

# 有機質培地を用いたトマト養液栽培における病害管理技術の開発

[令和2～4年度]

久保田まや・中島 賢<sup>\*1,\*5</sup>・岩本千絵<sup>\*2,\*3</sup>・尾崎梨花<sup>\*2,\*4</sup>・富田有理<sup>\*6</sup>・廣岡裕史<sup>\*</sup>  
(生産環境科・<sup>\*</sup>法大院・<sup>\*2</sup> 病虫防除所) <sup>\*3</sup> 現農振事・<sup>\*4</sup> 現中央普セ・<sup>\*5</sup> 元法大院・<sup>\*6</sup> 元生産環境科

---

【要 約】ヤシガラを用いたトマト養液栽培で発生している地際茎腐敗および萎凋症状は *Fusarium* 属菌, *Neocosmospora* 属菌, かいよう病およびネコブセンチュウ類が関与している。また, 上記の病原微生物に対して, 熱による防除は有効である。

---

## 【目 的】

近年, 都内で普及がすすんでいるヤシガラを用いたトマト養液栽培において原因不明の萎凋症状などが発生し, 生産に大きな障害が生じている。そこで, 本栽培法における病原微生物の発生実態を明らかにするとともに, 防除技術を検討し, 安定生産の実現を図る。

## 【成果の概要】

### 1. 発生実態調査

2020年4月～2022年7月に, 都内延べ16圃場で地際茎腐敗および萎凋症状などの発生について調査を行った結果, 7圃場で発生を確認した。発生株の病徴観察, イムクロマト法, 病徴部位からの糸状菌の分離および病原性確認試験の結果から, *Fusarium*, *Neocosmospora* 属菌, かいよう病およびネコブセンチュウ類が関与していることを確認した。

#### (1) *Fusarium*および*Neocosmospora*属菌による病害

- 1) 症状: 圃場や採取した時期によって異なっており①地際茎に褐色腐敗を生じた後, 髓部を残して腐敗②地際茎は腐敗しないが, 維管束が褐変する③地際茎の褐色腐敗と維管束褐変が同時に認められ, 時に, 髓部が空洞化し, 子のう殻を形成する④茎部の腐敗が根部まで進展する⑤地際茎表面に亀裂が生じ, 内部が褐変する, の5つに分かれた(図1)。
- 2) 病原菌の同定: 病原性を確認した*Fusarium*属27菌株について, *tefl*, *rpb2*, *cmdA*および*tub2*領域の塩基配列を調査し, 最尤法による分子系統解析を行った。また, 解析結果を基に, 代表的な菌株の形態的特徴, 菌叢生育温度を調査し, 分離菌の所属について検討した。その結果, ①と⑤の症状から分離された7菌株中5菌株および②の全ての菌株は *F. nirenbergiae*, ①と⑤から分離された残りの2菌株は*Fusarium* sp, ③の症状から分離された菌株は*N. ipomoeae* (立枯病), ④の症状から分離された菌株は, *N. falciformis* (フザリウム株腐病) と同定した(表1)。

#### (2) かいよう病およびネコブセンチュウ類

維管束が薄く褐変し, 髓部が空洞化する症状はイムクロマト法によりかいよう病, また, 根にこぶが着生している場合はネコブセンチュウ類による被害と診断した。

### 2. ヤシガラからの病原菌検出方法の検討

- (1) *Fusarium*および*Neocosmospora*属菌: 既報選択培地である駒田培地およびFoG-2培地を用いて検討したところ, 両培地とも検出は可能であったが, FoG-2培地の方が他種菌の検出頻度が低かった(図2)。
- (2) かいよう病菌: 既報選択培地では他種細菌の生育を抑制できなかったため, トマト苗を

用いた生物検定および MagExtractor®-genome kit で抽出した DNA を用いた PCR 法を検討したところ、約  $10^4$ ~ $10^5$ cfu/g 乾物まで検出可能であった（データ略）。

### 3. 熱による防除法の検討

#### (1) 病原体死滅温度の検討

1) *Fusarium* および *Neocosmospora* 属菌：水分率 80% のヤシガラ中に 4 種の菌体を埋設し、40、45℃ で処理した。その結果、*Fusarium* sp は 408 時間以上、それ以外の菌株は 312 時間以上で生育は認められなくなった（表 2）。一方、罹病残渣を含むヤシガラを用いた場合は菌体試験よりも時間を要した。これは、罹病残渣内の菌が厚膜胞子などの耐久体で存在しているためか、ヤシガラの含水率が 54~72% とやや低かったためと推定した（データ略）。

