

ショウガ貯蔵根茎腐敗病の防除対策

岡美佐子・矢野和孝・森田泰彰

(高知県農業技術センター)

Control Strategies of Rhizome Rot of Ginger

By Misako OKA, Kazutaka YANO and Yasuaki MORITA, (Kochi agricultural research center, Hataeda 1100, Nankoku, Kochi 783-0023, Japan)

キーワード : ショウガ, 貯蔵根茎腐敗病, 物理的防除, 化学的防除, *Pythium spinosum*

緒 言

高知県のショウガは、栽培面積435ha、年間出荷量15,800tで全国シェアの43.4% (2019年) を占める重要な品目である (高知県, 2021)。栽培面積の約9割が露地栽培であり (高知県, 2021), 10~11月に収穫した根茎を貯蔵して順次出荷することで、安定した周年出荷体制が構築されている。

しかし、2011年頃から、貯蔵中に根茎が腐敗する貯蔵根茎腐敗病が発生し問題となっている (岡ら, 2021)。収穫後のショウガは、根や偽茎 (第1図) を切除したのち、ポリエチレン袋に入れて13~15℃で貯蔵される (青木, 1988)。調整時に切り残された偽茎は貯蔵中に脱落する (青木, 1988) が、本病害は主に、この偽茎の脱落痕 (以下、茎落ち部とする) から根茎内部に向けて淡褐色水浸状に軟化腐敗する (岡ら, 2021)。主要産地の出荷場への聞き取り調査によると、貯蔵中の腐敗による被害は例年、受込量の1~2割に及び、このうち本病による被害は4割程度を占めると推測されている。本病は発病の有無を外観から判別することが難しく、気が付かないまま青果として出荷・販売され、流通段階以降に発病に気付くことが多い。そのため、市場評価を著しく下げる原因にもなっている。本病は*Pythium spinosum*によって引き起こされる病害であり (山崎ら, 2015), 収穫調整作業時に切り落とされた偽茎の切り口に病原菌が付着することで感染し、貯蔵中に腐敗が進行することが明らかとなっている (岡ら, 2021) が、防除対策については不明であった。

そこで、本病害の防除に向け、温湯処理による種根茎消毒の可能性、感染から根茎に侵入するまでに

要する日数と発病の関係、圃場における薬剤防除の効果について調査し、新たな知見を得たので報告する。



掘り上げたショウガ根茎は、偽茎や根を切除した後貯蔵される。

第1図 収穫時のショウガ根茎

材料および方法

1. 供試菌株と接種源の調整

試験には、2011年に高知市で採取した貯蔵根茎腐敗病罹病根茎から得られた単菌糸分離株 (菌株名: P12) を供試した。

接種源には、菌そうディスクまたは人工汚染土壌を用いた。菌そうディスクは供試菌株をブドウ糖加用ジャガイモ煎汁寒天平板培地 (PDA 培地, 土壤微生物研究会, 1975) 上で 25℃, 暗黒条件下で7日間培養後、菌そうの周縁部を内径 5.5mm のコルクボーラーで培地ごと打ち抜いて作成した。人工汚染土壌は、小麦胚芽油 500ppm を添加したトウモロコシ寒天平板培地 (CMA 培地, 土壤微生物研究会, 1975) 上で 27.5℃, 30日間以上培養し、卵胞子を形成させた供試菌株を培地ごと磨砕して卵胞子濃

度を計数した後、オートクレーブ滅菌した市販育苗培養土（土太郎，住友林業緑化株式会社，以下同じ）と混和し，卵孢子濃度が概ね 1.0×10^3 個/g（生土）になるようにして作成した。

2. 病原菌の死滅温度

素寒天平板培地上にオートクレーブ滅菌したススキ葉片（約 10mm×2~5mm）を置き，供試菌株の菌そうディスクを置床した。27.5℃，暗黒条件下で 15 日間培養し，顕微鏡観察により卵孢子の形成を確認したススキ葉片（以下，培養ススキ葉片）を供試した。チャック付ポリ袋（商品名：ユニパック B-4，85mm×60mm×0.04mm）に滅菌水 1mL と培養ススキ葉片 2 枚を入れ，50，52，54，56℃に調整した恒温水槽（IWAKI THERMO REGULATOR CTR-420）を用いて温湯中に浸漬・保持した。処理時間はそれぞれ浸漬開始から 5，10，20，30 および 60 分間とし，処理後は直ちに流水中で冷却した。試験には各処理ともポリ袋 2 つ，ススキ葉片計 4 枚を供した。

