

特集：ピシウム病害

ショウガ根茎腐敗病とその防除

高知県農業技術センター やま 山 ざき 崎 むつ 睦 こ 子

はじめに

ショウガ (*Zingiber officinale* Rosc.) は、古くから香辛料、薬用、漬物等に利用されてきた生活に欠かせない作物の一つである。利用形態により根ショウガ、葉ショウガおよび芽ショウガがあり、地域や栽培法により適した品種群や系統が用いられている。そのうち根ショウガは、主に水田転換畑などで露地栽培されており、一部では他作物との輪作によるハウス栽培も行われている。根ショウガの2008年の国内作付面積は、1,920 ha、収穫量は49,800 tであり、主な産地は高知、熊本、千葉、和歌山県である。そのうち高知県は全国の栽培面積の22.4%、収穫量の31.7%をしめる国内屈指の産地である。高知県で最も多い作型である露地栽培では、晩霜などによる寒害の恐れがなくなる4月上旬～下旬にかけて種根茎を植え付け、10月下旬～11月中旬までに収穫した後、直ちに15℃に設定された貯蔵庫で保管して翌年9月ころまで随時出荷する。

ショウガに発生する立枯性の病害には、*Pythium zingiberum* (*P. myriotylum* と同一種とされる。LÉVESQUE and De COCK 2004; VILLA et al., 2006) による根茎腐敗病 (高橋, 1954; 桂・谷岡, 1967), *Phytophthora citrophthora* による疫病 (山崎ら, 2009), *Ralstonia solanacearum* による青枯病 (土屋ら, 1999) および *Erwinia carotovora* subsp. *carotovora* による腐敗病 (中沢・加藤, 1953) 等がある。なかでも根茎腐敗病は、土壌伝染、水媒伝染および種根茎伝染し、いったん発生すると圃場内で急速にまん延し、栽培を放棄せざるを得ないような壊滅的な被害をもたらすこともある。また、発病した年だけにとどまらず罹病残さや汚染土壌が次作の伝染源となるため、ショウガ産地の維持を脅かす最も重要な病害である。高知県内の本病の被害面積は、高知県有害動植物発生予察事業年報 (2003～06年) によると、ショウガ栽培面積の3～4割にものほり、生産現場において本病の防除対策は必須となっている。

本病の防除には、これまで臭化メチル剤による土壌消毒が広く実施されてきたが、本剤はオゾン層保護のために2005年に原則廃止され、不可欠用途用の臭化メチルについても2013年に全廃される予定である。高知県では、2008年から取り組んでいる「新たな農林水産施策を推進する実用技術開発事業：臭化メチル剤から完全に脱却した産地適合型栽培マニュアルの開発」において、関係機関とともにショウガ根茎腐敗病防除を主軸とした栽培体系の構築を目指している。本稿では、ショウガ根茎腐敗病の発生生態、病原菌の性状、耕種の防除法に併せて、当センターで取り組んでいる臭化メチル剤を使用しない防除法の取り組みについて概要を紹介したい。

I 発生生態

1 病徴

ショウガ根茎腐敗病の病徴は、はじめ地際部付近の偽茎に楕円形の暗緑色水浸状の変色を生じ、変色は速やかに偽茎の上部へ広がり、下位葉から上位葉へ黄化が進む (口絵①)。さらに病徴が進むと偽茎は黄色となり地際部は軟化し、株全体が立枯症状となるとともに地際部から倒伏する (口絵②)。幼芽は、水浸状に黄～褐変し速やかに腐敗する。根茎は、表面が淡褐色～暗黒色水浸状を呈するとともに内部が淡褐色水浸状となり (口絵③)、根茎組織は軟化し、腐敗する。根茎表面に褐色の陥没を生じる場合もある。湿潤条件では、病斑部の表面に綿毛状の白色菌糸を生じる。罹病根茎の細胞組織内には隔膜のない菌糸が見られ、菌糸がショウガの細胞壁を貫通する際、細胞壁の手前で膨らみを生じる (口絵④)。菌糸内では伸長方向に向かって原形質の流動が見られるが、古い菌糸では原形質が消失し細胞壁も見えにくくなるため、腐敗の進んだ組織では菌糸が観察されないことも多い。罹病細胞内に球状の卵胞子が観察される場合もある。

