

# サトイモ乾腐症状を呈する塊茎からの分離菌の性状と 種芋処理による発生軽減効果

芝田英明 中村篤史 小川翔也 奈尾雅浩

Characteristics of *Fusarium* sp. causing Dry Rot symptoms of Taro (*Colocasia esculenta*) tubers and the suppressive effect of seed potato treatment

SHIBATA Hideaki, NAKAMURA Atsushi, OGAWA Syoya and NAO Masahiro

## 要 旨

愛媛県内のサトイモ産地で乾腐症状を呈するサトイモ塊茎からの分離菌は、形態観察およびPCRによる遺伝子解析により11/18菌株が*Fusarium solani*種複合体（サトイモ乾腐病菌）であった。塊茎接種による本菌の病原性は、同時期に分離された*F. oxysporum*よりも有意に高く、生育適温が25～30℃の範囲にあることを確認した。チウラム・ベノミル水和剤の浸漬または粉衣による種芋処理は、子芋、孫芋について乾腐症状の発生軽減効果が認められた。

キーワード：サトイモ乾腐病, *Fusarium solani*種複合体, 種芋消毒

## 1. 緒言

本県の水田農業では、近年、収益性の高い作物としてサトイモ生産が推進され、栽培面積が拡大しつつある。その中で、サトイモの生育中には地上部の生育不良は確認されないが、収穫時期になって地下部（塊茎）を掘り上げると、親芋がスポンジ状に乾燥腐敗し、子芋や孫芋にまで乾腐症状が広がるほ場が増加しており、生産現場から原因の解明および防除対策の確立が強く要望されてきた。国内ではこれまでに、千葉県、神奈川県、石川県、鳥取県などで、*Fusarium solani* f. sp. *radicicola*による乾腐病によって大きな被害が発生し（松尾ら、1980）、宮崎県で、*Fusarium oxysporum* f.sp. *colocasiae*による萎凋病が蔓延した（西村・工藤、1988）との報告がある。また、伊藤ら（2004）は、千葉県で乾腐症状を呈した塊茎から*Fusarium oxysporum* f.sp. *colocasiae*が多く検出されたと報告している。

サトイモ乾腐病は、1931年に記載された病害（当初は乾性腐敗病）であり、*Fusarium solani* および*Fusarium oxysporum* が病原菌とされていた（倉田、1931；遠山、1982）。その後、*F. solani* f. sp. *radicicola*による場合は乾腐病、*F.*

*oxysporum* f. sp. *colocasiae* n.f.sp.による場合は萎凋病に変更することが提案（Nishimura and Kudo, 1994；西村、2003）され、駒田ら（2011）は、*Fusarium oxysporum* f.sp. *colocasiae*による病名は乾腐病から1996年に萎凋病に改名されたことを述べている。これら2種による病害は、病徴（塊茎の乾腐症状）がよく似ているとされ、発病芋または保菌芋を用いることや、罹病の残渣とともに土壤中での越冬することで翌年の伝染源となる（遠山、1982；岸、1998）。また、萎凋病菌に感染すると、8月上旬に親芋の葉の葉脈間が黄化し始め、やがて親芋の茎葉が枯死し、9月上旬には子芋の茎葉のみになる（西村・工藤、1988）。なお、*F. solani*（広義）、あるいは*Martiella*形態節の種として扱われてきたものの多くは、現在は*F. solani*種複合体にまとめられている（須賀、2014）。従って、本報告では*F. solani*種複合体の呼称を用いることとした。

愛媛県においては、これまでに乾腐症状を呈した塊茎からの菌種を分離・調査した報告は見当たらない。一方、千葉県では、乾腐病に対してベノミル水和剤の500倍・1時間種芋浸漬処理により、塊茎における発病については顕著な抑制効果がみられなかったものの、地上部の生育は改善された、との報告事例がある（長井ら、

1982) . 本県では、黒斑病を対象とした予防にチウラム・ベノミル水和剤による種芋消毒が行われていることから、本処理が塊茎の乾腐症状の軽減に有効な対策となり得ることも考えられる。

そこで、サトイモの主要産地である四国中央市をはじめ、松山市、今治市において乾腐症状を呈した塊茎から寄生菌を分離し、分離菌の性状、遺伝子解析、病原性および生育適温を調査するとともに、チウラム・ベノミル水和剤の種芋消毒による乾腐症状発生の軽減効果について明らかにしたので報告する。

