

特集：疫病

Phytophthora palmivora によるカンキツ褐色腐敗病

佐賀県上場（うわば）営農センター 田 代 暢 哉

はじめに

カンキツの疫病菌による病害として、我が国には疫病（苗疫病、すそ腐病）と褐色腐敗病があり、これまでに数種の *Phytophthora* 属病原菌が報告されている（表-1）。このうち、褐色腐敗病は果実に発生し、落果を引き起こして直接的な減収をもたらすので、多発したときの被害は甚大である。

しかし、これまで本病の発生は主に洪水の常習地域や排水の不良な水田転換園、スプリンクラー灌水を行う園などに限られており、毎年、必ず発生するという病害ではなかった。

ところが、近年の異常気象に伴う大雨や集中豪雨の頻発によって、過去に本病の発生がまれであった栽培地域でも被害が急増する傾向にあり、防除対策上の重要性が高まっている。

1990年代の終わりのころから佐賀県でも本病による被害が目立つようになり、殺菌剤の効果的な使用法を中心とした対策の確立を図ってきた。その過程で、我が国では褐色腐敗病菌として未記載であった *Phytophthora palmivora* および *P. nicotianae* による本病の発生を明らかにした（田代ら、2002）。本稿では、県内での分離頻度が高い *P. palmivora* によって引き起こされるカンキツ褐色腐敗病について概説し、参考に供したい。

I 発見の経緯

1999年8～9月にかけて、佐賀県では長雨が続いた。極早生温州の栽培割合が高い県南西部の鹿島・太良地域のアメダスデータによると、降雨量は8月が612 mm、9月が648 mmであった。このうち1日当たりの降雨量が100 mmを超えたのは4日、1時間当たり30 mm以上の激しい雨が降った日は6日に及んでいた。このような天候不順が続いていた9月上旬、県内各地の極早生品種を中心とした温州ミカンに果実腐敗が多発した。果実は軟化、褐変しており、独特のなまぐさい臭気を放って

いたことから褐色腐敗病（BROWN and ECKERT, 1988）であると判断した。さらに、発生園の状況を調べたところ、一面に落果が認められ、（口絵①）、これまでの記述（北島、1989）に一致していた。

一方で、本病は地面に近い下枝に結実した果実に発病が多いとされている（北島、1989）にもかかわらず、①樹の上部にも発病果実が多数見られること（口絵⑤）、②落果せずに樹上にとどまってミイラ果になっているものが目に付くこと（口絵⑥）の2点から、これまで経験した褐色腐敗病とは違った印象を受けた。さらに、発病果実を検鏡したところ、果実表面に大量の遊走子のうが形成されていた。当時、我が国では本病の病原菌として *P. citrophthora* のみが記載されていた。本菌は発病果実上に遊走子のうを生じることはない（桂・山本、1969）とされており、この点でも佐賀県で発生した褐色腐敗病の病原は既知の *P. citrophthora* とは異なるように思われた。

そこで、発病果実から分離され、温州ミカン果実に同様の症状を無傷接種で引き起こす菌株の性状を調べた。その結果、褐色腐敗病菌として我が国では未報告であった *P. palmivora* であることが明らかになった（田代ら、2002；TASHIRO et. al., 2012）。

II 病 徴

初期病徴として果実表面に輪郭が不明瞭な径1～2 cmの円形の病斑を生じる。未成熟果実では油浸状を呈し（口絵②）、着色始めころの果実では淡褐色であるが（口絵③）、その後、病勢の進展につれて褐変、軟化し（口絵④）、独特のなまぐさい臭いを放つ。その後、発病果実は落果するが（口絵①）、樹上にとどまる場合も多く見られる（口絵⑤）。樹上に残った果実の表面には大量の遊走子のうが形成され（図-1）、その後、ミイラ状に乾固する（口絵⑥）。

III 分離・同定

1 菌の分離

1999年9～10月に、現地の温州ミカン園（鹿島市4園、太良町4園）から、発病初期の果実、発病後の日数が経過しても落果せずに樹上に残存している果実およびミイラ状に乾燥した果実を採取した。果実表面を80%エタ

Occurrence of Citrus Brown Rot Caused by *Phytophthora palmivora*. By Nobuya TASHIRO

（キーワード：カンキツ、褐色腐敗病、疫病、*Phytophthora palmivora*）

表-1 1999 年までに我が国で報告されたカンキツ類疫病菌および褐色腐敗病菌

<i>Phytophthora</i> 属菌の種名	発生宿主 (部位)	病名	著者 (発表年)
<i>P. citricola</i>	雪柑 ^{a)} , 高増桶柑 ^{b)} (果実)	疫病	澤田 (1927, 台湾での報告)
<i>P. citrophthora</i>	キンカン (果実)	褐色腐敗病	瀧元 (1931)
<i>P. sp. (cactorum)</i>	ネーブル, ユズ (苗木)	苗疫病	横山・吉田 (1962)
<i>P. citrophthora</i> <i>P. nicotianae</i>	カンキツ (苗木)	苗疫病	岡本ら (1974)
<i>P. citrophthora</i>	ナルトミカン (地際部)	すそ腐病	入江・神納 (1978)
<i>P. citricola</i> <i>P. citrophthora</i> <i>P. nicotianae</i>	温州, ユズ (苗木)	苗疫病	植松ら (1999)

^{a)} *Citrus sinensis* var. *sekkan* (オレンジ類).