2 発生時期

高知県の露地栽培では、年によって多少の早晩はあるもののおおむね6月中下旬から発生が見られ始め、7月～8月にかけて急増する。本病は栽培後期の10月中旬まで新たな発生が見られる場合もある。

3 発生状況

海外では、BUTLER (1907) が初めてショウガ根茎を腐

Ecology and Control of Root Rot Caused by *Pythium zingiberum* on Ginger (*Zingiber officinale*). By Mutsuko YAMAZAKI

(キーワード：ショウガ (*Zingiber officinale* Rosc.), 根茎腐敗病, 発生生態, 防除法, 臭化メチル代替剤)

敗させる *P. gracile* (*P. aphanidermatum*) を報告して以来、日本、中国、ナイジェリア、フィジー、台湾、オーストラリア、ハワイ、スリランカ、韓国等でも *P. myriotylum* をはじめ数種類の *Pythium* 属菌による病害が報告されている (Dohroo, 2005)。国内では、1954年に高橋が大阪府のショウガに腐敗や立枯れ症状を引き起こす *P. zingiberum* nov. sp. を報告している。一谷・新須 (1980) の行った土壤中の *Pythium* 属菌の分布状況調査によると、大阪、京都府、長崎、和歌山、愛知、千葉県でも *P. zingiberum* が検出され、高知県では1976年に露地ショウガ根茎から *P. zingiberum* を分離したと報告されている。

II 病原菌の性状

1 形態

1954年に高橋が腐敗したショウガの根や立枯れ症状を呈した株から分離した *Pythium* 属菌を *P. zingiberum* nov. sp. として報告した。その後、桂・谷岡が1967年

に滋賀県のショウガ根茎から分離した *Pythium* 属菌の形態・生理的性質を調査し、形態的に原報告 (記載) と蔵精器の形成様式、遊走子の大きさ、卵胞子膜の厚さ等に若干の相違が見られるものの *P. zingiberum* Takahashi と同定するとともに病名を根茎腐敗病とすることを提案した。ただし、*P. zingiberum* は *P. myriotylum* と厚膜胞子の形態が異なるとされているが、分子系統学的分類では両種を同種レベルであるとする報告もあり (LÉVESQUE and De Cock, 2004; VILLA et al., 2006)、今後整理が必要と思われる。なお、*P. myriotylum* による病害については、近年我が国でも数種植物で報告されるようになってきている。診断の参考のために、これまでに国内で報告された *P. zingiberum* の形態的特徴を、表-1に示す。

2 生育適温

桂・谷岡 (1967) は、PSA 寒天培地上での菌糸生育温度を最低 12℃、最高 40℃、最適 36 ~ 40℃、菌糸密度は 30 ~ 34℃付近が最も高いとし、新須 (1978) は、CMA 培地上で最低 8 ~ 9℃、最高 41 ~ 43℃、最適 32