2) かいよう病菌：ヤシガラ水分率 41% の場合は 40、45℃ とも 120 時間処理の場合でも生育が認められたが、62~66% の場合は、40、45℃ 24 時間以上処理で未検出となった（表 3）。また、熱によるハサミおよび資材の消毒効果について検討したところ、市販の熱ハサミ、簡易バーナによるハサミ消毒および資材の 65℃ 5 分間の温湯消毒は既存の次亜塩素酸カルシウム製剤と比較し、同等以上の二次伝染防止効果が認められた（表 4、5）。

#### (2) 太陽熱消毒の検討

農総研内ビニルハウス（5.4×20m）に設置した東京式養液栽培システムで実施した。栽培槽にはヤシガラ（ココユーキ、水分率 83%）を充填し、供試病原体の罹病残渣を含むヤシガラを詰めた不織布袋を各栽培槽の深さ 10 cm に埋設した。その後、ポリエチレンフィルムで所定期間被覆後、袋内のヤシガラを *Fusarium* および *Neocosmospora* 属菌は Fo-G2 培地上の菌数で、かいよう病菌はトマト苗による生物検定により無被覆区と比較した。

1) *Fusarium* および *Neocosmospora* 属菌：2022 年 7 月 20 日~8 月 29 日に、栽培槽の被覆を二重にして実施した。2022 年は消毒開始直後から晴天の日が続いたため、被覆区の表層下 10 cm の 40℃ 以上積算時間は 30 日で 299 時間、40 日で 354 時間となった。その結果、被覆区は *Fusarium* sp が 40 日区でわずかに検出されたものの、それ以外の菌はすべての処理区で検出限界以下となった（表 6）。一方、無被覆区では *N. ipomoeae* を除き、処理前と比べ 2/3~1/12 に減少したが、いずれも検出限界以下にならなかった。

2) かいよう病菌：2021 年 8 月 13 日~9 月 22 日に、栽培槽の被覆は一重にして実施した。2021 年は消毒開始直後から曇雨天が続く、平均気温の低い日が多かった。そのため、被覆区における 40℃ 以上平均積算時間は 31 日で 37.6 時間、40 日で 43.9 時間と少なかった。しかし、消毒前の罹病残渣の感染率が 100%、無被覆区は 40 日後で 11% であったのに対し、被覆区では 31 日で感染株、発病株とも 0% となった（表 7）。

以上の結果から、東京式養液栽培システムにおいて、7 月下旬からの高温期に栽培槽を被覆することでヤシガラ内の *Fusarium* 属菌、*Neocosmospora* 属菌およびかいよう病菌を滅菌できると推定した。

#### 【残された課題・成果の活用・留意点】

1. 太陽熱消毒は処理期間を短くした場合の効果、および栽培機器への影響を避けるため、ハウス内の温度上昇に配慮した方法の検討が必要である。
2. 気象庁府中アメダス観測データでは 2022 年に実施した太陽熱消毒試験期間中の平均気温は、27.8℃（平年値：27.4℃）、平均最高気温 33.1℃（32.4℃）である。

【具体的データ】



図1 現地圃場で発生した萎凋株の地際茎腐敗および茎内部の褐変  
(②-2: 維管束の褐変, ③-2: 子のう殻)