## 2. 材料および方法

### 2.1 供試菌株

2020年、四国中央市、松山市および今治市のサトイモ圃場から乾腐症状を呈した塊茎を採取し、常法により組織分離した菌叢から単菌糸分離した6菌株を供試した(表1)。

#### 2.1.1 分離菌の形態観察

供試菌株をそれぞれPDA平板培地(栄研化学(株)製、培地の厚さ約2mm)で25℃・7～10日間培養した後、菌叢の色調および気中菌糸の状態を観察した。また、含菌切片をスライドカルチャー法(25℃・4日間培養)に供し、小分生子の形態と着生形態、分生子柄の形態、長さおよび隔膜の有無を検鏡して観察した。

#### 2.1.2 分離菌の遺伝子解析

供試菌株をそれぞれPD液体培地で27℃・3日間静置培養した。生育菌叢を滅菌した1mm目寒冷紗で濾し取り、滅菌水で洗浄して麦粒大

の菌叢として採取し、MagExtractor -Plant Genome-(TOYOBO製)を用い、メーカーのプロトコールに従い全DNAを抽出した。次いで、White et al. (1990)によるrDNAのinternal transcribed spacers (ITS)領域を増幅するITS1プライマー(5'-tccgtaggtgaacctgagg-3')とITS4プライマー(5'-tcctccgcttattgatatgc-3')によって目的とする遺伝子領域を増幅した。PCR反応試薬はAmpliTaq Gold 360 Master Mix (ABI製)、サーマルサイクラーはGeneAtlas G02(アステック製)を用い、PCR反応は94℃・2分にかけて、94℃・30秒、50℃・30秒、72℃・1分を35サイクル繰り返し、72℃・7分で最終伸長させた。クルードな状態のPCR産物をシグマアルドリッチジャパン(株)に送付し、カスタムプライマーとなるITS1プライマー、ITS4プライマーにより、5'末端側、3'末端側からシーケンスした。このシーケンス結果をアライメントしBLAST (Basic Local Alignment Search Tool)により、国際塩基配列データベース(GenBank/EMBL/DDBJ)で相同性検索を行った。

#### 2.1.3 分離菌の病原性

倉田(1931)の手法を参考に、ESF202002菌株、ESF202004菌株、ESF202006菌株、ESF202052菌株の4菌株を用いた。約100gの塊茎(孫芋)を水道水で洗浄・風乾した後、縦方向に2分割し、それぞれの切断面の中央部にミクロスパーテルで直径5mm×深さ2mmの穴を開けた。次いで、直径5mmのコルクボーラーで打ち抜いたPDA平板培地培養の含菌切片(各供試菌株を25℃・暗黒下・8日間培養)を穴に埋め込んだ。対照として、直径5mmのコル

表1 供試菌株の来歴

供試菌株	品種	腐敗芋の採取時期	腐敗芋の採取場所
ESF202002	愛媛農試V2号	2020年4月	四国中央市土居町蕪崎
ESF202004	愛媛農試V2号	2020年4月	四国中央市土居町中村
ESF202006	愛媛農試V2号	2020年4月	四国中央市土居町小林
ESF202008	大土垂	2020年10月	松山市上難波
ESF202009	愛媛農試V2号	2020年10月	今治市富田
ESF202052	愛媛農試V2号	2020年6月	四国中央市土居町藤原

クボーラーで打ち抜いた無菌のPDA平板培地を穴に埋め込んだ。1供試菌株あたり2分割した芋4個を使用した。

次いで、プラスチックケース（縦27cm×横20.5cm×高さ7cm、ふた無し）に、キムタオル（茶色、縦34.5cm×39cm、日本製紙クレシア製）およびプラスチック網（縦22cm×横28.3cm、編目の大きさ2.0cm×1.8cm）を敷き、イオン交換水を十分量注入し、接種処理した塊茎を置き、ビニール袋（ポリ規格袋No.18）で包み、28℃・暗黒下に静置した。

接種4日後に、腐敗症状の有無を調査するとともに、腐敗部の直径の長径と短径を測定して平均値を算出した。

#### 2.1.4 分離菌の生育適温

ESF202002 菌株， ESF202004 菌株， ESF202006菌株， ESF202008菌株， ESF202052 菌株の5菌株を用いた。それぞれPDA平板培地で25℃・6日間培養した菌叢を培地ごと直径5mmのコルクボーラーで打ち抜いた含菌切片をPDA平板培地に置床し、暗条件下の各温度でインキュベートした。温度条件は5, 10, 15, 20, 25, 30, 35, 40℃の8段階とした。各設定温度当たり3反復とし、培養6日後に伸長した菌叢の最大・最小直径を測定してその平均値求め、1日あたりの菌糸伸長量を算出した。

