

ミニ特集：養液栽培における高温性水媒伝染病害の安全性診断

トマトの養液栽培における安全性診断手法の開発

すずき ひろふみ くろだ かつし つじ ともこ
 鈴木 啓史・黒田 克利・辻 朋子・
 三重県農業研究所
 はしづめ ふじお ふじた あやか たぐち ひろみ
 橋爪 不二夫・藤田 絢香・田口 裕美

はじめに

養液栽培は、連作障害を回避できることを大きな目的の一つとして導入された栽培技術であるが、実際は、水媒伝染病害が多く、作物に発生し問題となっている。また、病原菌が培養液に侵入すると培養液の循環とともに短時間で栽培システム全体に広がり、作物の根に感染し発病する。その被害は土耕栽培以上に甚大なものになることもある。

トマトの養液栽培では、*Ralstonia* 属菌による青枯病、*Fusarium* 属菌による根腐萎凋病、*Pythium* 属菌による根腐病、*Colletotrichum* 属菌による黒点根腐病等の水媒伝染病害の発生が報告されている。特に *Pythium* 属菌においては、発病環境が比較的高温である高温性 *Pythium* 属菌 (*P. aphanidermatum*, *P. myriotylum*) による病害が増加している。

本稿では、トマトの高温性 *Pythium* 属菌による病害を対象に、安全性診断の手法を「病害管理ポイントと診断フロー」(図-1) にまとめたので紹介する。

なお、本成果は、農林水産省・食品産業科学技術研究推進事業を活用して得たものである。

I 育苗期の管理ポイント

1 高温性 *Pythium* 属菌を持ち込まない対策

食品生産では、異物混入を防ぐため、工程管理が徹底されている。農業生産においても、同様に一つ一つの工程を精査し、高温性 *Pythium* 属菌を持ち込む要素がないか確認が必要である。図-2にチェックシートを紹介する。

これらの管理が効果的に実行できたか、確認のため、一つ目の診断として、育苗栽培槽の循環水から高温性 *Pythium* 属菌の有無を確認する。

2 LAMP 法を用いた簡易検出法

高温性 *Pythium* 属菌を検出する手段として、Loop-

mediated Isothermal Amplification (LAMP 法) を用いた診断方法を開発した (FUKUTA et al., 2013 ; 2014)。以下に、各診断対象に対してどのように高温性 *Pythium* 属菌を検出するかを簡単に紹介する。詳しくは「養液栽培における高温性水媒伝染病害の安全性診断マニュアル」(<http://www.green.gifu-u.ac.jp/~kageyamalab/index.php?page=manual>) に記載されている。

(1) 水には「メンブレン培養-LAMP 法」を用いる
 検出したい水を 1 l 採水し、メンブレンフィルター (孔径 5 μm) で吸引ろ過する。このメンブレンフィルターを NARM 培地 (MORITA and TOJO, 2007) に表面を下にして置き、38℃ で 1 ~ 2 日間培養する。繁殖した菌糸の先端を 2 mm 角程度に切り出し、5 ml の滅菌水の入った 15 ml のコニカルチューブに入れ、ふたをして 1 分間手で振り混ぜる。この懸濁液を用いて LAMP 法 (65℃ で 1 時間) を行い、反応液の色で高温性 *Pythium* 属菌の有無を確認する。

原水を検査したい場合、1 l の採水では検出されないことが想定される。この場合、雨天時に採水するか、後述するバイト-LAMP 法を用いるかの対応が必要である。

(2) 土には「バイト-LAMP 法」を用いる

育苗培土や、施設内の露出した土、掃き集めた土等を、広口ボトルに入れ、その容量の倍量の水道水を入れる。そこへ茶パックに入れた滅菌エゴマ種子 (小鳥用のエサ) を浸漬する (WATANABE et al., 2008)。20 ~ 25℃ で 3 日間静置後、茶パック中のエゴマを 5 ml の滅菌水の入った 15 ml のコニカルチューブに入れ、ふたをして 1 分間手で振り混ぜる。この懸濁液を用いて LAMP 法 (65℃ で 1 時間) を行い、反応液の色で高温性 *Pythium* 属菌の有無を確認する。