処理後の培養ススキ葉片を，*Pythium* 菌選択培地である NARF 平板培地（Morita and Tojo, 2007）上に置床し，27.5℃で培養した。培養 15 日後に菌糸伸長の有無を観察し，その時点で伸長が認められなかったものは 92 日後まで観察を継続し，菌糸伸長の有無により病原菌の死滅を判定した。

3. ショウガ偽茎内における病原菌の菌糸伸長

2020 年 11 月 11 日に，本病の発病履歴のない農業技術センター内露地圃場からショウガの偽茎を採取して供試した。偽茎は地際部で切り取り，試験開始までポリエチレン袋に入れて 15℃で保管した。採取 15 日後（11 月 26 日）に，滅菌した芽切りばさみを用いて偽茎を地際部から 6.5cm の長さに切り揃え，上側の切断面に菌そうディスクを貼り付けて接種した。接種面が上になるようにしてガラス製ビーカー（100mL 容）に 7~8 本ずつ立てて入れ，さらに 0.02mm 厚のポリエチレン袋に入れて 15℃で保管した。

調査は接種 3 日後から 1 日ごとに 7 日後まで実施した。処理した偽茎の表面を 70%エタノールおよび 2%次亜塩素酸ナトリウム溶液で殺菌したのち，接種面から 3，4，5cm の位置で切断して厚さ 0.5mm 程度の円盤状の切片を作成し，NARF 平板培

地上に置床した。これを 27.5℃で培養して，*P.spinosum* の菌糸伸長の有無を調査した。なお，試験は 1 回のみ行い，調査日ごとに偽茎を 15~16 本調査した。

4. 収穫調整時の偽茎の長さが発病に及ぼす影響

農業技術センター内露地圃場に 2018 年 4 月 19 日に定植し，11 月 14 日に掘り上げたショウガ（系統：大ショウガ）16 株を供試した。掘り上げたショウガは圃場内で一晚保管した後，11 月 15 日に調整を行った。ショウガ根茎のうち，概ね直径 1 cm 以上の偽茎を持つ分けつ茎を 1 株当たり 10~20 個採取してこれを等分し，片方は偽茎を 5cm 残して，もう片方は 1cm 残して切除した。処理した根茎をさらに等分し，それぞれの切断面に人工汚染土壌または滅菌培養土を約 30mg ずつ付着させ，0.025mm 厚のポリエチレン袋に入れ，ショウガ根茎の表面が十分に湿る程度に滅菌水を噴霧して 15℃で保管した。各処理とも接種根茎を 49~72 個ずつ供試し，反復は設けなかった。

本病に感染，発病したショウガ根茎は貯蔵中に腐敗が進行するが，筆者の観察では，貯蔵後概ね 2 か月以上経過したショウガ根茎で腐敗の進行程度に大きな差が見られたことから，発病調査は接種 81 日後（2019 年 2 月 4 日）に実施した。茎落ち部から内部に向けて根茎を切断し，次の発病指数（岡ら，2021）に基づいて発病程度を調査し，発病根茎率および発病度を算出した（第 2 図）。

[指数] 0：異常なし（茎落ち部から深さ 3mm 未満の根茎が褐変するものを含む），0.5：茎落ち部から深さ 3mm 以上 5mm 未満の根茎が褐色水浸状に腐敗する，1：茎落ち部から深さ 5mm 以上 10mm 未満の根茎が褐色水浸状に腐敗する，2：茎落ち部から深さ 10mm 以上 15mm 未満の根茎が褐色水浸状に腐敗する，3：茎落ち部から深さ 15mm 以上の根茎が褐色水浸状に腐敗する。