#### 2.2 種芋消毒による乾腐症状の軽減効果

小川・駒田（1986）および伊藤ら（2004）の手法を参考に、品種‘愛媛農試V2号’を用い、乾腐病菌を土壤接種し、チウラム・ベノミル水和剤の種芋消毒による防除効果について、2021年度および2022年度の2か年に検討した。土壤接種に要した菌株は、遺伝子解析および形態観察により*Fusarium solani*種複合体と判別され、病原性が確認されたESF202006菌株を用いた。試験ほ場は、愛媛県農林水産研究所の水田（花崗岩由来の砂壤土）とした。

##### 2.2.1 2021年度試験

2021年4月22日に、畝幅1.4m、株間0.33mの1条植で種芋を植え付けた。栽培様式は、黒マルチ（厚さ0.03mm）を用いた全期マルチ栽培とした。肥料は、さといも用一発SRコート（N:

20%, P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>: 11%, K<sub>2</sub>O: 12%）を19kg/a施用した。追肥は、6月22日、7月20日、8月27日に、えひめ中央2型有機粒状（N: 8%, P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>: 7%, K<sub>2</sub>O: 7%）を7.5kg/a ずつ施用した。1区あたり面積は6.93m<sup>2</sup>（1.4×4.95m）で、3反復とした。供試薬剤は、チウラム・ベノミル水和剤の20倍・1分間種芋消毒とした。

発病は、人工接種により誘導した。供試菌株をPD液体培地で5日間振とう培養（25℃・110rpm・暗黒下）し、1Lビーカーに充填した土壤フスマ培地 500mL に菌体培養液 50mL を灌注した後、25℃・暗黒下に 43 日間静置した。2021年4月21日に、土壤フスマ培地培養物約 2,500mL に対し園芸培土（種まき培土高湿型・伊予木材製）約 20L を混合して接種源とした。次いで、種芋の植付け位置（幅約30cm）に1mあたり接種源約 2.25L を散布し、レーキで軽く土壤混和し、畝立・マルチした。

また、乾腐病菌の感染を促進させるため、約半数の種芋について有傷処理した。すなわち、各区15個の種芋のうち、8個は欠け口部を半分程度含めて斜め約30度の角度で直径約2.0cmに切り込み、残り7個は無処理とした。薬剤処理は、有傷処理後に行った。

発病調査は、2021年12月14日および2022年1月17日に、1区あたり種芋有傷処理した3株と無処理3株の合計6株を掘り取り、親芋、子芋、孫芋の各々について、塊茎を1~3回切断し、西村・工藤（1990）の調査方法を改変して1個の芋に占める腐敗部の割合を発病指数別に調査し、発病芋率、発病度および防除価を算出した。発病指数は、0:腐敗なし、1:腐敗部の割合が25%未満、2:腐敗部の割合が25%以上50%未満、3:腐敗部の割合が50%以上の4段階とした。発病度は、 $\Sigma$ （発病指数別芋数×発病指数）÷（総調査芋数×3）×100により算出した。防除価は、 $100 - \left( \frac{\text{処理区の発病度}}{\text{無処理区の発病度}} \right) \times 100$ により算出した。

##### 2.2.2 2022年度試験

試験ほ場は、2021年度試験と同じほ場を使用した。2022年4月11日に、畝幅1.4m、株間0.33mの1条植で種芋を植え付けた。栽培様式は、黒マルチ（厚さ0.03mm）を用いた全期マル

チ栽培とした。肥料は、さといも用一発SRコート（N：20%，P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>：11%，K<sub>2</sub>O：12%）を14kg/a施用した。追肥は、8月4日に、えひめ中央2型有機粒状（N：8%，P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>：7%，K<sub>2</sub>O：7%）を7.5kg/aずつ施用した。1区あたり面積は4.62m<sup>2</sup>（1.4×3.3m）で、3反復とした。供試薬剤は、チウラム・ベノミル水和剤の20倍・1分間種芋消毒および種芋重量の0.5%粉衣とした。

発病は、人工接種により誘導した。供試菌株をPD液体培地で4日間振とう培養（25℃・110rpm・暗黒下）し、DISPOSABULE AUTOCLAVE BAG（405×660mm）に充填した土壌フスマ培地約2,500mLに菌体培養液250mLを灌注した後、25℃・暗黒下に24～27日間静置し、土壌フスマ培地培養物を作製した。2022年2月24日および4月4日に、土壌フスマ培地培養物約2,500mLに対し園芸培土（種まき培土高湿型・伊予木材製）約20Lを混合して接種源とした。次いで、種芋の植付け位置（幅約30cm）に1mあたり接種源約2.25Lを散布し、トラクターで土壌混和した後、畝立・マルチした。

また、乾腐病菌の感染を促進させるため、植付け当日に、全ての種芋について有傷処理した。すなわち、欠け口部を直径2.0～2.5cmに切り込みした。薬剤処理は、有傷処理後に行った。