^{b)} *Citrus tankan* (タンカン).

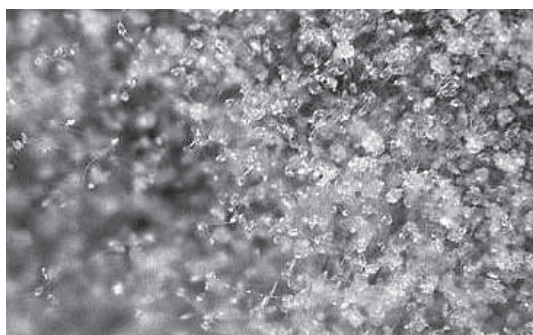


図-1 発病果実の表面に形成された大量の遊走子のう



図-2 遊走子の間接発芽

ノールで洗浄後、表皮の組織片を切り出し、素寒天培地に置床した。25℃で2～3日間培養後、伸長した菌糸の先端を実体顕微鏡下で単菌糸分離した。

その結果、各発病ステージの果実から、ともに同一の性状を示す菌株が分離された。これらの菌株は野菜ジュース培地（カゴメ無塩野菜ジュース 200 ml, 炭酸カルシウム 3 g, 水 800 ml）上で遊走子のう、厚膜胞子を形成した。さらに、遊走子のうは間接発芽する（図-2）ことから *Phytophthora* 属菌であることが明らかになった。

2 分離菌の病原性

(1) 菌そう接種による病原性の確認

同一の性状を示す *Phytophthora* 属菌 36 菌株および対照菌として供試した *P. citrophthora* Y6B, *P. palmivora* CH88-2 の 38 菌株を PDA 平板で培養し、菌そう先端部を打ち抜いて作成した含菌寒天ディスク（径 4 mm）を 80% エタノールで表面殺菌した極早生温州（品種‘上野早生’）の成熟果実に無傷接種した。さらに、分離された *Phytophthora* 属菌のなかで代表的な 2 菌株、KP-2 お

よび IP-1 を供試して、各種カンキツ品種の果実および成葉に同様に無傷接種し、28℃・湿室条件下に保持した。

その結果、*Phytophthora* 属菌 36 菌株はすべて極早生温州の成熟果実に対して自然発病果実と同様の症状を再現し、病斑上には大量の遊走子のうと厚膜胞子を形成した（図-3）。一方、同時に供試した *P. citrophthora* Y6B では KP-2, IP-1 よりもやや濃い褐色の病斑を生じたが、菌糸の伸長は少なく、遊走子のうも形成されなかった。*P. palmivora* CH88-2 による症状は KP-2, IP-1 によるものと類似していた。

さらに、KP-2, IP-1 はタンゴール（‘清見’）グレープフルーツ、レモン、スイートオレンジ、ナツミカン、ハッサク、ネーブル、ポンカン、ユズ、カラタチ、キンカンの各果実に無傷接種で褐色腐敗病の症状を引き起こした。一方で、成葉に対しては何らの病原性も示さなかった。

なお、接種によって発病した果実の病斑部からはすべて接種菌と同様の *Phytophthora* 属菌が分離された。

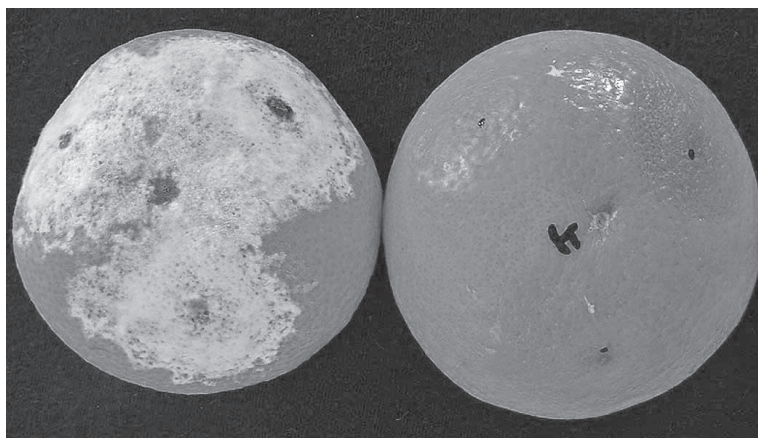


図-3 菌叢ディスクの無傷接種による病徴の再現
(左: *P. palmivora* KP-2, 右: *P. citrophthora* Y6B)