発病度 = Σ （指数 × 指数別根茎数） ÷（調査根茎数 × 3） × 100

防除価 = $(1 - \text{偽茎長 5 cm の発病度} \div \text{偽茎長 1 cm の発病度}) \times 100$



発病程度：0

発病程度：0.5



発病程度：1

発病程度：2



発病程度：3

第2図 根茎の発病程度

5. 殺菌剤の防除効果

農業技術センター内の露地圃場に2019年4月18日に定植したショウガに、10月28日（ショウガ収穫22日前）、11月5日（同14日前）、11日（同8日前）の計3回、以下の供試薬剤を処理した。供試薬剤は、アゾキシストロビン・メタラキシルM粒剤（2.0%・1.0%，18 kg/10a），シアゾファミド水和剤（9.4%，500倍希釈，3L/m²），アミスルブロム水和剤（50.0%，2,000倍希釈，3L/m²），ピカルブトラゾクス水和剤（5.0%，250倍希釈，3L/m²），エタボキサム水和剤（12.5%，2,000倍希釈，3L/m²）とした。水和剤は所定量の希釈液を土壌灌注処理し，粒剤は所定量を土壌表面に散布した後3L/m²の水道水を散水して土壌への浸透を促した。1処理あたりのショウガ株数は12株，面積5.4 m²（畝幅1.8m×畝長3.0m），反復なしとし，3L/m²の水道水のみを散水処理した薬剤無処理区も設けた。なお，栽培期間

中は，*Pythium* 属菌に影響があると考えられる殺菌剤は試験薬剤以外使用しなかった。

11月19日に各処理区から6株ずつショウガ根茎を収穫し，偽茎を1cm残して切除した後，人工汚染土壌を切断面に約30mg付着させた。処理した根茎は処理薬剤ごとに0.03mm厚のポリエチレン袋に入れ，ショウガ表面が十分に湿る程度に滅菌水を噴霧してから15℃で保管した。

発病調査は，接種66日後（2020年1月24日）に，「収穫調整時の偽茎の長さが発病に及ぼす影響」の調査と同様に行った。

結果

1. 病原菌の死滅温度

培養15日後の調査において，50℃・5，10，30，60分間処理，52℃・5，10，20分間処理，54℃・5，10分間処理で菌糸の伸長が認められ，これらの条件では病原菌は死滅しなかった（第1表）。54℃・20分間処理，56℃・5，10分間処理については，92日後まで観察したものの，菌糸の伸長は認められず，死滅したと判定した。

第1表 温湯処理後の病原菌の菌糸伸長

処理温度 (℃)	処理時間(分)				
	5	10	20	30	60
50	4/4	4/4	nt	4/4	4/4
52	2/4	2/4	1/4	nt	nt
54	4/4	1/4	0/4	nt	nt
56	0/4	0/4	nt	nt	nt

注) 菌糸伸長が認められた葉片数/供試葉片数
n t : 未実施

2. ショウガ偽茎内における病原菌の菌糸伸長

ショウガ偽茎に病原菌を接種したところ，3日後には接種部から3cm離れた切片から，6日後には4cm，7日後には5cm離れた切片から病原菌が再分離された（第2表）。

第2表 ショウガ偽茎からの病原菌の再分離率

接種後 経過日数	調査 偽茎数	<i>P. spinosum</i> 分離率(%)		
		接種面からの距離		
		3cm	4cm	5cm
3日後	15	13.3	0.0	nt
4日後	16	18.8	0.0	0.0
5日後	15	20.0	0.0	0.0
6日後	16	nt	18.8	0.0
7日後	16	nt	12.5	12.5

n t : 未実施

3. 収穫調整時の偽茎の長さが発病に及ぼす影響

偽茎を 1cm 切り残したショウガ根茎に人工汚染土壌を接種した場合の発病率は 22.2%，発病度は 8.6 であった。一方，偽茎を 5cm 切り残した場合にはそれぞれ 8.6%，2.9 となり，防除価は 66.3 であった。なお，滅菌培養土を付着させた根茎では，5cm 切り残しでは発病は見られなかったが，1cm 切り残しではごく軽微な発病が認められた（第 3 表）。また，いずれの処理でも，調査時の偽茎は全て飴色に変色，軟化して脱落していたが，異臭等の異常は見られなかった（データ省略）。