発病調査は、2022年12月19日に、1区あたり6株を掘り取り、親芋、子芋、孫芋の各々

について、塊茎を1～3回切断し、西村・工藤（1990）の調査方法を改変して1個の芋に占める腐敗部の割合を発病指数別に調査し、発病芋率、発病度および防除価を算出した。発病指数、発病度および防除価の算出方法は、2021年度試験と同様とした。

### 3. 結果

#### 3.1 分離菌の性状に関する調査

##### 3.1.1 分離菌の形態観察

ESF202002 菌株，ESF202004 菌株，ESF202006 菌株，ESF202008 菌株，ESF202009 菌株は、PDA培地上の菌叢は白色であり、気中菌糸は綿毛状であった。小分生子は、楕円形で、隔膜を有する長い分生子柄上に擬頭状に着生していた。分生子柄の長さは約85μmであった。これらは、*Fusarium solani* 種複合体（乾腐病菌）の形態的特徴を示していた（表2）。

一方、ESF202052 菌株は、PDA培地上の菌叢は紫色であり、気中菌糸は綿毛状であった。小分生子は、楕円形で、短い分生子柄上に擬頭状に着生していた。分生子柄の長さは約20μmであり、*Fusarium oxysporum* f.sp. *colocasiae*（萎凋病菌）の形態的特徴を示していた（表2）。

表2 分離菌株の形態的特徴

供試菌株	PDA培地上の生育		小分生子，分生子柄の形態と着生状況			
	菌叢の色	気中菌糸	小分生子の形態	小分生子の着生形態	分生子柄の形態	分生子柄の隔膜
ESF202002	白色	綿毛状	楕円	擬頭状	長※	有
ESF202004	白色	綿毛状	楕円	擬頭状	長※	有
ESF202006	白色	綿毛状	楕円	擬頭状	長※	有
ESF202008	白色	綿毛状	楕円	擬頭状	長※	有
ESF202009	白色	綿毛状	楕円	擬頭状	長※	有
ESF202052	紫色	綿毛状	楕円	擬頭状	短※※	無

注1) PDA培地上の生育は培養7～10日後に観察

注2) ※：分生子柄の長さは約85μm ※※：分生子柄の長さは約20μm

### 3.1.2 分離菌の遺伝子解析

ITS1, ITS2 領域を含む塩基配列では, アライメント後, ESF202002 菌株で 529 塩基, ESF202004 菌株で 546 塩基, ESF202006 菌株で 547 塩基, ESF202008 菌株で 549 塩基, ESF202009 菌株で 549 塩基, ESF202052 菌株で 541 塩基, ESF202054 菌株で 548 塩基を決定した. GenBank/EMBL/DDBJ における相同性検索により, ESF202002 菌株, ESF202004 菌株, ESF202006 菌株, ESF202008 菌株, ESF202009 菌株は, *Fusarium solani* 等と 99.8 ~ 100% の高い相同性を示した. また, ESF202052 菌株は, *Fusarium oxysporum* 等と 100% の高い相同性を示した (表3)

### 3.1.3 分離菌の病原性

ESF202002菌株, ESF202004菌株, ESF202006

菌株, ESF202052菌株のいずれにおいても, 接種した塊茎の全個において腐敗症状が確認された. また, 接種4日後における腐敗部の直径は, ESF202002 菌株, ESF202004 菌株および ESF202006 菌株が 14.6 ~ 15.4cm であり, ESF202002菌株の 10.3cm に比べて大きく, 病原性に有意差が認められた (表4).

### 3.1.4 分離菌の生育適温

ESF202002菌株, ESF202004菌株, ESF202006菌株, ESF202008菌株について, 生育適温は30°Cで, 次いで25°C, 20°Cと35°Cの順であった. ESF202052菌株について, 生育適温は30°Cで, 次いで25°C, 20°Cの順であった. 供試したいずれの菌株も, 5°Cと40°Cでは生育がみられなかった (表5).

表3 分離菌株のITS1, ITS2領域を含むrDNA塩基配列による相同性 (%)