(3) 苗には「植物体-LAMP 法」を用いる

根部が褐変した苗や、萎れ苗の原因が、高温性 *Pythium* 属菌かどうか診断が必要となった場合、その植物体の根 (2 ~ 3 mm) を 3 本程度、5 ml の滅菌水の入った 15 ml のコニカルチューブに入れ、ふたをして 1 分間手で振り混ぜる。この懸濁液を用いて LAMP 法 (65℃ で 1 時間) を行い、反応液の色で高温性 *Pythium* 属菌の有無を確認する。

Development of Safety Diagnosis Methods in Hydroponic Culture of Tomato. By Hirofumi SUZUKI, Katsutoshi KURODA, Tomoko TSUJI, Fujio HASHIZUME, Ayaka FUJITA and Hiromi TAGUCHI

(キーワード：高温性 *Pythium* 属菌，診断，養液栽培，LAMP 法，メンブレンフィルター法，バイト法，液温，金属銀剤)

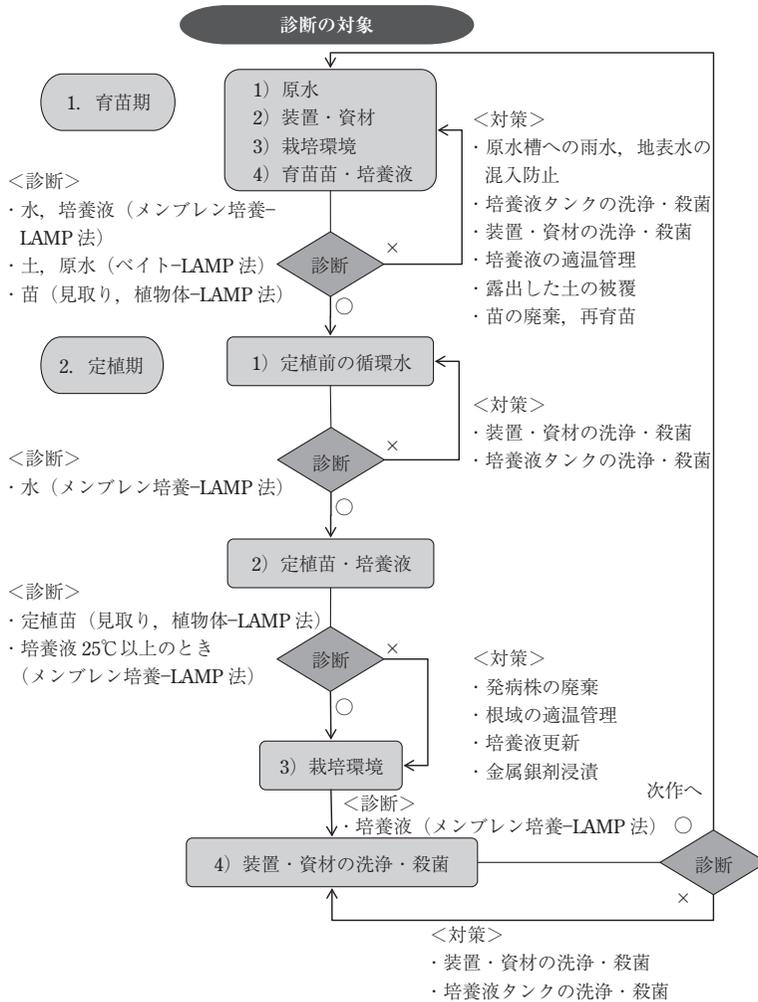


図-1 トマト根腐病の管理ポイントと診断フロー

- 図-2 育苗期の管理チェックリスト
- (1) 水
 - 原水槽へ雨水や地表水の混入がないか。
 - 育苗の装置や資材が、洗浄・殺菌されているか。
 - (2) 土
 - 育苗培土を雨水が流れ込むところに置いていないか。
 - 施設内に、土が露出している場所がないか。
 - 手洗い、靴の履き替えを励行し、施設内に土を持ち込まないようにしているか。
 - (3) 苗
 - 根部分が褐変した苗を選別除去しているか。
 - 萎れ苗を除去しているか。

