パパイヤ軸腐病（新称）とその病原菌

矢口行雄*・中村重正*

Yukio YAGUCHI and Shigemasa NAKAMURA :
Stem-end Rot of Papaya and Its Pathogens

Abstract

Unknown rots in stem-end of papaya fruit imported in 1986 to 1987 were occurred in Japan. The symptoms were classified into five types. The causal fungi were identified as *Botryodiplodia theobromae*, *Phomopsis* sp., *Colletotrichum gloeosporioides*, *Fusarium solani*, and *Ascochyta caricae* on the basis of the morphological characteristics and the pathogenicity on the stem-end of papaya fruit.

(Received May 16, 1991)

Key words : stem end rot of papaya, *Botryodiplodia theobromae*, *Phomopsis* sp., *Colletotrichum gloeosporioides*, *Fusarium solani*, *Ascochyta caricae*.

緒 言

近年、パパイヤの輸入量の増加に伴い、輸送中あるいは市場における果実の腐敗が問題となっている。この実態を明らかにするため、輸入果実の腐敗状況を調査するとともに、病徴、病原菌の分離ならびに病原性を検討した結果、果実全面が腐敗する実腐れ (fruit surface rot) より果梗切断面が腐敗する軸腐れ (stem-end rot) の発生が多かった。軸部の腐敗に関与する病原菌として、*Botryodiplodia theobromae*, *Phomopsis* sp., *Colletotrichum gloeosporioides*, *Fusarium solani*, *Ascochyta caricae* を確認したので報告する。本報告の概要は、すでに植物病理学会で講演発表した^{17,18)}。

材料および方法

輸入果実の腐敗 1986年9月から1987年5月にわたって、東京国際空港で通関したハワイ産パパイヤ (品種：ソロ種) から任意に抽出した157,783個の果実の腐敗状況を調査し、症状別に病原菌の種類を同定した。

病原菌の分離および接種試験 パパイヤの軸部の腐敗部位から胞子塊または組織片を採取してPDA培地上に置床し、25°Cで7日間培養して病原菌を分離した。

供試菌として病徴の異なる部位より得た5分離株PB-1, PP-1, PC-1, PF-1, PA-1の直径4mmの培養

菌叢片を用い、表面殺菌したパパイヤ1/4熟果 (果実の1/4が黄化) の軸部および果実表面に有傷あるいは無傷接種した後、経時的に腐敗状況を観察し、下記に示すように腐敗程度によって0~4の指数を与え、平均腐敗度を求めた。

腐敗指数：0, 腐敗なし；1, わずかに軟化し、菌糸の発生が認められる；2, 菌糸が発生し軟化、腐敗が広がる；3, 腐敗部位が拡大し、分生子殻または分生子層の形成が始まる；4, 腐敗が果実の1/3以上に拡大し胞子形成が認められる。

$$\text{平均腐敗度} = \frac{0 \times \text{果数} + \dots + 4 \times \text{果数}}{\text{総果数}}$$

結 果

輸入果実の腐敗状況および病徴

通関直後に輸入果実の腐敗を調査した結果、軸部の腐敗の発生率は0.76%で果実表面の腐敗果発生率0.15%に比べて著しく高かった (Table 1)。さらに軸部の腐敗は外観から次の5タイプに類別された。

タイプI：果梗中心部から軟化が始まり、急速に周辺に腐敗が広がり、4~5日後には黒色に腐敗し、その上に黒色、球形の分生子殻を豊富に形成する。分生子殻は成熟すると、その頂部から白色および黒緑色の分生子を連鎖状に吐出し、湿度が高いと、灰色、ビロー

* 東京農業大学農学部

Faculty of Agriculture, Tokyo University of Agriculture, Setagaya-ku, Tokyo 156, Japan

Table 1. Occurrence of five types of stem-end rots on papaya fruits imported in 1986-1987

Month	Total No. of fruits	Rotted types ^{a)}					
		Total (%)	Type I	Type II	Type III	Type IV	Type V
Sep.	14,121	108 (0.8)	81	6	11	10	0
Oct.	20,707	434 (2.1)	237	84	77	23	13
Nov.	21,308	195 (0.9)	97	36	24	33	5
Dec.	24,903	202 (0.8)	88	43	46	19	6
Jan.	11,098	106 (1.0)	55	36	10	4	1
Feb.	14,234	70 (0.5)	22	23	17	4	4
Mar.	18,307	52 (0.3)	21	17	10	4	1
Apr.	21,864	6 (0.03)	5	1	0	0	0
May	11,241	31 (0.3)	14	10	7	0	0
Total	157,783	1,205 (0.76)	620 (0.39)	256 (0.16)	202 (0.13)	97 (0.06)	30 (0.02)

a) Symptoms of stem-end rots : Type I : Water-soaked marginally at first, then formed lesions with discoloration to black, and finally roughened the surface with erumpent pycnidia. Type II : Wrinkles first, then became translucent and yellow to brown. Type III : Water-soaked first, then formed lesions with light brown margins and light orange spore masses. Type IV : Developed dry lesions covered by a white, rather compact mycelial mat. Type V : Formed black lesions with a wrinkled surface and scattered pycnidia embedded in the tissue.