アクセッションナンバー (SOURCE ORGANISM)	ESF 202002	ESF 202004	ESF 202006	ESF 202008	ESF 202009	ESF 202052
MW600440 ( <i>Fusarium solani</i> )	99.8	100				
MW509852 ( <i>Acremonium</i> sp.)	99.8					
MW276147 ( <i>Fusarium solani</i> )	99.8	100	100			
MT732838 ( <i>Neocosmospora rubicola</i> )	99.8					
LN828155 ( <i>Fusarium solani</i> )	99.8	100	100			
KY617035 ( <i>Fusarium solani</i> )		100	100			
MW165532 ( <i>Fusarium solani</i> )		100	100			
MW165530 ( <i>Fusarium solani</i> )			100			
MT605584 ( <i>Fusarium solani</i> )				99.8	99.8	
MT180477 ( <i>Fusarium solani</i> )				99.8	99.8	
MK372367 ( <i>Fusarium solani</i> )				99.8	99.8	
MN504655 ( <i>Fusarium solani</i> )				99.8	99.8	
MH681050 ( <i>Fusarium solani</i> )				99.8	99.8	
MT605584 ( <i>Fusarium oxysporum</i> )						100
Mt180477 ( <i>Fusarium oxysporum</i> )						100
MK372367 ( <i>Fusarium oxysporum</i> )						100
MN504655 ( <i>Fusarium veticillioides</i> )						100
MH681050 ( <i>Fusarium oxysporum</i> )						100

注) NCBIデータベース (GenBank/Nucleotide/RefSeq) のBLASTによる検索

表4 分離菌株によるサトイモ塊茎の腐敗状況

供試菌株	菌種	供試塊茎数	腐敗塊茎数	腐敗部の直径 (mm)
① ESF202002	<i>F.solani</i> 種複合体	4	4	15.1 a
② ESF202004	<i>F.solani</i> 種複合体	4	4	14.6 a
③ ESF202006	<i>F.solani</i> 種複合体	4	4	15.4 a
④ ESF202052	<i>F.oxysporum</i>	4	4	10.3 b
無処理	—	4	0	0

注1) 調査日：接種4日後

注2) 腐敗部の直径は含菌切片を埋め込んだ穴の直径5mmを除く

注3) ①～④の病斑部の直径 (mm) は、分散分析で有意差 (5%水準) あり

同一英文字間にはTukey法 (5%水準) で有意差が無いことを示す

表5 分離菌株の温度別の菌叢生育

供試菌株	1日あたり菌糸伸長量 (mm)							
	5℃	10℃	15℃	20℃	25℃	30℃	35℃	40℃
ESF202002	0	0.7	2.3	5.1	<u>6.8</u>	<u>8.4</u>	5.3	0
ESF202004	0	0.7	2.9	5.1	<u>7.2</u>	<u>10.7</u>	5.6	0
ESF202006	0	0.3	2.6	5.1	<u>6.9</u>	<u>8.1</u>	4.9	0
ESF202008	0	0.7	3.5	6.2	<u>9.1</u>	<u>10.8</u>	6.2	0
ESF202052	0	1.2	2.3	4.1	<u>6.6</u>	<u>7.0</u>	2.9	0

注) 下線は、他温度よりも十分な生育を示した温度を示す

### 3.2 種芋消毒による乾腐症状の軽減効果

#### 3.2.1 2021年度試験

2021年12月14日調査において、無処理区の親芋で発病芋率50.8%、発病度18.5、子芋で発病芋率36.8%、発病度12.2、孫芋で32.1%、発病度11.0であった。これに対して、チウラム・ベノミル水和剤の20倍1分間種芋浸漬処理区の親芋で発病芋率23.1%、発病度7.7、防除価58.4、子芋であった (表6)。

2022年1月17日調査において、無処理区の親芋で発病芋率53.7%、発病度19.1、子芋で発病芋率35.2%、発病度13.0、孫芋で30.5%、発病度10.2であった。これに対して、チウラム・ベノミル水和剤の20倍1分間種芋浸漬処理区の親芋で発病芋率38.9%、発病度13.0、防除価発病芋率18.0%、発病度6.2、防除価49.2、孫芋で発病芋率12.4%、発病度4.1、防除価62.7で31.9、子芋で発病芋率24.5%、発病度9.0、防除価30.8、孫芋

で発病芋率14.5%、発病度4.8、防除価52.9であった (表7)。

#### 3.2.2 2022年度試験

2022年12月19日調査において、無処理区の親芋で発病芋率81.9%、発病度28.9、子芋で発病芋率47.7%、発病度15.9、孫芋で25.1%、発病度8.3であった。これに対して、チウラム・ベノミル水和剤の20倍1分間種芋浸漬処理区の親芋で発病芋率65.9%、発病度25.4、防除価12.1、子芋で発病芋率18.9%、発病度6.3、防除価60.4、孫芋で発病芋率6.4%、発病度2.1、防除価74.7であった。また、チウラム・ベノミル水和剤の種芋重量の0.5%粉衣処理区の親芋で発病芋率69.6%、発病度28.0、防除価3.1、子芋で発病芋率14.4%、発病度5.1、防除価67.9、孫芋で発病芋率5.0%、発病度2.1、防除価74.7であった (表7)。

表6 チウラム・ベノミル水和剤の種芋処理による乾腐症状の発生に及ぼす影響 (2021年度)