図-2 育苗期の管理チェックリスト

3 高温性 *Pythium* 属菌が検出されたときの対策

以下のような対策が考えられる。

(1) 水から検出されたとき

育苗中の水の場合、雨水、土砂の混入がないかを確認する。混入があれば、混入しないように対策する。また、培養液を 25℃ 未満に管理し、発病を抑制する。

育苗前の循環水であれば、装置・資材・タンクの洗浄・殺菌を行う。

(2) 土から検出されたとき

育苗培土の場合、使用しない。施設内の露出した土の場合、露出部分を被覆(マルチ)する。

掃き集めた土の場合、清掃、靴の履き替えを徹底する。

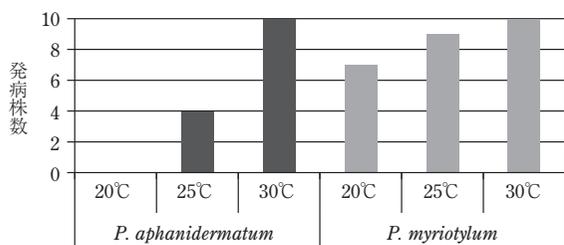


図-3 液温と菌種の違いがトマト根腐病の発病に与える影響

播種10日後のトマト苗をそれぞれ遠沈管(50 ml)に移植し、各菌種の遊走子10,000個/lを20°Cで接種、その後各液温で管理。

(3) 苗から検出されたとき

苗を廃棄し、資材の洗浄・殺菌後、再育苗する。培養液を25°C未満に管理し、発病を抑制する。

II 定植期の管理のポイント

育苗期に高温性 *Pythium* 属菌の感染を最小限にしたうえで、栽培中に増殖させないための管理が重要である。

1 定植前の循環水からの検出

本圃の装置や資材の殺菌効果があったかどうか、二つ目の診断として、定植前の栽培槽の循環水からメンブレン培養-LAMP法を用いて高温性 *Pythium* 属菌の有無を確認する。

高温性 *Pythium* 属菌が検出された場合、定植までに時間があれば、養液装置(タンク、ベッド、パネル等)の洗浄・殺菌を行う。定植までに時間がなければ、根域の適温管理に努め、定植時に金属銀剤を処理する。金属銀剤を処理するときの注意事項は後述する。

2 定植苗・培養液からの検出

栽培中は、定植苗の萎れや生育不良をよく観察し、発病株を廃棄する。根域の適温管理に努めるが、夏期に液温コントロールの限界を超えて、25°C以上が続く場合には、三つ目の診断として、培養液からメンブレン培養-LAMP法を用いて高温性 *Pythium* 属菌の有無を確認する。

高温性 *Pythium* 属菌が10 cfu/l以上検出された場合、もしくは見取り調査で発病株を確認し廃棄したときは、金属銀剤を直ちに処理する。

3 栽培環境(液温)

(1) 液温の発病への影響

10,000個/lと多量の *P. aphanidermatum* の遊走子をトマトに接種後、20°Cで3日間感染させ、その後20°C、25°C、30°Cで温度管理したところ、30°Cでは10株中10株が発病したが、25°Cでは4株のみ、20°Cでは1株も発病しなかった(図-3)。また、10個/lと少量の *P. aphaniderma-*

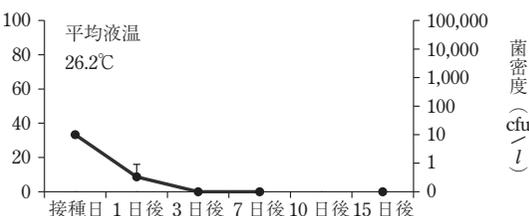
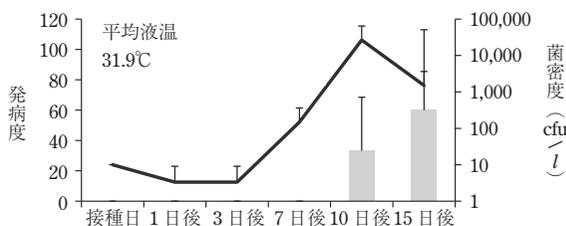