(2) 遊走子接種による病原性の確認

同一の性状を示す *Phytophthora* 属菌 36 菌株は野菜ジュース培地上で遊走子のうを良好に形成した (図-4)。そこで、遊走子のう形成菌そう片を殺菌土壤浸出液に浸漬し、4℃・15 分間の低温処理後、27℃ 条件下に移して遊走子を放出させ、遊走子懸濁液を作成した (Timmer et al., 2000)。それをサラシ片 (5 × 5 mm) に含ませ、極早生温州 (品種 ‘上野早生’) の成熟果実に無傷接種し、28℃・湿室条件下に保持した。その結果、遊走子濃度が 10¹ 個/ml でもわずかではあるが発病を認め、10⁴ 個/ml 以上になると高い割合で発病し、全分離菌株の病原性を確認できた。

3 病原菌の菌そう生育温度

KP-2, IP-1 および *P. citrophthora* Y6B の 3 菌株の含菌寒天ディスク (径 4 mm) を PDA 平板上に置き, 5 ~ 36℃ の間の 14 段階の各温度条件下で 5 日間培養した。

その結果、KP-2、IP-1の菌そうはともに星状型を呈し(図-5)、12℃から35℃の範囲で生育したが、35℃での生育はごくわずかであった。最適温度は30～32℃で、*P. citrophthora*の26℃前後よりも高かった(図-6)。

4 同定

KP-2 および IP-1 の 2 菌株を供試し、蛍光灯照明下の CV-8A 平板培地で 7 日間培養後に形成された遊走子のうおよび厚膜胞子の形状と大きさを調査した (表-2)。さらに、これらの菌株を *P. palmivora* CH89-37 (交配型 A1)、ATCC46611 (交配型 A2) および *P. nicotianae* Y1A (交配型 A1)、P-731 (交配型 A2) と CV-8A 平板培地上で対峙させ、18℃・暗黒条件下で培養して交配の有無、交配型および有性器官の形状を調べた (表-2)。

遊走子のうは顕著な乳頭突起を有し、倒洋梨形～卵形

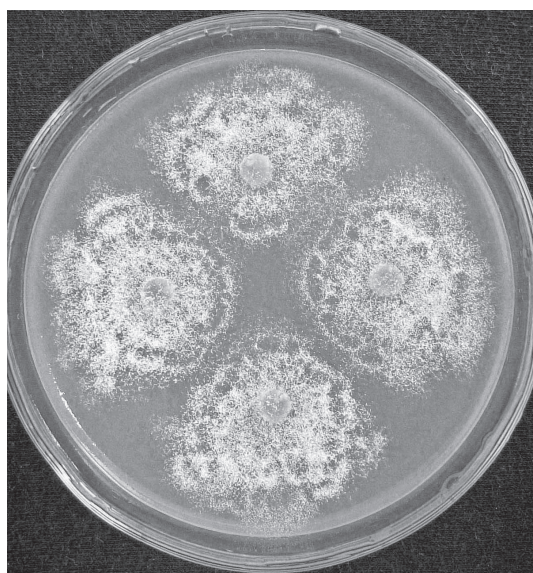


図-4 野菜ジュース培地上で大量に形成された
P. palmivora KP-2 の遊走子のう

であるが、やや変形しているものも認められた。水中で容易に脱落し、脱落痕は $5\mu\text{m}$ 以下と短かく(図-7)大きさは $37\sim 62\mu\text{m}\times 21\sim 37\mu\text{m}$ (平均 $50\times 28\mu\text{m}$)、L:B比は1.8であった。厚膜胞子の大きさは $22\sim 32\mu\text{m}$ (平均 $28\mu\text{m}$)であった(図-8)。

交配試験で KP-2 は *P. palmivora*, *P. nicotianae* の各交配型 A2 との対峙培養で有性器官を形成した。造精器はたる型で造卵器に底着し (図-9), 大きさは $11.0 \sim 18.0 \mu\text{m} \times 11.5 \sim 18.0 \mu\text{m}$ (平均 $14.4 \times 14.1 \mu\text{m}$), 造卵器は卵胞子を 1 個内包し, とともに球形で, 造卵器の大きさは $25.5 \sim 32.0 \mu\text{m}$ (平均 $29.1 \mu\text{m}$), 卵胞子の大きさは 20.0