調査日	供試薬剤 (処理方法)	連制	親 芋				子 芋				孫 芋			
			調査 芋数 (個)	発病 芋率 (%)	発病度	防除価	調査 芋数 (個)	発病 芋率 (%)	発病度	防除価	調査 芋数 (個)	発病 芋率 (%)	発病度	防除価
2021年 12月14日	チウラム・ ベノミル 水和剤 (20倍1分間 種芋浸漬)	I	9	44.4	14.8		50	16.0	5.3		77	5.2	1.7	
		II	8	25.0	8.3		49	20.4	7.5		71	11.3	3.8	
		III	6	0	0		40	17.5	5.8		77	20.8	6.9	
		平均		23.1	7.7	58.4		18.0	6.2	49.2		12.4	4.1	62.7
	無処理	I	6	66.7	22.2		46	43.5	14.5		87	41.4	14.6	
		II	7	71.4	28.6		50	40.0	13.3		75	24.0	8.0	
III		7	14.3	4.8		56	26.8	8.9		65	30.8	10.3		
平均		50.8	18.5			36.8	12.2			32.1	11.0			
2022年 1月17日	チウラム・ ベノミル 水和剤 (20倍1分間 種芋浸漬)	I	6	50.0	16.7		40	30.0	11.7		69	18.8	6.3	
		II	9	33.3	11.1		49	24.5	8.8		73	16.4	5.5	
		III	9	33	11		47	19.1	6.4		73	8.2	2.7	
		平均		38.9	13.0	31.9		24.5	9.0	30.8		14.5	4.8	52.9
	無処理	I	8	50.0	16.7		54	24.1	8.6		90	34.4	11.5	
		II	9	55.6	22.2		50	42.0	16.0		80	26.3	8.8	
III		9	55.6	18.5		53	39.6	14.5		68	30.9	10.3		
平均		53.7	19.1			35.2	13.0			30.5	10.2			

注1) 調査株数：1区あたり6株

注2) 防除価は発病度から算出

表7 チウラム・ベノミル水和剤の種芋処理による乾腐症状の発生に及ぼす影響 (2022年度)

供試薬剤 (処理方法)	連制	親 芋				子 芋				孫 芋			
		調査 芋数 (個)	発病 芋率 (%)	発病度	防除価	調査 芋数 (個)	発病 芋率 (%)	発病度	防除価	調査 芋数 (個)	発病 芋率 (%)	発病度	防除価
チウラム・ ベノミル 水和剤 (20倍1分間 種芋浸漬)	I	6	83.3	33.3		23	26.1	8.7		30	3.3	1.1	
	II	7	42.9	14.3		25	20.0	6.7		30	13.3	4.4	
	III	7	71.4	28.6		28	10.7	3.6		38	2.6	0.9	
	平均		65.9	25.4	12.1		18.9	6.3	60.4		6.4	2.1	74.7
チウラム・ ベノミル 水和剤 (種芋重量の 0.5%粉衣)	I	7	100	38.1		21	19.0	6.3		35	2.9	1.0	
	II	8	37.5	12.5		34	11.8	3.9		39	5.1	1.7	
	III	7	71.4	33.3		32	12.5	5.2		28	7.1	3.6	
	平均		69.6	28.0	3.1		14.4	5.1	67.9		5.0	2.1	74.7
無処理	I	8	62.5	20.8		32	43.8	14.6		39	23.1	7.7	
	II	6	83.3	27.8		21	47.6	15.9		35	28.6	9.5	
	III	7	100	38.1		29	51.7	17.2		34	23.5	7.8	
	平均		81.9	28.9			47.7	15.9			25.1	8.3	

注1) 調査日：2022年12月19日、 調査株数：1区あたり6株

注2) 防除価は発病度から算出

#### 4. 考察

*Fusarium*属菌は、100を越す種(変種)が識別される大きな菌群であるために菌種の分類が極めて難しい分野とされてきたが、近年、形態的特徴に基づく分類法に加え、塩基配列解析を基にした分子系統学的手法が導入されることによって分類の構築が進んでいる(駒田ら、

2011)。そこで、四国中央市、松山市および今治市のサトイモ圃場の乾腐症状を呈した塊茎から採取した6菌株について、形態観察および遺伝子解析を行った。その結果、5菌株がいわゆる乾腐病菌であり、1菌株がいわゆる萎凋病菌と判別された。四国中央市、松山市、今治市という地理的に異なった全ての地域において乾腐病菌が検出されていること、また、塊茎接種による*Fusarium solani*種複合体の病原性が