表-1 国内で報告された *Pythium zingiberum* の形態的特徴

		高橋 (1954) <i>P. zingiberum</i> nov. sp.	桂・谷岡 (1967) <i>P. zingiberum</i>	一谷・新須 (1980) <i>P. zingiberum</i>
菌糸	幅 (μm)	4 ~ 8	3.8 ~ 8.0 (平均 5)	
遊走子のう	形	糸状あるいは菌糸が膨大して生じた不整形の膨状	糸状ないし不整形、糸状のものは菌糸とほぼ同形、菌糸に頂生	糸状、分岐して発達した不整形はない
球のう	大きさ		径 18 ~ 31	
遊走子	形 大きさ (μm)	肝臓型、不整楕円型 径 23.5 ~ 43 (平均 33)	肝臓型、不整楕円型 7.5 × 10.0	
卵胞子	附着様式	蔵卵器を充滿 (ただし、培養条件により充滿しない場合もある)	蔵卵器内に 1 個形成	蔵卵器内に通常非充滿性
	形	球形、平滑	球形、表面平滑	球形、平滑
	大きさ	径 22.5 ~ 35 (平均 28.5)	16.0 ~ 38.0 (平均 30.3)	21 ~ 30
卵胞子膜	厚さ (μm)	4 ~ 8	1.0 ~ 2.5	約 1
蔵精器	同異株生 着性様式	通常異株生、極少数同株生 蔵卵器に 1 ~ 5 個、側面またはまれに先端	側着性、1 ~ 数個の蔵精器が 1 個の蔵卵器に附着	異株生 側着、2 ~ 4 個絡まって側着
	形	蔵卵器に沿って湾曲し、あるいは蔵卵器に挿入しており、さらに蔵卵器柄を 2 ~ 数回巻いている	こん棒状ないし不整形	こん棒状、円筒状
	大きさ (μm) 形		17.5 ~ 42.0 (平均 33.0)	径 26 ~ 34 球形 壁薄く、平滑で、ごくまれに 1 個の突起を持つ
	附着様式			頂生
生育温度	(℃)		12 ~ 40 (最適 36 ~ 40)	CMA 培地上では、8 ~ 40 もしくは 43 (最適 34 付近)

～35℃付近、一谷・新須（1980）は、CMA培地上で最低8℃、最高40～43℃、最適34℃付近と報告している。本菌は、他の *Pythium* 属菌や、菌糸形態が類似する *Phytophthora* 属菌と比べてより高温で伸長しやすいため、本菌を罹病組織や土壌から分離する際には培養温度を34～35℃とし、約1日後に確認するとよい。なお、*P. zingiberum* は菌糸の生育速度が速いため、35℃では約2日間で直径9cmのシャーレの端まで菌糸が伸長する。

3 発病適温

新須（1978）は、収穫後のショウガ根茎への接種試験により本病原菌による発病温度は、最低8～9℃、最高40℃であり、20～37℃で著しい腐敗が起これとしていいる。ショウガは通常、14～15℃で貯蔵されるため、貯蔵中にも腐敗が進行していく可能性が高い。また、露地汚染圃場での初発時期は最低気温が20℃を超え始める6月上中旬であること、ポットにおけるショウガ幼苗へ

の根茎腐敗病菌接種試験から発病の進展は25～32℃で著しいこと（山崎、未発表）等から、生育中のショウガの発病は20℃で始まり、発病の進展は温度が上がるほど早くなると考えられる。

4 発病に必要な遊走子濃度と感染時間

本病の発病と遊走子濃度について調査した結果、株当たり10個/mlの10ml灌注処理では発病しなかったが、10²個/ml以上の処理では発病が見られ、遊走子濃度が高くなるほど発病株率および発病程度が高まる傾向が見られた（表-2）。また、10³個/mlの遊走子懸濁液に1時間以上ショウガ苗を浸漬した場合に発病が見られ始め、浸漬時間が長くなるほど発病株率および発病程度が高まることが確認された（表-3）。このことから、本病の感染は、遊走子濃度が低い場合でも短時間に成立する可能性が示唆された。生産現場においては、本病原菌に汚染された水の流入を防ぐ対策を講じておくとともに、

表-2 ショウガ根茎腐敗病菌の遊走子液濃度と発病

遊走子懸濁液の濃度 (個/ml)	接種7日後		接種10日後		接種14日後	
	発病株率 (%)	発病度 ^{a)}	発病株率 (%)	発病度	発病株率 (%)	発病度
0	0	0	0	0	0	0
1	0	0	0	0	0	0
10	0	0	0	0	0	0
10 ²	50	16.7	50	16.7	50	16.7
10 ³	75	25.0	75	25.0	100	33.3
10 ⁴	75	41.7	100	75.0	100	83.3

注) 接種方法：本葉5葉期のショウガ（9cmポット）に各濃度に調整した遊走子懸濁液を1ポットにつき10ml灌注接種し、32℃、14時間日長下で管理した。各処理につき4ポット用いた。