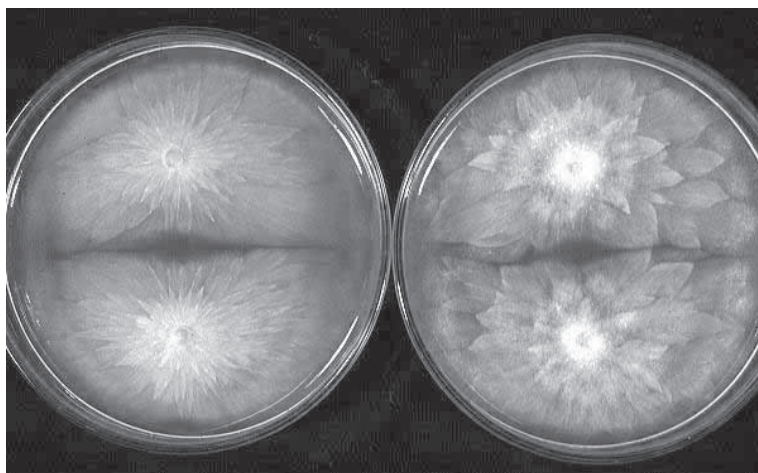


図-5 PDA培地上での褐色腐敗病菌の菌そう生育
(左: *P. palmivora* KP-2, 右: *P. citrophthora* Y6B)

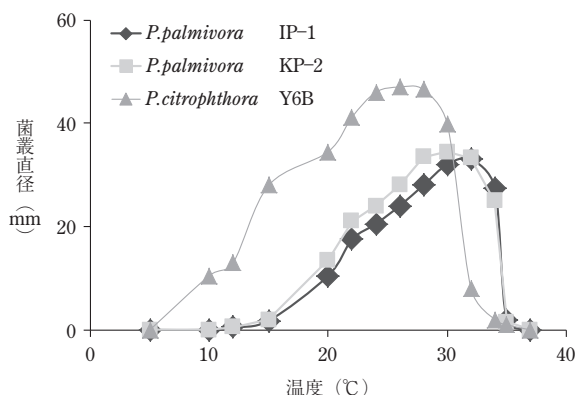


図-6 2種のカンキツ褐色腐敗病菌, *Phytophthora palmivora* と *P. citrophthora* の生育温度の比較

～27.5 μ m (平均 23.8 μ m) であった (図-9)。

以上の KP-2 および IP-1 の諸性質は *P. citrophthora* とは明らかに異なっており、さらに、カンキツの果実腐敗を引き起こす他の 8 種の *Phytophthora* 属菌 (ERWIN and RIBEIRO, 1996) ととも一致しなかった。しかし、表-2 に示すように *P. palmivora* の記載 (STAMPS, 1985; ERWIN and RIBEIRO, 1996) とはほぼ一致した。

さらに、ITS1/ITS4 プライマーセット (WHITE et al., 1990) を用いた PCR によって、KP-2 から rDNA の ITS 領域を増幅し、得られた増幅産物の塩基配列をダイレクトシーケンスによって決定した。得られた配列 (アクセッション番号 AB669142) は BLAST 検索の結果、既知の *P. palmivora* と完全に一致した (TASHIRO et al., 2012)。

以上のことから、本病原菌を *P. palmivora* (Butler) Butler であると同定した。我が国では *P. palmivora* は

1993 年に米国のフロリダ州から輸入されたグレープフルーツの褐色腐敗症状を呈する果実から *P. nicoianae* とともに輸入検疫で検出された例が知られている (KIMISHIMA et al., 1996)。しかし、我が国のカンキツ園で *P. palmivora* によって果実腐敗が引き起こされていることが明らかになったのはこれが初めてのことである。

IV 発病と温度の関係

P. palmivora KP-2 と *P. citrophthora* Y6B を供試し、前述の方法と同様にして作成した径 4 mm の含菌寒天ディスクを 80% エタノールで表面殺菌したタンゴール‘清見’の果実に無傷接種した。接種果実は 10～35℃ の間の 5 段階の各温度条件下に温室状態で保持した。

P. palmivora KP-2 と *P. citrophthora* Y6B の 25℃ および 30℃ における接種 7 日後の病斑直径は両菌ともに約 50 mm で同程度であった。両菌ともに温度が低くなるにつれて病斑の大きさは小さくなったが、20℃ における *P. palmivora* KP-2 の病斑直径は約 20 mm で、*P. citrophthora* Y6B の場合の約 1/2 と小さく、15℃ では *P. citrophthora* Y6B のみで病斑が形成され、*P. palmivora* KP-2 での発病は認められなかった。10℃ では両菌ともに発病しなかった。一方、高温域の 32℃ では *P. palmivora* KP-2 のみで発病し、25℃ および 30℃ の場合と同程度の大きさの病斑を形成した (図-10)。