図-4 液温がトマト根腐病の発病に与える影響
折線グラフ：菌密度、棒グラフ：発病度。

播種10日後のトマト苗を養液栽培システム(10 l)に移植し13日後に *P. aphanidermatum* の遊走子を10個/l接種。バーは標準偏差。

tum の遊走子をトマトに接種すると、平均液温26.2°Cでは、接種後菌密度は減少したが、平均液温31.9°Cでは、接種後菌密度は上昇し10日後に発病した(図-4)。これらの結果から、おおむね25°C未満の液温管理が、有効と考えられた。

一方、菌種が *P. myriotylum* の場合、20°Cでも発病するので、施設内で優占する菌種をあらかじめ調べておくことが重要である(図-3)。

実際に、現地生産者の液温調査を行ったところ、液温対策がない生産者の平均液温は25°Cを超えており、液温対策を行った生産者の平均液温は25°C未満であった(図-5)。

(2) 液温管理の対策

水中用温度データロガーで液温を計測することで、高温性 *Pythium* 属菌による発病リスクを知ることができる。強日射時は遮光カーテンを利用するなど、ハウス内温度の上昇および栽培槽への直射日光を抑制する。

栽培槽上に、熱遮断性フィルムでマルチを行い、栽培槽の温度上昇を抑制する。

タンク内に冷却水(チラー、井戸水)を通し、液温を調整する。

4 金属銀剤(オクトクロス)による対策

(1) 金属銀剤の特徴

培養液(園試標準処方1単位(EC2.4程度)、pH6.0)に16時間浸漬することで、培養液中に30ppbの銀イオ

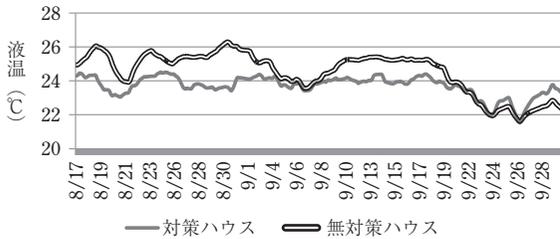


図-5 現地トマト栽培ハウスにおける液温の推移
液温対策は、井戸水による冷却。

ンを徐放する (40 ppb 程度で安定)。

トマト子葉展開～本葉2葉程度の幼苗では薬害を発生することがあり、苗の生長に合わせて基準量の1/3～1/5量に分割投与することで薬害を避ける。また、培養液にアンモニアが含まれる場合や、pHが5.0以下の場合、液温が40°C以上の場合では、銀の溶出量が増加するので、使用量を1/3～1/5量とする。逆に、pH7.5以上、2単位 (EC4.8程度) 以上では銀の溶出量が減少する (草刈ら, 1998; 2003; メーカー資料より)。

(2) 金属銀剤の殺菌効果

播種10日後のトマト苗を50lの養液栽培システムに移植し、4日後に *P. aphanidermatum* を100個/l接種し、接種1日後に金属銀剤を処理したところ、金属銀剤無処理区では接種2日後には10倍、接種7日後には100倍の菌密度に達し、21日後にはほとんどの株で発病した (図-6)。一方、金属銀剤処理区では、接種10日後まで菌密度の増加がなかった (図-7)。

予防対策としてあらかじめ金属銀剤を処理できれば、より高い効果が得られ安心であるが、コストがかかる。栽培終了後の洗浄・殺菌をしっかりと行い、高温性 *Pythium* 属菌を持ち込まないよう注意を払い、栽培環境を整えることで、金属銀剤を使用せずに栽培できれば、低コストである。あるいは、液温25°C以上のときに行う三つ目の診断により、発病前にその要否を判断することが有効と考える。

5 高温性 *Pythium* 属菌を残さない対策

栽培中に、根腐病の発病や、高温性 *Pythium* 属菌の検出があった場合、その作の終了後に、ていねいに洗浄・殺菌を行う。その後、四つ目の診断として、循環水からメンブレン培養-LAMP法を用いて高温性 *Pythium* 属菌の有無を確認する。