^{a)} 発病度 = Σ(発病指数別株数×発病指数)/(調査株数×3)×100

発病指数は、0：異常なし、1：地際部に褐変または水浸症状を生じる、2：地上部が黄化する、3：地上部が枯死するとした。

表-3 根茎腐敗病菌遊走子懸濁液へのショウガの浸漬時間と発病

浸漬時間 (h)	発病株率 (%)				発病度 ^{a)}			
	接種3日後	5日後	8日後	11日後	接種3日後	5日後	8日後	11日後
0	0	0	0	0	0	0	0	0
1	0	33.3	66.7	66.7	0	11.1	44.4	55.6
2	0	33.3	66.7	66.7	0	16.7	55.6	66.7
3	0	100	100	100	0	33.3	77.8	100
4	33.3	100	100	100	11.1	66.7	100	100
5	66.7	100	100	100	22.2	66.7	100	100

注) 本葉5葉期のショウガの地下部を10³個/mlに調整した遊走子懸濁液に浸漬接種し、30℃、14時間日長下で管理した。各処理につき3ポット用いた。

^{a)} 発病度 = Σ(発病指数別株数×発病指数)/(調査株数×3)×100

発病指数は、0：異常なし、1：地際部に褐変または水浸症状を生じる、2：地上部が黄化する、3：地上部が枯死するとした。

圃場内が冠水した場合には速やかな防除対策が必要である。

5 伝染性

本菌は土壤中では主に卵胞子の形態で存在し、ショウガに一次伝染すると考えられている。卵胞子は、土壤中の水、温度、栄養条件が整うと発芽し、発芽管の先端に胞子のう（球のう）を形成する。胞子のうの中には10～20個程度の遊走子が形成され、水中に放出される。遊走子は最初、膜構造で覆われた弾性のある胞子として水中を遊泳し、静止して細胞壁を形成（被のう化）し、発芽管を伸ばしてショウガの地下部組織へ侵入する。一谷・新須（1980）は、腐敗したショウガの各部位や、栽培歴のある畑土および栽培中の畑土から年次や作型を問わずに本菌を分離し、特に集約的な栽培が行われる作型ほど高率に検出されることを明らかにしている。このことから、本菌は罹病残さや発病土壌に存在し、周辺の健全ショウガや次作の伝染源になると考えられる。また、収穫時に感染・発病に気づかれずに貯蔵庫に持ち込まれる根茎もあり、それらの一部は貯蔵中に腐敗するが、腐敗せずに次年度の親根茎として利用されるものもある。このような病原が潜在感染した親根茎は最も注意すべき一次伝染源である。

III 防除対策

1 耕種の防除法

本病は土壌、水、種根茎により伝染する。一方、非耕地土やショウガの栽培歴のない既耕地土からは本菌が検出されないとされており（一谷・新須，1980），本病の発生を回避するには、連作を避けることが有効な手段の一つとなる。また、台風や大雨により圃場の冠水が予想される圃場では、あらかじめ高畦にするとともに外部からの水の流入防止や、排水対策を行う必要がある。ショウガへの灌水に表層水を使うのを避け、地下水や雨水等本菌の汚染の恐れのない水を利用する。種根茎については、栽培期間中に地上部に本病の症状が認められない場合であっても、芽の腐敗や根茎表面に陥没した褐色の病斑がある根茎は用いないようにする。しかし、このような万全の対策を講じたとしても、既に本病の発生があった圃場を使用せざるを得ない場合や、期せずして圃場で発病が見られた場合には、後に述べる土壌消毒や生育期間中の薬剤散布を組合せた総合的な対策を講じる必要がある。

2 臭化メチル代替剤と生育中の殺菌剤を組合せた防除法

高知県では、これまでに臭化メチル剤に代わる土壌くん蒸剤として、クロルピクリン剤、ダゾメット剤の防除

効果を検討し、根茎腐敗病に対する実用性を評価してきた。また、代替薬剤の簡便な処理方法として、クロルピクリン錠剤の土壌混和処理や地表面処理、カーバマナトリウム塩液剤の散布混和処理等も検討し、従来の処理法と遜色ないことを明らかにした。さらに、土壌くん蒸剤と生育中の殺菌剤処理を組合せることで、より安定的な防除効果が得られることも確認している（竹内，2008）。