第3表 切り残した偽茎の長さとの発病

供試土壌	偽茎長 (cm)	調査根茎数	発病根茎率 (%)	発病度	防除価
人工汚染土壌	5	58	8.6	2.9	66.3
滅菌培養土	1	72	22.2	8.6	
	5	72	0.0	0.0	100.0
	1	49	4.1	0.7	

4. 殺菌剤の防除効果

薬剤無処理区の発病根茎率は 38.7%，発病度は 9.1 であった。供試した薬剤のうち，シアゾファミド水和剤は発病根茎率 12.1%，発病度 2.1 と薬剤無処理の半分以下に抑えられ，防除価は 76.9 であった。エタボキサム水和剤は発病根茎率 17.4%，発病度 4.1 で防除価 54.9，アゾキシストロビン・メタラキシル M 粒剤は同 19.8%，4.3 で防除価 52.7 であった。ピカルブトラゾクス水和剤は同 27.6%，6.0 で防除価 34.1，アミスルブロム水和剤は同 28.9%，6.3 で防除価 30.8 であった（第 4 表）。

考 察

ショウガ貯蔵根茎腐敗病の主要な伝染源の一つとして，本病に罹病した根茎を種根茎として用い

ることで，周辺土壌が病原菌に汚染され新根茎での発病につながると考えられている（岡ら，2021）。そこで，本菌を圃場へ持ち込むリスクを軽減するために，種根茎の温湯消毒を想定し，病原菌の死滅温度を調査した。罹病根茎上では，病原菌は卵胞子の形態で残存している可能性が高いと考えられるため，卵胞子の形成を確認したススキ葉片を用いて調査した結果，50℃・60 分以内，52℃・20 分以内，54℃・10 分以内の処理では菌糸伸長が認められ，これらの条件では本菌は死滅しないことが確認された。54℃・20 分以上，56℃・5 分以上の処理では，処理後 92 日間培養しても菌糸の伸長は認められず，本菌は死滅したと考えられた。*Pythium myriotylum* によるショウガ根茎腐敗病対策として報告されている温湯消毒法では，種根茎を 50℃・10 分間浸漬することで効果が認められる一方，52℃・10 分以上の処理では定植後のショウガの生育に悪影響を及ぼすことが報告されており（長崎県農林技術開発センター，2014），今回の結果から，温湯消毒により本病を防除することは困難であると考えられた。

次に，本菌の 15℃における偽茎内部での伸長速度について調査した結果，本菌の菌糸は接種 3 日後には接種面から 3cm，7 日後には 5cm 先まで到達することが確認された。栽培現場では，調整作業で偽茎を除去する際，慣行的におよそ 1cm 残して切除するが，この長さでは貯蔵後 3 日以内に本菌が根茎に到達，侵入する可能性があると考えられた。一方で，ショウガでは貯蔵後に偽茎が脱落する茎落ち現象が知られており，この現象は 15℃で貯蔵した場合には 1~2 週間以内に起こることを観察している。また，本菌をショウガ根茎の偽茎切断面以外の部位に有傷接種してもほとんど発病しない（岡ら，2021）ことから，偽茎の切断面に付着した本菌が根茎に到達する前に離層が形成されれば，感染を軽減することができるのではないかと考え

第4表 各種殺菌剤の防除効果

薬剤名 (成分%)	希釈倍率	処理量	調査根茎数	発病根茎率 (%)	発病度	防除価
アゾキシストロビン・メタラキシルM粒剤 (2.0%+1.0%)	—	18kg/10a	116	19.8 *	4.3	52.7
シアゾファミド水和剤 (9.4%)	500倍	3L/m ²	140	12.1 *	2.1	76.9
アミスルブロム水和剤 (50.0%)	2,000倍	3L/m ²	114	28.9	6.3	30.8
ピカルブトラゾクス水和剤 (5.0%)	250倍	3L/m ²	105	27.6	6.0	34.1
エタボキサム水和剤 (12.5%)	2,000倍	3L/m ²	144	17.4 *	4.1	54.9
無処理	—	—	124	38.7	9.1	