ド状の気中菌糸を密生する (Plate I-1)。

タイプII : はじめ軸部が水浸状に軟化し、腐敗が周辺に広がる。病状が進むと、黒色、球状の分生子殻を形成し、その頂部より分生子を連鎖状に吐出する。タイプIによる腐敗に類似するが、腐敗部は淡色で象皮状になるので区別できる (Plate I-2)。

タイプIII : はじめ軸部が軟化し、水浸斑が周辺に広がって暗褐色となり、その上に橙色の分生子層を密生する (Plate I-3)。

タイプIV : 軸部には白色の菌糸が密生し、周辺に水浸斑が認められるが、腐敗の進展は遅く、乾腐状となるのが特徴である (Plate I-4)。

タイプV : はじめ軸部は水浸状となり、腐敗はしだいに広がって黒色になり、表皮下に分生子殻を形成する。本菌による腐敗はタイプIIに類似するが、腐敗が進むと黒色になる点で区別できる (Plate I-5)。

腐敗のタイプ別発病を調査した結果、調査期間を通じてタイプIが0.39%で最も発生率が高く、次いでタイプII 0.16%, タイプIII 0.13%, タイプIV 0.06%, タイプV 0.02%であった。パパイヤは通年輸入されているが、今回の調査期間については、腐敗の発生が10月

から翌年2月に多くみられた (Table 1)。

病原菌の分離および病原性

各タイプ別に腐敗部位より常法によって得たPB-1, PP-1, PC-1, PF-1, PA-1の5分離株をパパイヤ1/4熟果の軸部に接種した結果、いずれの分離株も果実の軸部を強く腐敗させ、自然発病と同様な病徴を示した (Table 2)。分離株PP-1, PC-1, PA-1は接種2日目で接種部位を軟化し始め、5日目には分生子殻あるいは分生子層を形成し、7日目で果実の1/3以上を腐敗させ、分生子を形成した。これらの分離株に比べPB-1は、接種5日目で果実の1/3以上を腐敗させ、分生子を形成し、腐敗が著しく早かった。また分離株PF-1による腐敗は、接種2日目では全く変化がみられず、他の4菌株に比べて初期のうち腐敗の進行が遅い傾向を示したが、接種7日目には他の4菌株と同様に果実の1/3以上に腐敗が広がった。

また果実表面に対し全分離株とも有傷、無傷の果実を腐敗させたが、腐敗の進展は軸部接種に比べて遅かった (Table 3)。5分離株の中では、分離株PC-1が果実表面に対し最も病原性が強く、腐敗果率は有傷73%, 無傷33%であった。

病原菌の形態および同定

軸部に接種した腐敗部より、各タイプ別の病原菌の形態について調査した結果は以下のとおりであった。

タイプIの病原菌：分生子殻は黒色、球形、大きさ140~260 μm 。殻壁は2層よりなり、頂部に孔口を有する (Plate II-1)。分生子は無色、広楕円形、単胞、大きさ20~30 $\times$ 14~16.4 μm (平均25.6 $\times$ 14.4 μm) で、孔口より吐出後、暗褐色、広楕円形で2胞となり、大きさ20~27.2 $\times$ 12~15.9 μm (平均24.9 $\times$ 13.3 μm) (Plate II-2)。分離株 (PB-1, 2, 3, 4) は、PDA培地上で明所培養により3~5日目に分生子殻と分生子を形成した。以上の形態的特徴から、本菌は *Botryodiplodia theobromae* Patouillard (Syn. *Lasiodiplodia theobromae* Pat.)¹⁰⁾ と同定された。

