection and secondary spread during the middle to late growth stages, reflecting rainwater-borne transmission. These findings suggest that effective management of SPFR requires reduction of soil-borne inoculum through residue management before planting, preventive fungicide applications from the early growth stage, and suppression of rainwater-borne transmission during the latter half of the growing season.

Keywords : *Diaporthe destruens*, Quantitative PCR, Rainwater-borne transmission,  
Seedling-borne transmission, Soil-borne transmission