高温性 *Pythium* 属菌が検出された場合、再度、ていねいに洗浄・殺菌を行う。ただ、発泡スチロールパネルについては、草刈 (2009) が指摘するように、塩素消毒では効果不十分であり、発泡スチロールの内部まで熱が伝

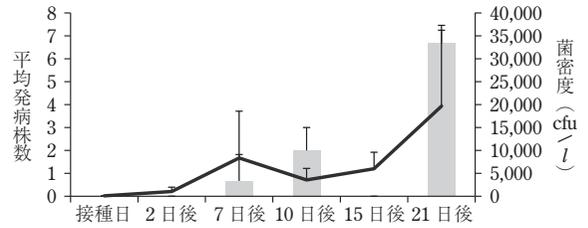


図-6 高温性 *Pythium* 属菌接種後の菌密度と発病株の推移
接種菌は *P. aphanidermatum*.
折れ線グラフ：菌密度、棒グラフ：発病株数。
数値は3反復の平均値、バーは標準偏差。
平均液温：27.8°C。

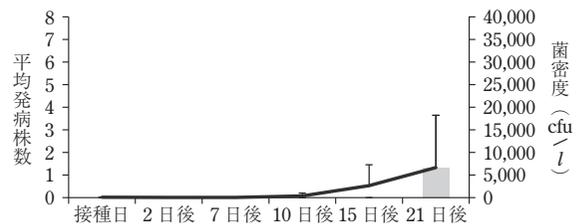


図-7 高温性 *Pythium* 属菌接種翌日に金属銀剤を処理したときの菌密度と発病株の推移
接種菌は *P. aphanidermatum*.
折れ線グラフ：菌密度、棒グラフ：発病株数。
数値は3反復の平均値、バーは標準偏差。
平均液温：27.8°C。

わる温湯消毒の効果が高い (竹内, 1995)。

おわりに

トマトの高温性 *Pythium* 属菌による発病は、培養液の液温と、高温性 *Pythium* 属菌の菌密度、そしてトマトの生育の三つのバランスからなる。チラーによる液温のコントロールや、菌密度を下げるための金属銀剤処理等、最善を尽くしても、液温管理や菌密度低減には限界がある。そこで、植物体の抵抗力を下げない管理作業を行い、健全なトマトの栽培が重要と考える。つまり、液温調整と、菌密度低減に努力し、あとは、培養液の肥料組成や濃度に間違いがないか、給水量や給液回数に異常はないか等を確認し、pH, EC, 液温を急激に変化させない、無機成分のバランスを悪化させない管理に努めることが重要と考える。

本試験の実施には、生産者を始め、JA 営農指導員および農業改良普及員の方々に協力を賜ったのでお礼申し上げます。

引用文献

- 1) FUKUTA, S. et al. (2013): Eur. J. Plant Pathol. 136: 689～701.

- 2) ———— et al. (2014): Let. Appl. Microbiol. (in press)
 3) 草刈真一ら (1998): 日植病報 64: 50 ~ 56.
 4) ————ら (2003): 植物防疫 57: 325 ~ 329.
 5) ———— (2009): 養液栽培の病害と対策, 農山漁村文化協会, 東京, p. 103 ~ 105.
 6) MORITA, Y. and M. Tojo (2007): Plant Disease 91: 1591 ~ 1599.
 7) 竹内妙子 (1995): 植物防疫 49: 426 ~ 429.
 8) WATANABE, H. et al. (2008): J. Gen. Plant Pathol. 74: 417 ~ 424.

新しく登録された農薬 (26.4.1 ~ 4.30)

掲載は、種類名、登録番号：商品名（製造者又は輸入者）登録年月日、有効成分：含有量、対象作物：対象病害虫：使用時期等。ただし、除草剤・植物成長調整剤については、適用作物、適用雑草等を記載。