以上のことから、本菌による褐色腐敗病は高温時を中心に発生することが考えられる。すなわち、*P. palmivora* による本病の発生は佐賀県では極早生温州の成熟が始まる 8 月下旬ころから平均気温が 25℃ 前後を保持している 9 月中旬ころまでの高温期が主体であり、比較的低温

表-2 カンキツ褐色腐敗病を引き起こす供試菌 KP-2 と *P. palmivora* および *P. citrophthora* との形状比較

形態的特徴	供試菌 KP-2	<i>P. palmivora</i> ^{a, b)}	<i>P. citrophthora</i> ^{a)}
PDA での菌叢形状	放射状	キクの花弁状, 放射状	キクの花弁状, 放射状
厚膜孢子			
形成状況	豊富に形成	あり	あり/なし
平均直径	28 μm	30 ~ 35 μm	28 μm
遊走子のう			
脱落性	あり	あり	なし
小柄	5 μm 未満	5 μm 未満	—
形状	卵型~倒洋梨型	卵型~倒洋梨型	条件によって変異
長さ	37 ~ 62 μm	35 ~ 60 μm	23 ~ 90 μm
幅	21 ~ 37 μm	20 ~ 40 μm	18 ~ 60 μm
平均長	50 $\times$ 28 μm	56 $\times$ 33 μm	45 $\times$ 30 μm
LB 比	1.8	1.7 ~ 1.9	1.4
乳頭突起	顕著	顕著	やや顕著
有性器官			
造精器の付き方	底着	底着	自然条件下での有性器官の形成なし
造精器の大きさ	14 $\times$ 14 μm	15 $\times$ 14 μm	
造卵器の大きさ	26 ~ 32 μm	22 ~ 35 μm	
卵胞子の大きさ (平均)	20 ~ 28 (24) μm	23 μm	
細胞壁の厚さ	2 μm	2 μm	
交配型	A1	A2 が多い	
菌糸伸長温度			
最低	12 $^{\circ}\text{C}$	11 $^{\circ}\text{C}$	< 5 $^{\circ}\text{C}$
最適	30 ~ 32 $^{\circ}\text{C}$	28 ~ 30 $^{\circ}\text{C}$	24 ~ 28 $^{\circ}\text{C}$
最高	34 $^{\circ}\text{C}$	< 35 $^{\circ}\text{C}$	32 ~ 33 $^{\circ}\text{C}$

a) STAMPS (1985).

b) ERWIN and RIBEIRO (1996).

図-7 *P. palmivora* KP-2 の遊走子のう

域においても発病が可能な *P. citrophthora* では8月下旬以降, 晩秋期まで発生が続くものと考えられる。これらの点については今後, 時期別の接種試験および遊走子のう形成に及ぼす温度の影響についての検討を通じて明らかにしていく必要がある。

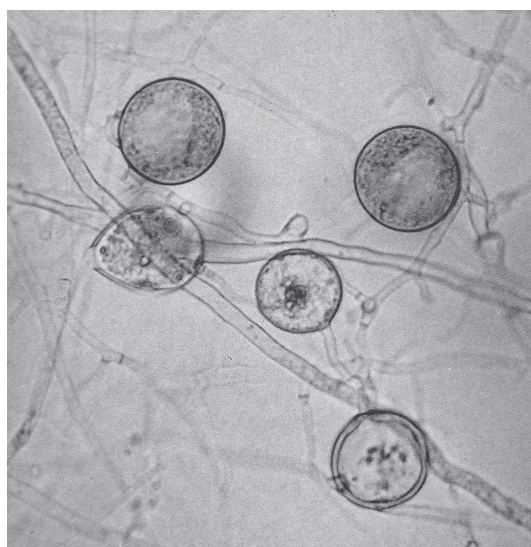
図-8 *P. palmivora* KP-2 の厚膜孢子



図-9 *P. palmivora* KP-2の卵胞子および造卵器に底着した造精器

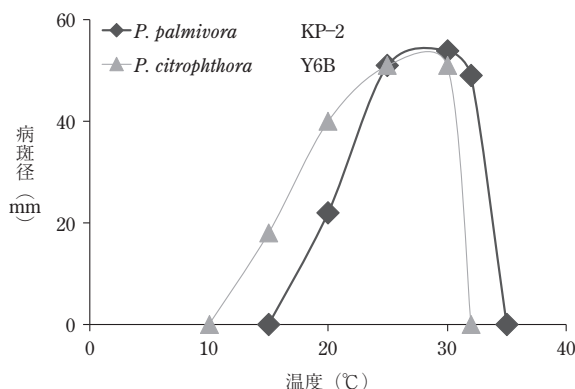


図-10 2種のカンキツ褐色腐敗病菌, *Phytophthora palmivora*と*P. citrophthora*によるタンゴール‘清見’果実上での病斑形成に及ぼす温度の影響