表1 萎凋症状を呈するトマト地際茎腐敗等から分離された *Fusarium* 属菌の分子系統解析

症状 <sup>a</sup>	菌株名	分離日	品種	栽培方式	系統解析結果 <sup>b</sup>	
①	FuLy200427-3	2020. 4. 27	りんか409	東京式	<i>Fusarium</i> sp.	
	FuLy200427-4				<i>F. nirenbergiae</i>	
	FuLy200710-1	2020. 7. 10	不明	樽	<i>F. nirenbergiae</i>	
	FuLy200710-2					
	FuLy200710-3					
②	FuLy200710-4	2021. 2. 17	フルティカ	樽	<i>F. nirenbergiae</i>	
	FuLy210217-①-3					
	FuLy210217-①-4	2021. 3. 1	フルティカ	樽	<i>F. nirenbergiae</i>	
	FuLy210301-②-1					
	FuLy210301-②-2					
	③	FuLy210624①-1	2021. 6. 24	ぜいたくトマト	樽	<i>F. nirenbergiae</i>
		FuLy210624①-2				
		FuLy210624①-3		フルティカ	袋	
		FuLy210624②-1				
		FuLy210624②-2				
FuLy210624②-3						
④	HM20-333C	2020. 9. 11	甘っこ	東京式	<i>Neocosmospora ipomoeae</i> <sup>c</sup>	
	HM20-334C					
	HM20-335C					
⑤	FuLy2012081-1	2020. 12. 8	麗容	ココバック	<i>Neocosmospora falciformis</i> <sup>c</sup>	
	FuLy2012081-②-2					
	FuLy2012081-②-4					
	FuLy210127A-1					
⑥	FuLy210127A-1	2021. 1. 27	りんか409	東京式	<i>F. nirenbergiae</i>	
	FuLy210127A-2				<i>Fusarium</i> sp.	
	FuLy210127A-5				<i>F. nirenbergiae</i>	
	FuLy210127A-7				<i>F. nirenbergiae</i>	
	FuLy210127B-2				<i>F. nirenbergiae</i>	

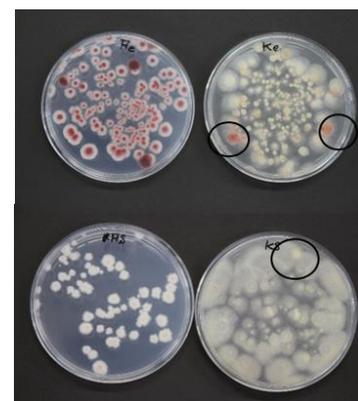
a) ①地際茎が褐変した後、髓部を残して腐敗する。②地際茎は腐敗しないが、維管束が褐変する。

③地際茎の腐敗と維管束褐変が同時に認められ、時に病変部に子のう殻を形成する。

④地際部茎だけでなく根も腐敗する。⑤地際部から茎が縦に亀裂が入り、維管束が褐変する。

b) *tef1*, *rpb2*, *cmdA* および *t ub2* 領域の最尤法による分子系統解析

c) *Neocosmospra* 属の学名は、Sandoval-Denis et. al. (2018, 2019) の分類に従った。



Fo-G2 培地 駒田培地

図2 *Fusarium* 属選択培地上の形状

注) 上: FuLy200427-3 下: FuLy201208-4  
○は *Fusarium* 属以外の菌

表2 処理温度と時間がFusariumおよびNeocosmospora属菌の生育に与える影響(菌叢)<sup>a)</sup>

菌株番号	菌種	時間 (hr)	寒天ディスク			時間 (hr)	滅菌ろ紙					
			水分率67%				水分率66%			水分率80%		
			25°C	40°C	45°C		25°C	40°C	45°C	25°C	40°C	45°C
FuLy180418-1	<i>F. nirenbergiae</i>	93	+	+	-	312	+	+	+	+	-	-
		192	+	+	+	408	+	-	-	+	-	-
		336	+	+	-	504	+	-	-	+	-	-
FuLy200427-3	<i>Fusarium. sp</i>	93	+	+	+	312	+	+	+	+	+	+
		192	+	+	+	408	+	-	-	+	-	-
		336	+	+	-	504	+	-	-	+	-	-
FuLy201005-1-1	<i>N. ipomoeae</i>	93	+	+	-	312	+	-	-	+	-	-
		192	+	+	-	408	+	+	-	+	-	-
		336	+	-	-	504	+	-	+	+	-	-
FuLy201208-4	<i>N. falciformis</i>	93	+	+	+	312	+	+	-	+	-	-
		192	+	+	+	408	+	+	-	+	-	-
		336	+	+	-	504	+	+	+	+	-	-

a) 試験は1処理区3シャーレで実施した。空欄は未試験，含水率：試験に供試したヤシガラ  
+：1シャーレ以上で生育が認められる，-：3シャーレとも未生育

表3 処理温度と時間がかいよう病菌の生育に与える影響<sup>a)</sup>

時間 (hr)	水分率41%		水分率66%			水分率62%		
	25°C	40°C	25°C	40°C	45°C	25°C	45°C	55°C
24	+	+	+	-	-	+	-	-
48	+	+	+	-	-	+	-	-
72	+	+	+	-	-	+	-	-
96	+	+	+	-	-			
120	+	+						

a) 表2に準ずる。

表4 各種消毒資材および処理方法の違いによるハサミ消毒の効果<sup>a)</sup>(試験期間：2019年9月14日～10月28日)