タイプIIの病原菌：分生子殻は黒色、球形~不整形、大きさ150~400 μm 。殻壁の外部は厚膜細胞よりなり、頂部に孔口を有する (Plate II-3)。分生子は2型あり、A型分生子は紡錘形~楕円形、2顆粒を含み、大きさ5.4~7.7 $\times$ 1.8~2.7 μm (平均6.2 $\times$ 2.2 μm)。B型分生子は糸状、屈曲、大きさ12.8~20.5 $\times$ 0.7~1.2 μm (平均17.4 $\times$ 0.9 μm) である (Plate II-4)。以上の形態的特徴から、本菌は *Phomopsis* 属に所属するが、種名についてはさらに検討を要する。

タイプIIIの病原菌：分生子層がはじめ表皮下に形成され、成熟すると表皮を裂開して露出する。分生子柄は無色、単胞、分生子は、無色、長楕円形、やや弯曲し、大きさ14.1~19.7 $\times$ 3.6~5.4 μm (平均16.7 $\times$ 4.9 μm) である (Plate II-5, 6)。分離菌 (PC-1, 2, 3, 4, 5) は、PDA培地上で、橙色、綿毛状で、分生子を形成した。いずれも完全時代は認められなかった。以上の形態的特徴から、本菌は *Colletotrichum*

gloeosporioides (Penzig) Penzig et Saccardo^{1,14)} と同定された。

タイプIVの病原菌：腐敗部では小型分生子のみを集塊状に形成し、分離株 (PF-1, 2, 3) はPDA培地上では長い分生子柄が菌糸から側生し、その先端に無色、楕円形、大きさ7.5~16.4 $\times$ 3~5.9 μm (平均13.8 $\times$ 4.3 μm) の小型分生子を形成する (Plate II-7)。果実上では大型分生子は認められなかったが、カーネーションリーフアガー法¹⁵⁾により、培地上に大型分生子、無色、三日月形、3~5隔膜を有する。大型分生子の大きさは、5隔膜分生子：30~38 $\times$ 3~4 μm (平均36 $\times$ 4 μm)、4隔膜分生子：28~36 $\times$ 3~4 μm (平均31 $\times$ 3 μm)、3隔膜分生子：20~33 $\times$ 2~4 μm (平均26 $\times$ 3 μm) である (Plate II-8)。以上の形態的特徴から、本菌は *Fusarium solani* (Martius) Saccardo³⁾ と同定された。

タイプVの病原菌：分生子殻は黒色、球形、大きさ104~208 μm 、頂部に孔口を有する (Plate II-9)。分生子は、無色、楕円形、大きさ6~10 $\times$ 2~4 μm (平均7.7 $\times$ 2.7 μm) (Plate II-10)。分離株 (PA-1, 2) は、PDA培地、明所培養により6~7日目に分生子殻が認められ分生子を形成した。以上の形態的特徴から、本菌は *Ascochyta caricae* Patouillard⁴⁾ と同定された。

考 察

パパイア果実の腐敗については、アメリカ^{2,6,8)}、イギリス⁵⁾、インド¹³⁾ など世界中の産地ならびに消費地で問題となっている。ハワイ産のパパイアは、アメリカ本土向けに船舶および航空輸送で行っているが、腐敗果の発生は船舶輸送で10~40%、航空輸送で5~30%であったと報告されている²⁾。本調査の結果、わが国に航空輸送されたハワイ産のパパイアの腐敗の発生は

Table 2. Pathogenicity of five fungal isolates on stem-end of papaya^{a)}

Rotted type (Isolate)	Pathogen	No. of inoculated fruits	Rate of diseased fruits (%)	Disease development		
				2	5	7 (days)
Type I (PB-1)	<i>B. theobromae</i>	10	100	0.6 ^{b)} (0-2)	3.4 (3-4)	3.9 (3-4)
Type II (PP-1)	<i>Phomopsis</i> sp.	10	100	0.3 (0-1)	1.6 (0-3)	3.7 (3-4)
Type III (PC-1)	<i>C. gloeosporioides</i>	10	100	0.6 (0-2)	1.0 (0-2)	2.9 (2-4)
Type IV (PF-1)	<i>F. solani</i>	10	100	0 (0)	0.9 (0-2)	2.0 (1-4)
Type V (PA-1)	<i>A. caricae</i>	20	100	0.1 (0-1)	1.8 (0-3)	3.0 (2-4)

a) Inoculated by placing mycelial agar discs (4 mm diam.) on the stem-end of papaya fruits.

b) Average of rot index with its range.