V 防 除 対 策

1 耕種の対策

褐色腐敗病菌は土壤中に存在し、強雨時に下枝付近の果実に感染する。このため、果実の成熟期に敷きわらをして果実への土壌の跳ね返りを抑制する。また、果実糖度向上のための透湿・防水シートのマルチングは病原菌の跳ね上がりを防ぐうえで極めて有効である。しかし、台風などでマルチがはがれた場所では激しく発生することもある(図-11)。このため、台風の接近が予想される時にはマルチの張り具合をよく点検し、めくれないようにしっかりと補強しておく必要がある。

さらに、常発地や強い雨が予想される場合には果実を吊り上げて、地表面からの距離を可能な限り離す必要がある。また、園内の排水をよくして地表の乾燥を図ることも大切である。

*Phytophthora palmivora*が病原の場合には、落果して地面に散在している発病果実や樹上に残った発病果実の表面に多量の遊走子のうが形成されている。被害の拡大



図-11 台風によってマルチがはがされた場所に激しく発生した褐色腐敗病(病原菌は*P. palmivora*)

を防ぐためには、これらの果実を集めて園外に持ち出すことを徹底する。

2 薬剤防除

*P. palmivora*の場合、20～30℃では接種後の果面の濡れ時間がわずか2～3時間で感染が成立する(田代ら, 2001)。このため、感染が始まってからの殺菌剤散布による発病抑制効果は期待できない。これまでの知見によると、遊走子接種5～6時間後までの散布であればメタラキシル混合剤(図-12)、12時間後の散布でもメタラキシル混合剤またはホセチル水和剤による発病抑制効果が認められている(野口ら, 2013)。さらに、接種16時間後の散布では程度は低いもののホセチル水和剤の効果が認められる(清水・三好, 2006)。しかし、接種24時間後以降になるとメタラキシルやホセチル等の浸透移行性を有する殺菌剤を散布しても発病抑制効果は認められないか(図-12)、極めて低い(野口ら, 2013)。

このため、本病が発生することを前提にした殺菌剤の散布が対策の基本になる。

(1) 黒点病との同時予防

本病だけを対象にすると散布回数を増やす必要があるが、黒点病対策として取り組みれば負担にはならない。カンキツでは8月下旬～9月上旬は生育後半に問題になる黒点病に対する予防剤が必ず散布される時期である。褐色腐敗病が問題になるのはこの時期からなので、黒点病と褐色腐敗病のどちらにも有効な薬剤であれば同時に予防できる。同時予防が可能な殺菌剤はいくつもあるが、褐色腐敗病に対する効果が高いのはマンゼブ水和剤の400倍散布である(表-3; 図-13; ただし、同剤400倍の登録はカンキツではなく、ミカンに限られる)。

なお、キャプタン・有機銅水和剤も両病害に対しての登録はあるが、耐雨性が低く、残効が短い(表-3; 図-

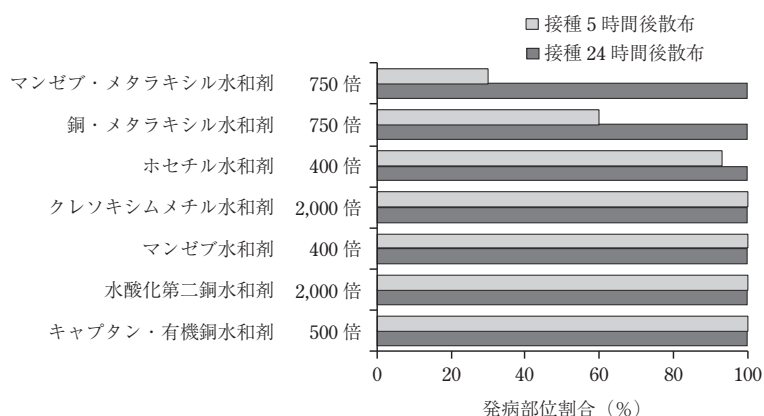


図-12 カンキツ褐色腐敗病菌を接種してからの殺菌剤散布による発病抑制効果 (2003 年試験)

温州ミカン果実へ *P. palmivora* 遊走子懸濁液 (10^5 個/ml) を接種し、5 時間後および同 24 時間後に各種殺菌剤を散布して、温州ミカン果実の発病状況を 7 日後に調査。