〔殺虫剤〕

●カズサホスマイクロカプセル剤

23450：ISK ラグビー MC 粒剤（石原産業）14/4/9

カズサホス：3.0%

しょうが、トルコギキョウ、かんしょ：ネコブセンチュウ：植付前（全面処理土壌混和）

ごぼう：ネグサレセンチュウ：は種前（播溝処理土壌混和）

きく：ネグサレセンチュウ：植付前（全面処理土壌混和）

だいこん：キスジノミハムシ：は種前（全面処理土壌混和）

だいこん、ほうれんそう、みずな：ネコブセンチュウ：は種前（全面処理土壌混和）

だいごん：ネグサレセンチュウ：は種前（全面処理土壌混和）

きゅうり、すいか、メロン、トマト、ミニトマト、なす、ねぎ、しそ、しそ（花穂）、ししとう、ピーマン、バジル：ネコブセンチュウ：定植前（全面処理土壌混和）

にんにく：イモグサレセンチュウ：植付前（全面処理土壌混和）

さといも：ネグサレセンチュウ：植付前（全面処理土壌混和）

さといも、かんしょ：コガネムシ類：植付前（全面処理土壌混和）

かんしょ：ハリガネムシ類：植付前（全面処理土壌混和）

かんしょ、コガネムシ類：植付前（作条処理土壌混和）

キャベツ、いちご：ネグサレセンチュウ：定植前（全面処理土壌混和）

ばれいしょ：ジャガイモシストセンチュウ：植付前（全面処理土壌混和）

えだまめ：ダイズシストセンチュウ：は種又は定植前（全面処理土壌混和）

だいず：ダイズシストセンチュウ：は種前（全面処理土壌混和）

しそ（花穂）：ネコブセンチュウ：仮植前（全面処理土壌混和）

〔殺虫殺菌剤〕

●イミダクロプリド・イソチアニル・ペンフルフェン粒剤

23458：エバーゴルフフォルテ箱粒剤（バイエルクロップサイエンス）14/4/24

イミダクロプリド：2.0%

イソチアニル：2.0%

ペンフルフェン：2.0%

稲（箱育苗）：白葉枯病、いもち病、紋枯病、イネミズゾウムシ、イネドロオイムシ、ウンカ類、ツマグロヨコバイ：は種時（覆土前）～移植当日

稲（箱育苗）：いもち病、紋枯病、イネミズゾウムシ、イネドロオイムシ、ウンカ類、ツマグロヨコバイ：は種前

●イミダクロプリド・クロラントラニプロール・イソチアニル・ペンフルフェン粒剤

23459：エバーゴルフワイド箱粒剤（バイエルクロップサイエンス）14/4/24

イミダクロプリド：2.0%

クロラントラニプロール：0.75%

イソチアニル：2.0%

ペンフルフェン：2.0%

稲（箱育苗）：白葉枯病：移植3日前～移植当日

稲（箱育苗）：いもち病、紋枯病、イネドロオイムシ、イネミズゾウムシ、ウンカ類、ツマグロヨコバイ、ニカメイチュウ、コブノメイガ、イネツトムシ、フタオビコヤガ：は種時（覆土前）～移植当日

稲（箱育苗）：いもち病、紋枯病、イネドロオイムシ、イネミズゾウムシ、ウンカ類、ツマグロヨコバイ、ニカメイチュウ、コブノメイガ、イネツトムシ、フタオビコヤガ：は種前

〔殺菌剤〕

●アメトクトラジン水和剤

23454：ザンプロフロアブル（BASF ジャパン）14/4/24

アメトクトラジン：18.9%

ばれいしょ、トマト、ミニトマト：疫病：収穫前日まで

きゅうり、たまねぎ：べと病：収穫前日まで

ぶどう：べと病：収穫7日前まで

●アメトクトラジン・ジメトモルフ水和剤

2014/4/24：

23455：ザンプロ DM フロアブル（BASF ジャパン）

アメトクトラジン：27.0%

ジメトモルフ：20.3%

ばれいしょ、トマト、ミニトマト：疫病：収穫前日まで

きゅうり、たまねぎ：べと病：収穫前日まで

小粒種ぶどう：べと病：収穫60日前まで

大粒種ぶどう：べと病：収穫30日前まで

●ペンフルフェン粒剤

23456：エバーゴルフ箱粒剤（バイエルクロップサイエンス）14/4/24

ペンフルフェン：2.0%

稲（箱育苗）：紋枯病：は種時（覆土前）～移植当日

稲（箱育苗）：紋枯病：は種前

(41 ページに続く)