*Fusarium oxysporum* f.sp. *colocasiae*に比べて有意に高かったことを鑑みると、少なくとも、乾腐症状を引き起こす要因として、*Fusarium solani*種複合体が広い地域で関わっていることは容易に推察できる。

PDA培地上での菌糸生育状況を調査した結果、供試した菌株の全てにおいて、生育適温は25～30℃の範囲であり、5℃と40℃では生育しなかった。駒田ら（2011）は、一般に*Fusarium*属菌の生育適温は25～30℃にあり、10℃以下ではほとんど生育を停止するとしている。また、西村・工藤（1993）は、*Fusarium oxysporum* f.sp. *colocasiae*のPDA培地上の生育は8～35℃で認められ、生育適温は25～30℃であるとしており、本試験の結果は既報の知見と一致する。

西村・工藤（1988）は、*Fusarium oxysporum* f.sp. *colocasiae*に感染した場合、塊茎の乾腐症状の発現程度について、親芋で最も多く、子芋、孫芋の順で少なくなると報告している。本試験の*Fusarium solani*種複合体を土壤接種した場合、塊茎の乾腐症状の発現について、*Fusarium oxysporum* f.sp. *colocasiae*に感染した場合と同様に、親芋、子芋、孫芋の順で少なくなる状況が認められた。ところで、*Fusarium solani*は、植物の表皮組織に直接、あるいは傷口から侵入し、細胞間隙に菌糸が伸長していくのに対して、*Fusarium oxysporum*は、植物の表皮の細胞間隙から侵入し、導管を通じて宿主体内各部へ転移していくとされ、伝染経路に違いがみられる（駒田ら、2011）。それにも関わらず、乾腐病あるいは萎凋病に感染したサトイモ塊茎は、いずれも病徴発現程度が子芋に比べて孫芋で少なくなる傾向がみられている。この要因として、西村・工藤（1990）は、孫芋が発病する頃に地温が低下することが影響していると推察している。本試験において、低温条件が続く2021年12月14日と2022年1月17日に、無処理区の塊茎を掘り上げて調査したところ、親芋、子芋、孫芋の発病芋率および発病度が大きく増加する傾向はみられなかった。また本試験の分離菌株の菌叢生育をみると、生育適温とみられた25～30℃域より温度が下がるに従って、菌叢の生育が劣っていく状況がみられた。これらのことから、乾腐病あるいは萎凋病に感染したサトイモ塊茎の病徴進展に対して、地温の低下が関

与していることは支持できる。

チウラム・ベノミル水和剤の種芋処理による乾腐症状の発生軽減効果について、ESF202006菌株（*Fusarium solani*種複合体）を土壤接種して塊茎の腐敗軽減効果を検討した。親芋については発病程度が低下する傾向はみられなかったが、子芋、孫芋については発病程度が低下する傾向、すなわち土壤病害対策としての有効性が認められた。また、チウラム・ベノミル水和剤の20倍1分間浸漬処理と種芋重量の0.5%粉衣処理における子芋、孫芋の腐敗軽減効果に大差はみられなかった。ところで、チウラム・ベノミル水和剤は、浸透性殺菌剤でフザリウム病害、菌核病、灰色かび病などに対して種子消毒や茎葉散布などで効果が認められるベノミル剤および各種病原菌のSH酵素の阻害作用を有して種子消毒や茎葉散布などで用いられるチウラム剤の混合剤である（日本植物防疫協会、2005）。また、下長根・久賀（1986）は、*Fusarium solani*種複合体および*Fusarium oxysporum* f.sp. *colocasiae*を病原菌とする土壤伝染性病害のヤマノイモ褐色腐敗病に対して、種芋のチウラム・ベノミル水和剤100倍・10分間浸漬が有効な防除効果を示すとしている。すなわち、本試験の結果に加えて、薬剤自体の効能およびヤマノイモ褐色腐敗病の防除効果を鑑みたところ、チウラム・ベノミル水和剤の種芋浸漬処理または種芋粉衣処理は、*Fusarium solani*種複合体による塊茎腐敗、いわゆるサトイモ乾腐病に対して、ある程度の効果は期待できる。しかし、薬剤防除に頼るだけでなく、健全種芋を使うなどの耕種的防除を組み合わせた総合防除によって、より有効な防除対策となりうると考えられる。

本試験に供したサトイモ品種‘愛媛農試V2号’は、基本的に子芋や孫芋を食用として利用する品種である（中川ら、2015）。しかし、近年、食用に適さず、大量に廃棄されてきた親芋を加工用として利用する取り組みが進められており、親芋についても乾腐病などによる腐敗症状を軽減させることが求められるようになっていく。このため、今後、種芋消毒の薬剤に本病が対象病害に適用され、さらに簡易かつ有効な防除効果を示す土壤消毒手法が確立されることで、腐敗の発生が軽減され、商品性の高