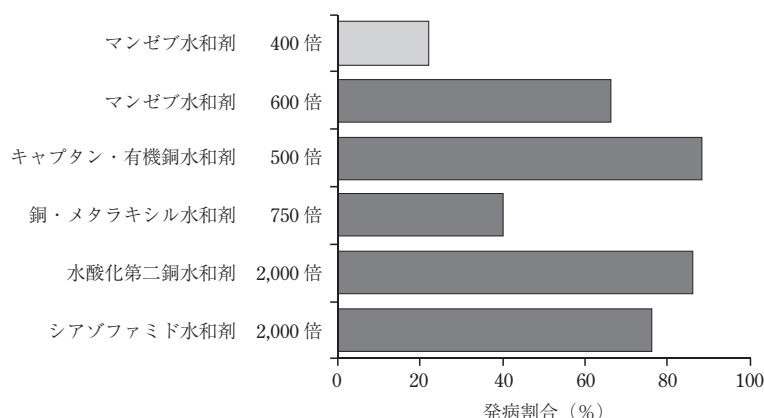


図-13 散布 28 日後のカンキツ褐色腐敗病菌接種による各種殺菌剤の発病抑制効果の評価 (2001 年試験)

P. palmivora 遊走子懸濁液 (10^5 個/ml) を接種し、温州ミカン果実の発病状況を 7 日後に調査。散布してから接種までの累積降雨量は 194 mm。

13)。マンゼブ・メタラキシル水和剤は褐色腐敗病に対する効果は高いが、黒点病に対しては未登録である。

(2) 9 月中旬以降の対策

8 月下旬～9 月上旬にマンゼブ水和剤 400 倍を散布しておけば、9 月中～下旬までは多発する恐れは低い。しかし、その後は残効が切れるので発病することが心配される。

この時期はマンゼブ水和剤の使用回数が制限の 4 回に達していることが多く、さらに同剤は温州ミカンでは収穫 30 日前までの使用という制限がある。このため、マンゼブ水和剤やマンゼブの混合剤であるマンゼブ・メタラキシル水和剤は使えない場合が多い。最も効果が期待

表-3 カンキツ褐色腐敗病に対する各種薬剤の人工降雨条件下における防除効果の推移^{a)}

供試薬剤	希釈倍数	累積降雨量 (mm)			
		0	100	200	300
マンゼブ水和剤	400	100	100	100	91.6
キャプタン・有機銅水和剤	500	100	95.8	58.3	37.5
銅・メタラキシル水和剤 ^{b)}	750	100	100	100	100

^{a)} 表中の数字は防除価。温州ミカン果実への薬剤散布 2 日後から 1 日当たり 100 mm (降雨強度は 17 mm/時間 × 3 時間 × 2 回/日) の人工降雨処理を最長 3 日間継続。散布 6 日後に *P. palmivora* 遊走子懸濁液 (10^5 個/ml) を接種し、発病状況を 7 日後に調査。

^{b)} クレフノン 200 倍を加用。

できるのは銅・メタラキシル水和剤である(表-3; 図-13)。しかし、温州ミカンの収穫14日前までの使用に限られ、さらに銅の葉害を抑えるために炭酸カルシウム剤の加用が必要になり、果面の汚れの問題が生じることもある。

一方、ホセチル水和剤による予防効果は銅・メタラキシル水和剤には及ばないものの、温州ミカンとカンキツに対してともに収穫前日まで使える利点がある。しかし、同剤を果実着色前～着色初期の果実に対して日中の気温が30℃を超えるようなときに散布すると、果実に激しいヤケを生じ、商品価値がなくなってしまう。特に陽光面での発生が激しく、温州ミカンや中晩柑等品種を問わず発生する。このため、散布予定日の気象情報に留意し、高温が予想されるとき散布は控える。

なお、収穫期の亜リン酸液肥散布で本病に対する高い発病抑制効果が得られている(清水・三好, 2006)。亜リン酸資材が疫病菌による病害に有効なことはこれまでに多数報告されている(AFEK and SZTEJNBERG, 1989; ERWIN and RIBEIRO, 1996; 前川ら, 2006; 仲川ら, 2010)。今後、カンキツ類における効果的な使用法の確立が望まれる。

(3) 発病を認めてからの対策

メタラキシル混合剤またはホセチル水和剤を直ちに散布する。感染した果実の発病を抑制することはできないが、その後の感染、発病を抑制する効果は期待できる。

今後は各種殺菌剤による遊走子のう形成抑制効果についても明らかにして、初発後でも被害拡大を抑制できる効果的な対策の確立が必要である。

おわりに

*P. palmivora*に起因する褐色腐敗病では、発病後も落果せずに樹上に残存する果実が多く、さらにその表面に大量の遊走子のうが形成され、伝染源として機能するのが特徴である。このため、ひとたび発生すると広範囲に拡大して、大きな被害をもたらすことが心配される。