Table 3. Pathogenicity of five fungal isolates on fruit surface of papaya^{a)}

Rotted type (Isolate)	Pathogen	Inoculate	No. of inoculated fruits	Rate of diseased fruits (%)	Disease development		
					2	5	7 (days)
Type I (PB-1)	<i>B. theobromae</i>	Wound	15	47	0 ^{b)} (0)	0.5 (0-1)	0.9 (0-2)
		Unwound	15	33	0 (0)	0 (0)	0.7 (0-2)
Type II (PP-1)	<i>Phomopsis</i> sp.	Wound	15	60	0 (0)	0.7 (0-3)	1.5 (3-4)
		Unwound	15	20	0 (0)	0.2 (0-3)	0.3 (0-3)
Type III (PC-1)	<i>C. gloeosporioides</i>	Wound	15	73	0 (0)	1.1 (0-3)	1.9 (0-4)
		Unwound	15	33	0 (0)	0.2 (0-2)	0.7 (0.4)
Type IV (PF-1)	<i>F. solani</i>	Wound	15	23	0 (0)	0.4 (0-1)	0.9 (0-3)
		Unwound	15	13	0 (0)	0.1 (0-1)	0.2 (0-2)
Type V (PA-1)	<i>A. caricae</i>	Wound	30	27	0 (0)	0.7 (0-3)	0.9 (0-4)
		Unwound	30	17	0 (0)	0.1 (0-3)	0.3 (0-4)

a) Inoculated by placing mycelial agar discs (4 mm diam.) on the fruit surface of papaya.

b) Average of rot index with its range.

0.91%で、これはアメリカ本土向けに比べるとかなり低い値であった。

ハワイでは、パパイヤの Fruit surface rot の病原菌として、*C. gloeosporioides*, *Mycosphaerella* sp., *Phomopsis* sp., *Alternaria alternata* (Fr.) Keissler, *Stemphylium lycopersici* Yamamoto, *F. solani*, *Guignardia* sp., Stem-end rot の病原菌としては、*Ascochyta caricae*, *Botryodiplodia theobromae*, *Phomopsis* sp., *F. solani*, *Alternaria alternata*, *S. lycopersici*, *C. gloeosporioides*, *Mycosphaerella* sp. などが報告されているが^{2,6,8)}、わが国ではわずかに炭そ病菌 *Glomerella cingulata* (Stoneman) Spaulding et Schrenk による輸入果実の腐敗が報告されているに過ぎない⁹⁾。今回、空輸されたパパイヤの通関直後に行った調査では、果実軸部の腐敗が目立っていた。

軸腐れの初期症状およびその進展、子実体の形成などから腐敗の状態を5タイプに分け、それぞれの病徴を記載するとともに、各タイプに関与する病原菌として、*B. theobromae*, *Phomopsis* sp., *C. gloeosporioides*, *F. solani*, *A. caricae* を同定した。これらの病原菌のうち、*B. theobromae* による腐敗は最も著しかった。本種は熱帯から亜熱帯などに分布し、パパイヤのほかバナナ、マンゴーを侵す多犯性菌で¹⁹⁾、わが国でははじめ台

湾産バナナの黒腐病菌として報告された⁷⁾。近年、徳島県では栽培ナシのボトリオディプロディア枝枯病¹⁰⁾、東京都小笠原諸島ではインドゴムノキ枝枯病¹²⁾、千葉県ではヒメツルニチニチソウ茎枯病¹¹⁾の病原菌として国内における分布が報告されている。

Phomopsis sp. による腐敗は、進展が早く、黒変せず淡色で象皮状になるのが特徴である。ハワイではパパイヤの Stem-end rot の主要な病原菌として報告されている^{2,6)}。

C. gloeosporioides による腐敗は、橙色の分生子層を密生するのが特徴である。本菌は、すでにパパイヤ炭そ病菌として知られているが、今回、本菌による軸部の腐敗が多く認められたので、他の4病原菌とともにパパイヤ軸腐病菌に関与する病原菌として提案したい。

F. solani による腐敗は、比較的進展が遅く、乾腐するのが特徴であり、他の病原菌による腐敗と区別が容易であった。

A. caricae による腐敗の発生は、今回の調査では最も少なかったが、病原性は他の4種と同様に強く、またハワイ²⁾、インド¹³⁾では本種による fruit surface rot が問題になっている。

わが国では軸部の腐敗はまだ報告がないが、諸外国では上述のように、stem-end rot が知られ、その関与

する病原菌が知られている。今回明らかになった軸部の腐敗には5タイプが認められたが、病名はいずれも軸腐病 (stem-end rot) と呼称することを提案し、病原菌として *Botryodiplodia theobromae*, *Phomopsis* sp., *Colletotrichum gloeosporioides*, *Fusarium solani*, *Ascochyta caricae* の5種を列記する。