注) *カイ二乗検定により，無処理と比較して5%水準で有意差あり。

られた。そこで、収穫調整時に偽茎を 5cm 切り残し、慣行との比較を行ったところ、偽茎を 5cm 残した根茎の発病根茎率、発病程度は、慣行の 1cm と比較して大幅に軽減され、本病の防除に有効であると考えられた。切り残す偽茎が長いほど本病の発病リスクは低くなると考えられるが、作業効率や貯蔵効率も考慮する必要がある。なお、滅菌培養土を切断面に付着させた場合にも、慣行の 1cm 切り残して軽微な発病が確認されたが、これは、根茎表面に付着した圃場の土壌中に低密度ながら病原菌が含まれており、収穫調整作業中に偽茎の切断面に付着、感染したものと考えられた。

本病に対し有効な薬剤を探索するため、5 剤について収穫 3 週間前からの 3 回処理により防除効果を検討したところ、今回の試験ではシアゾファミド水和剤で高い防除効果が認められた。次いで防除価が高かったのは、エタボキサム水和剤、アゾキシストロビン・メタラキシル M 粒剤であった。これらの剤は本病の被害軽減に有効であると考えられたが、5 剤のうちショウガに登録適用のある殺菌剤はシアゾファミド水和剤、アゾキシストロビン・メタラキシル M 粒剤、アミスルブロム水和剤の 3 剤のみ (2022 年 12 月時) で、さらに収穫 1 週間前時点でも使用できる剤はアミスルブロム水和剤のみである。処理に要する経費や労力などのコストも大きいことから、安定して高い効果が認められなければ、栽培現場での使用は難しい。今後、効果の高い剤の適用拡大と、現場での実証試験の積み重ねが必要と考えられる。

摘 要

高知県の露地ショウガで問題となっている *Pythium spinosum* による貯蔵根茎腐敗病の防除対策について試験を実施した。まず、種根茎の温湯消毒を想定し病原菌の死滅温度について調査したところ、

死滅に要する温度条件が 54℃以上と高く、ショウガ種根茎のその後の生育に影響を及ぼすことが懸念され、温湯消毒による防除は困難と考えられた。次に、収穫調整時に切り残す偽茎の長さを 5cm にした根茎では、慣行の 1cm 切り残しと比較して発病が大きく抑制され、有効な防除対策となる可能性が示された。また、5 種類の殺菌剤の生育期処理について検討した結果、シアゾファミド水和剤、エタボキサム水和剤の土壌灌注処理およびアゾキシストロビン・メタラキシル M 粒剤の土壌表面散布処理で防除効果が認められた。

引用文献

- 青木宏史 (1988) : ショウガ. 農業技術体系野菜編 第11巻特産野菜・地方品種 (農山漁村文化協会編), 農山漁村文化協会. 東京: 特産野菜236~特産野菜240.
- 土壌微生物研究会 (1975) : 培地および特殊溶液の組成と作り方. 土壌微生物実験法 (土壌微生物研究会編), 養賢堂. 東京: 381~382.
- 高知県 (2021) : 高知県の園芸. 高知県農業振興部, 高知: 11~25.
- 長崎県農林技術開発センター (2014) : ショウガ根茎腐敗病に対する種ショウガの温湯消毒マニュアル, 農研機構. 茨城: 5~8.
- Morita, Y. and M. Tojo (2007) : Modification of PARP medium using fluazinam, miconazole, and nystatin for detection of *Pythium* spp. in soil. *Plant Dis*, 91 : 1591~1599.
- 岡美佐子・山崎睦子・矢野和孝・森田泰彰 (2021) : ショウガ貯蔵根茎腐敗病の発生生態. *農技セ研報*, 30:1~6.
- 山崎睦子・景山幸二・森田泰彰 (2015) : *Pythium spinosum*によるショウガ貯蔵根茎腐敗病 (新称). *日植病報*, 81 (3), 215 (講要).