本病が多発した1999年に佐賀県内の8園地から分離された *Phytophthora* 属菌36菌株はすべて *P. palmivora* で、*P. citrophthora* は全く分離されなかった。その後も本病は散発的ではあるものの県内各地で発生が続き、2001年には新たな病原菌として *P. nicotianae* による本病の発生を確認している(田代ら, 2002)。2004年には相次ぐ台風の影響で本病が再び多発した。その際に県内で分離した約400菌株の内訳を見ると、*P. palmivora* が約7割、次いで *P. citrophthora* が約2割、*P. nicotianae* が約1割で、*P. palmivora* が多くを占めており、これまで本病の病原菌とされてきた *P. citrophthora* の割合は低

かった。愛媛県では2004年に清水らが発病果実から分離した143菌株の rDNA ITS 領域の PCR-RFLP 解析を行っている。その結果、新たな病原菌として *P. citricola* が見いだされるとともに、そのときの分離頻度は *P. palmivora* が62.9%、*P. citrophthora* が17.5%、*P. nicotianae* が15.4%、*P. citricola* が4.2%で、*P. palmivora* によって引き起こされる場合が多いことを報告している(清水ら, 2006)。

以上のように、我が国におけるカンキツの褐色腐敗病にはこれまで知られていた *P. citrophthora* 以外に複数の *Phytophthora* 属菌が関与していることが明らかになってきている。本病は発生の年次間差が極めて大きな病害であるため、既知の病原菌である *P. citrophthora* についてもその生態については不明の点が多い。今後、これらの菌種の分布や競合、時期別の検出状況、発病環境等を明らかにし、これまで困難とされてきた本病の発生予測を可能にするとともに、より効果的な防除対策の確立を図っていく必要がある。

謝辞 本稿で紹介した一連の研究を実施するにあたり、千葉県農林総合研究センター暖地園芸研究所の植松清次博士には多大のご指導、ご援助を賜った。ここに記して心から御礼申し上げる。

引用文献

- 1) AFEK, U. and A. SZTEJNBERG (1989): *Phytopathology* **79**: 736 ~ 739.
- 2) BROWN, G. E. and J. W. ECKERT (1988): *Compendium of Citrus Diseases*, APS Press, St. Paul, MN, p. 32 ~ 33.
- 3) ERWIN, D. and O. K. RIBEIRO (1996): *Phytophthora Disease Worldwide*, APS Press, St. Paul, MN, 562 pp.
- 4) 入江和己・神納 浄 (1978): 日植病報 **44**: 371 (講要).
- 5) 桂 瑤一・山本弘平 (1969): 京都府大学報・農 **21**: 24 ~ 27.
- 6) KIMISHIMA, E. et al. (1996): *Res. Bull. Pl. Prot. Japan* **No.32**: 15 ~ 21.
- 7) 北島 博 (1989): カンキツの病害 褐色腐敗病, 果樹病害各論, 養賢堂, 東京, p. 62 ~ 63.
- 8) 前川和正ら (2006): 関西病虫研報 **48**: 53 ~ 54.
- 9) 仲川晃生ら (2010): 関東東山病虫研報 **57**: 5 ~ 9.
- 10) 野口真弓ら (2013): 日植病報 **79**: 70 (講要).
- 11) 岡本 博ら (1974): 同上 **40**: 139 (講要).
- 12) 澤田兼吉 (1927): 台湾中研農薬部報告 (臺灣産菌類調査報告 第3編) **27**: 21 ~ 26.
- 13) 清水伸一ら (2006): 日植病報 **72**: 72 (講要).
- 14) ———・三好孝典 (2006): 四国植防 **41**: 50 ~ 51 (講要).
- 15) STAMP, D. J. (1985): *CMI Descriptions of Pathogenic Fungi and Bacteria*, No. 831. Commonwealth Mycological Institute, Kew, Surrey, UK.
- 16) 瀧元清透 (1931): 柑橘研究 **5**: 55 ~ 60.
- 17) 田代暢哉ら (2001): 日植病報 **67**: 197 ~ 198 (講要).
- 18) ———ら (2002): 同上 **68**: 189 (講要).
- 19) TASHIRO, N. et al. (2012): *J. Gen. Plant Pathol.* **78**: 233 ~ 236.
- 20) TIMMER, L. W. et al. (2000): *Plant Disease* **84**: 157 ~ 163.
- 21) 植松清次ら (1999): 日植病報 **65**: 412 ~ 413 (講要).
- 22) WHITE, T. J. et al. (1990): *PCR Protocols: A Guide to Methods and Applications*, M. A. Innis (eds.), Academic Press, NY, p. 315 ~ 322.
- 23) 横山佐太正・吉田桂輔 (1962): 九病虫研会報 **8**: 61 ~ 63.