い親芋，子芋，孫芋の生産が期待できる。

### 謝辞

本試験を実施するにあたり，岐阜大学科学研究基盤センターゲノム研究分野の須賀晴久氏には，*Fusarium solani*の種分割についてご教示頂いた。全国農業協同組合連合会愛媛県本部肥料農薬課には，乾腐病の防除に関する貴重な知見と助言を頂いた。供試薬剤の取扱メーカーである住友化学株式会社には，農薬の特性に関する貴重な知見を提供頂いた。また，愛媛県農林水産研究所の業務職員の大澤利春氏，田中大道氏には，試験ほ場のサトイモの栽培管理に多大なご尽力を頂いた。ここに記し，関係各位の御協力に対し深謝する。

### 引用文献

- 伊藤美佐子・小原麻里・崎山一・鈴木健司・竹内妙子（2004）：新品種育成のためのサトイモ萎凋病抵抗性検定法の開発，千葉農総研研報，3：121 - 127.
- 岸國平（1998）：日本植物病害大事典，全国農村教育協会，東京，430 - 431.
- 駒田旦・小川奎・青木孝之（2011）：フザリウム - 分類と生態・防除 - ，全国農村教育協会，東京，773pp.
- 倉田忠良（1931）：里芋の新病害乾性腐敗病に就て，病虫害雑誌 18（6），24 - 28.
- 松尾卓見・駒田旦・松田明（1980）：作物のフザリウム病，全国農村教育協会，東京，502pp.
- 長井雄治・竹内妙子・根本喜彦（1982）：種芋の罹病程度とサトイモ乾腐病の発病並びに種芋消毒の効果，関東東山病虫研報，29：84.
- 中川建也・浅海英紀・玉置学（2015）：サトイモ新品種‘愛媛農試 V2 号’の育成とその特性，愛媛農水研報，7：16 - 20.
- 日本植物防疫協会（2005）：農薬ハンドブック，東京，820pp.
- 西村範夫・工藤和一（1988）：*Fusarium oxysporum* によるサトイモ乾腐病．九農研，50：121.
- 西村範夫・工藤和一（1990）：乾腐病によるサトイモの被害．九病虫研報，36：22 - 25.
- 西村範夫・工藤和一（1993）：*Fusarium oxysporum*

- によるサトイモ乾腐病の発病経過と病原菌の厚膜胞子形成．九州農報，28（1）：45 - 52.
- Nishimura Norio and Kudo Kazuichi（1994）：*Fusarium oxysporum* f. sp. *colocasiae* n. f. sp. Causing Dry Rot of Taro (*Colocasia esculenta*)，Ann. Phytopath. Soc. Japan，60（4）：448 - 453.
- 西村範夫（2003）：サトイモ萎凋病菌とレタス根腐病菌レース 3 の生態，日植病学会九州部会第 28 回シンポジウム講演集，14 - 32.
- 小川奎・駒田旦（1986）：非病原性 *Fusarium oxysporum* によるサツマイモつる割病に対する全身的な抵抗性の誘導，日植病報，52：15 - 21.
- 下長根鴻・久賀保之（1986）：ナガイモ褐色腐敗病の薬剤防除，茨城県病虫研報，25：31 - 33.
- 須賀晴久（2014）：主要な植物病原性 *Fusarium* 菌の種分類の現状と簡易菌種同定法の利用例，植物防疫，68（5）：269 - 273.
- 遠山明（1982）：新版野菜の病虫害 - 診断と防除 - （岸國平編），全国農村教育協会，東京，434 - 436.
- White, T. J., T. Bruns, S. Lee and J. Taylor（1990）：Amplification and direct sequencing of fungal ribosomal RNA genes for phylogenetics．PCR Protocols：a guide to methods and applications (Innis, M. A., Gelfand, D. H., Sninsky, J. J. and White, T. J. ed)，Academic Press, San Diego, 315 - 322.

Abstract

In taro producing areas in Ehime Prefecture, among the fungal isolated from dry rotten tubers, 11/18 strains were identified as *Fusarium solani* species complex (dry rot of taro pathogen) on the basis of morphological observation and PCR-based analysis. Under the wounded inoculation tubers condition, we confirmed that the pathogenicity of these fungi showed significantly higher than that of *F. oxysporum* isolated at the same period, and an optimal growth temperature within the range of 25 to 30°C on the isolates. In addition, the seed potato treatment with thiuram-benomyl wettable powder by dipping or dressing tubers were found to be effective in reducing the occurrence of dry rot symptoms.

keyword : Dry Rot of Taro (*Colocasia esculenta*) , *Fusarium solani* species complex, seed potato disinfection