また、2008～12年にかけて「新たな農林水産政策を推進する実用技術開発事業：臭化メチル剤から完全に脱却した産地適合型栽培マニュアルの開発」において、和歌山県、熊本県、長崎県、独立行政法人農研機構野菜茶業研究所とともに、ショウガ根茎腐敗病の防除を対象とした脱臭化メチル栽培マニュアルの開発に取り組んでいる。本県では、強汚染連作圃場においても代替くん蒸剤と生育中の殺菌剤の体系防除により安定生産可能な防除マニュアルの構築を目指している。土壌くん蒸剤については既登録の剤に加えて新たに登録が予定しているヨウ化メチルクん蒸剤（2010年11月現在ショウガには未登録）についても防除効果および効果的な処理方法について調査している。さらに、降雨や台風により冠水した圃場で応急的に薬剤防除を行うことも想定して、生育中の殺菌剤処理による防除効果の検討も行っている。また、雑草、ネコブセンチュウに対する防除効果についても検証を行っている。なお、土壌くん蒸剤と生育中の殺菌剤を組合せた防除効果、ヨウ化メチルクん蒸剤の効果的な使用方法等については複数年および現地実証試験に基づく考察が必要であるため、引き続き検討していく。

その他、プロジェクト研究では種根茎の消毒薬剤や新規の土壌灌注剤などについても試験を進めており、種根茎、圃場および生育中の防除対策を総合的に検討しているところである。

おわりに

我が国でショウガの根茎腐敗病が初めて確認されて以来、既に半世紀以上が経過したが、本病の伝染性の高さや被害の甚大さに対し、決定的な防除法が限られているため、難防除病害の代表格となっている。本病に対して特效薬であった臭化メチルの完全使用禁止が目前に迫る中、今後さらに本病の増加が懸念される。そのため、各ショウガ産地がプロジェクト研究のもと、一丸となって早急な栽培マニュアルの構築を進めている。

今後それぞれの防除法の効果や特徴を明らかにし、雑草、ネコブセンチュウに対する防除効果についても総合的に検証するとともに、経済性、作業性についての評価も行い、発生状況、圃場環境や圃場規模等に応じた防除

対策が適切に選択できるような防除マニュアルを作り上げていきたいと考えている。

引用文献

- 1) BUTLER, E. J. (1907): Mem. Dep. Agric. India. 1(5): p. 70.
- 2) DOHROO, N. P. (2005): Ginger-The genus Zingiber (RAVINDARAN, P. N. and K. N. BABU), CRC Press, United States 41: 305 ~ 340.
- 3) 一谷多喜郎・新須利則 (1980): 日植病報 46: 435 ~ 441.
- 4) 桂 琦一・谷岡義春 (1967): 関西病虫害研究会報 9: 49 ~ 55.
- 5) LÉVESQUE C. A. and A. W. A. M. De Cock (2004): Mycol. Res. 108: 1363 ~ 1383.
- 6) 中沢雅典・加藤喜重郎 (1953): 日植病報 7: 87 (講要).
- 7) 新須利則 (1978): 九州病害虫研究報告 24: 40 ~ 42.
- 8) 高橋 實 (1954): 日植病報 18: 113 ~ 118.
- 9) 竹内繁治 (2008): 植物防疫 62: 521 ~ 525.
- 10) 土屋健一ら (1999): 日植病報 65: 363 (講要).
- 11) VILLA, N. O. et al. (2006): Mycologia 98: 410 ~ 422.
- 12) 山崎睦子ら (2009 a): 日植病報 75: 72 (講要).
- 13) ———ら (2009 b): 同上 75: 184 (講要).