摘 要

輸入パパイアの腐敗を1986年から1987年に調査し

た結果、わが国では未報告の軸部の腐敗が認められた。その病徴は5タイプに類別され、病原菌の形態的特徴および接種試験の結果、パパイアの軸部の腐敗に関与する病原菌として *Botryodiplodia theobromae*, *Phomopsis* sp., *Colletotrichum gloeosporioides*, *Fusarium solani*, *Ascochyta caricae* を同定した。この病名をパパイア軸腐病 (stem-end rot) と呼称することを提案した。

引用文献

1. Aa, H.A. Van der, Noordeloos, M.E. and Gruyter, J. de (1990). Species concepts in some larger genera of the Coelomycetes. *Studies in Mycology* (Bearn) 32 : 3-19.
2. Alvarez, A.M. and Nishijima, W.T. (1987). Postharvest diseases of papaya. *Plant Dis.* 71 : 681-686.
3. Booth, C. (1971). The Genus *Fusarium*. Commonwealth Mycological Institute. pp. 237.
4. Chowdhury, S. (1950). A fruit rot of papaya (*Carica papaya* L.) caused by *Ascochyta caricae* Pat. *Trans. Br. Mycol. Soc.* 33 : 317-322.
5. DA Costa, E.W.B. (1944). Disease of the papaya. *Queensland Agricultural J.* 58 : 282-293.
6. Hine, R.B. (1965). Disease of papaya (*Carica papaya* L.) in Hawaii. *Hawaii Agric. Exp. Stn. Univ. Hawaii* 136 : 5-26.
7. 平井篤造 (1938). 台湾産甘蕉の輸送中における病害. *日植病報* 8 : 145-166.
8. Hunter, J.E. (1972). Incidence, epidemiology and control of fruit diseases of papaya in Hawaii. *Trop. Agric. (Trinidad)* 49 : 61-71.
9. 中村重正・小野里敏美・木村 智 (1979). 熱帯果樹の炭疽病に関する研究 第1報 各種果実に対する分離系の病原性について. *日植病報* 45 : 545 (講要).
10. Patouillard, N. and Lagerheim, G. (1971). Champignons de lequateur. *Bull. de la Soc. Mycol. de France* 8 : 136.
11. 酒井 宏・長尾英幸・平野和弥・雨宮良幹 (1990). ヒメツルニチニチソウの茎枯病の病原菌について. *日植病報* 56 : 149 (講要).
12. 佐藤豊三 (1990). *Lasiodiplodia theobromae* による小笠原産熱帯作物の病害. *日植病報* 56 : 388 (講要).
13. Srivastava, M.P. and Tandon, R.N. (1971). Post-harvest diseases of papaya. *PANS.* 17 : 51-54.
14. Sutton, B.C. (1980). The Coelomycetes. Commonwealth Mycological Institute. pp. 530.
15. Toussoun, T.A. and Nelson, P.E. (1976). A pictorial guide to the identification of *Fusarium* species, 2nd. Ed., Penn. State Univ. Press. pp. 10.
16. 大和浩国 (1983). ナシのボトリオディプロディア枝枯病について. *日植病報* 49 : 401 (講要).
17. 矢口行雄・中村重正 (1987). パパイア軸腐病 (新称) について. *日植病報* 53 : 378 (講要).
18. 矢口行雄・中村重正 (1987). パパイア軸腐病(2). *日植病報* 54 : 126 (講要).
19. 矢口行雄・西原泰次・大和浩国・中村重正 (1990). パパイア軸腐病(4) 各種植物より分離した *Botryodiplodia theobromae* の果実に対する病原性の比較. *日植病報* 56 : 374 (講要).

Explanation of plates

Plate I

Symptoms of stem-end rots of papaya caused by : 1, *B. theobromae* ; 2, *Phomopsis* sp. ; 3, *C. gloeosporioides* ; 4, *F. solani* ; 5, *A. caricae*.

Plate II

Morphology of *B. theobromae*, *Phomopsis* sp., *C. gloeosporioides*, *F. solani*, and *A. caricae*.

1. Pycnidium of *B. theobromae*.
2. Aseptate and septate conidia of *B. theobromae*.
3. Pycnidium of *Phomopsis* sp.
4. A- and B-conidia of *Phomopsis* sp.
5. Acervulus of *C. gloeosporioides*.
6. Conidia of *C. gloeosporioides*.
7. Microconidia and conidiophore of *F. solani*.
8. Macroconidia of *F. solani*.
9. Pycnidium of *A. caricae*.
10. Conidia of *A. caricae*.

Plate I

Plate II