資材名	処理方法	接種源		罹病株		菌液		
		調査 株数	発病株 率(%)	感染株 率(%)	防除値 <sup>b)</sup>	発病株 率(%)	感染株 率(%)	防除値 <sup>b)</sup>
次亜塩素酸カルシウム製剤500倍液 <sup>c)</sup>	噴霧	16	13	56	40	0	0	100
次亜塩素酸カルシウム製剤500倍液 <sup>c)</sup>	5秒浸漬	16	0	25	73	0	6	94
70%エタノール <sup>d)</sup>	噴霧	16	25	69	27	19	63	38
70%エタノール <sup>d)</sup>	5秒浸漬	16	0	6	93	0	6	94
熱ハサミ <sup>e)</sup>		16	0	0	100			
ガストーチバーナ <sup>f)</sup>	5秒加熱	16	0	6	93			
無処理		16	50	94		100	100	
無接種		16	0	0		0	0	

a) 空欄は未試験 b) 防除値 = (1-処理区感染株率/無処理区感染株率) × 100

c) ケミクロンG(日本曹達) d) 試薬一級エタノール(95)を蒸留水で調整

e) ガスと触媒を利用して作業中刃を熱で焼くハサミ(福ちゃん・ターボ2(宝商株式会社))

f) カセットボンベに接続して用いる簡易的なバーナ

表5 かいよう病菌汚染ポットにおける熱処理の防除効果<sup>a)</sup>

処理方法	菌数 (cfu/cm <sup>2</sup> )
65°C水道水5分浸漬	0
次亜塩素酸カルシウム製剤500倍10分浸漬	0
次亜塩素酸カルシウム製剤1000倍噴霧	0
水洗いのみ	>5.8
無処理	>7
無汚染ポット	0

a) 表中の数値は9ポットの平均

表7 かいよう病菌汚染ヤシガラに対する太陽熱消毒の効果<sup>a)</sup>

		処理日数				
		0	10	20	31	40 40(無被覆)
罹病根	感染株率(%) <sup>b)</sup>	22	0	0	0	0
	発病株率(%)	11	0	0	0	0
罹病茎	感染株率(%) <sup>b)</sup>	100	67	22	0	11
	発病株率(%)	100	33	0	0	0

a) 表中の数値は3区の平均

b) 無病微株の茎をCMM培地にスタンプ接種し，検出細菌がPCRによりかいよう病菌と確認された株を感染株とした。

表6 FusariumおよびNeocosmospora属菌罹病残渣含有ヤシガラに対する太陽熱消毒の効果<sup>a)</sup>

菌株番号	菌種	処理前 菌数	被覆		無被覆
			30日	40日	
I <sup>b)</sup>					
FuLy180418-1	<i>F. nirenbergiae</i>	60833	<2.5	<1.5	4818
FuLy200427-3	<i>Fusarium. sp</i>	17500	<2.4	<1.6	1436
FuLy201005-1-1	<i>N. ipomoeae</i>	916	<2.0	<1.5	100
FuLy201208-4	<i>N. falciformis</i>	20833	<2.4	<1.6	1675
II					
FuLy180418-1	<i>F. nirenbergiae</i>	37500	<3.0	<3.4	9029
FuLy200427-3	<i>Fusarium. sp</i>	38333	<3.3	3.3	5959
FuLy201005-1-1	<i>N. ipomoeae</i>	1333	<3.0	<3.1	1141
FuLy201208-4	<i>N. falciformis</i>	8912	<3.1	<3.2	5720

a) 表中の数値はIのFuLy200427-3は4区，それ以外は5区の平均，単位：×10<sup>2</sup> cfu/g 乾物

b) 罹病残渣含有ヤシガラのうち，Iは2021年9～2022年2月，IIは2022年4～7月にかけて作成し，使用まで18°Cで保管した。

【発表資料】