登録が失効した農薬 (22.12.1 ~ 12.31)

掲載は、**種類名**、登録番号：商品名（製造者又は輸入者）登録失効年月日。

「殺虫剤」

ス) 10/12/9

● DDVP 乳剤

9521: クミアイ DDVP 乳剤 50 (クミアイ化学工業) 10/12/10

● MEP 粉剤

14392: 三共スミチオン粉剤 3DL (三井化学アグロ) 10/12/6

● イソキサチオン粒剤

15667: カルホスペイト (保土谷 UPL) 10/12/16

● アミトラス・ブプロフェジン乳剤

19119: 日産タイクーン乳剤 (日産化学工業) 10/12/1

● アセフェート・MEP エアゾル

20101: オルチオンエアゾル (北興化学工業) 10/12/11

「殺虫殺菌剤」

● カルボスルファン・カルプロバミド粒剤

20723: 日産ウインガゼット粒剤 (日産化学工業) 10/12/3

20724: ウインガゼット粒剤 (バイエルクロップサイエンス) 10/12/3

「殺菌剤」

● キノキサリン系水和剤

7880: ヤシマモレスタン水和剤 (協友アグリ) 10/12/14

● EDDP 粉剤

14401: ヒノザン粉剤 25DL (バイエルクロップサイエンス) 10/12/6

14406: クミアイヒノザン粉剤 25DL (クミアイ化学工業) 10/12/6

● イミノクタジン酢酸塩液剤

15646: [DIC] ベフラン液剤 25 (日本曹達) 10/12/16

15647: 三共ベフラン液剤 25 (三井化学アグロ) 10/12/16

● 銅水和剤

18238: ヤシマベニドー水和剤 (協友アグリ) 10/12/8

● 銅粉剤

18240: ヤシマベニドー粉剤 DL (協友アグリ) 10/12/8

● フサライド・ペンシクロン水和剤

18255: クレハラブサイドモンセレンフロアブル (クレハラ) 10/12/22

● イミノクタジンアルベシル酸塩エアゾル

20069: 三共バルカートエアゾール (三井化学アグロ) 10/12/9

20070: バルカートエアゾール (日本曹達) 10/12/9

● パチルス スズチリス水和剤

20082: TM ボトキラー水和剤 (アリスタ ライフサイエン

「除草剤」

● DCMU・DPA・MCPA ナトリウム塩水和剤

13309: ポミカル DM 水和剤 (石原産業) 10/12/24

● DCMU・DPA・2, 4-PA 水和剤

15635: クサブランカー水和剤 (日本グリーンアンドガーデン) 10/12/16

15636: ゼスト水和剤 (大阪化成) 10/12/16

● テニルクロール・ベンスルフロンメチル・ベンゾフェナップ水和剤

20085: ホクコーステップフロアブル (北興化学工業) 10/12/11

20086: 日農ステップフロアブル (日本農薬) 10/12/11

20087: ステップフロアブル (デュボン) 10/12/11

● ジフルフェニカン・IPC 水和剤

20108: ロース・ブーランガリル水和剤 (バイエルクロップサイエンス) 10/12/11

● エスプロカルブ・ベンスルフロンメチル水和剤

20112: 日農オーテフロアブル (日本農薬) 10/12/11

20115: 日農オーテ L フロアブル (日本農薬) 10/12/11

● デスメディファム・フェンメディファム乳剤

20120: 三共ベタブロード乳剤 (北海三共) 10/12/22

● プレチラクロール乳剤

20722: エリジャン EW 乳剤 (シンジェンタ ジャパン) 10/12/3

● ダイムロン・ピラゾスルフロンエチル・フェントラザミド粒剤

21437: 日産エールスター 1 キロ粒剤 (日産化学工業) 10/12/8

21438: エールスター 1 キロ粒剤 (協友アグリ) 10/12/8

21439: バイエルエールスター 1 キロ粒剤 (バイエルクロップサイエンス) 10/12/8

● ターバシル・テトラピオン・テブチウロン粒剤

21449: ラーチ S 粒剤 (日本グリーン&ガーデン) 10/12/22

● グリホサートイソプロピルアミン塩液剤

21450: クサゼロイッキ (ピー・エス・アグリカ) 10/12/22

「展着剤」

● 展着剤

20725: 展着剤アイヤー (アグロ カネショウ) 10/12/3