

パッションフルーツの疫病及び本病菌による流通中の果実腐敗

堀 江 博 道*・飯 嶋 勉

緒 言

パッションフルーツ (*passiflora edulis* Sims) は南ブラジル原産のトケイソウ科に所属するつる性果樹で、熱帯及び亜熱帶各地に広く植栽されている。わが国での栽培は棚仕立てで行われることが多く、果実は7～10月に収穫され、主に生食用またはジュースなど加工用に供給される。

東京都伊豆諸島の八丈島では温暖多雨など好適な気候を利用して、古くからパッションフルーツが民家の庭先などに植栽されてきたが、本種の本格的な栽培は事業により産地形成が行われた1970年代後半以降である。小笠原諸島の父島及び母島では1985年頃に八丈島から優良品種が導入され、現在ではみやげ用や内地出荷用の貴重な生食果実として栽培されている。また近年は伊豆諸島の青ヶ島に産地形成が進められている。

しかし、八丈島に産地が形成された当初は、栽培方法が十分に確立しておらず、急性立枯れなどの生育異常が多発し、圃場によっては壊滅状態となった。そこでこれらの原因について検討したところ、最も問題となる急性立枯れに疫病菌が関与していることが明らかとなり、また輸送流通中に生じる果実腐敗の中にも疫病菌による腐敗が確認された。

本報告は疫病菌によるパッションフルーツの急性立枯れと果実腐敗について、その被害症状及び病原菌に関する研究結果を取りまとめたものである。なお本報告の概要是すでに日本植物病理学会で講演発表した(堀江ら, 1988; 堀江・飯嶋, 1989; 堀江ら, 1990)。

本研究を進めるにあたり、種々の御援助、御

助言をいただいた農林水産省農業生物資源研究所鈴井孝仁博士、同農業環境技術研究所佐藤豊三博士、東京都農業試験場江戸川分場長菅田重雄氏、前江戸川分場長阿部善三郎氏、環境部平野寿一氏、金丸日支男氏、栄森弘己氏(現大島園芸技術センター)、石塚まや氏(現病害虫防除所)、園芸部佐藤洋二氏、八丈島園芸技術センター、中央農業改良普及所八丈支所並びに小笠原亜熱帯農業センター職員各位に厚く御礼申し上げる。

I 被害症状

パッションフルーツの被害症状は5～11月に地上各部位に発生するが、最も普通に観察される症状は7月下旬～9月に起こる株全体の急性立枯れである。急性立枯れ以外の症状は主に1987年11月及び1988年7月の八丈島激発圃場における調査時に観察された。各症状、標徴及び棚下植物の被害状況は以下のとおりである。

1. 症 状

急性立枯れ：7月下旬～9月の果実着色期～収穫期に、主に定植後3年以上を経た株の茎葉や果実が突然萎れ、株全体が黄色～茶褐色に変色し、短期間のうちに立枯れとなる(図版I-1, 2)。発病株の地際部の茎に異常が認められ、灰褐色、水浸状の病斑が10～20cm進展する(図版I-3)。罹病部の表皮と皮層など内部組織の一部あるいは全体が灰褐色に腐敗、崩壊し、縦長の大きな亀裂が無数に生じ、纖維化した木部が露出する(図版I-4)。組織崩壊部直上の緑色茎は、健全部との境が紫褐色の病斑により全周が取巻かれ、内部組織は表皮病斑よりやや上部まで茶褐色に変色する。なお、急性

* 現農林水産部

立枯れでは、地際以外の茎葉には病斑が観察されないことが多い。

茎、枝の症状：茎の中間部の発病は、1988年7月の八丈島での調査時に観察され、高さ20～180cmの範囲の茎に1～9個の病斑が認められた(図版I-1)。病斑は枝剪定痕から生じることが多く、灰褐色～暗褐色、水浸状の病斑が茎の全周及び上下に拡大し、長さ10～20cm、時には30cmに及び、病斑より上部の茎葉は萎れ、のち枯死する。棚上の枝の発病は分枝部及び落下した病葉の付着部から始まり、灰褐色～褐色、水浸状の病斑が上下に拡大する。

葉の症状：葉先や葉縁からオリーブ色～灰褐色、水浸状の大形不正斑を生じる(図版I-5)。健全部との境は暗褐色である。病勢の進展は早く、葉身各所の葉脈が黄褐色に変色し、激しい葉腐れと落葉を起こす。八丈島では5月、7月、9月及び11月の降雨が連続した時期に葉の発病を確認している。

果実の症状：果色が赤紫色を呈するF₁系が主に栽培されているが、果実に発病すると、果梗近辺及び側面などの果皮に淡褐色、褐色あるいは黄色、水浸状の不正円斑を生じる(図版I-6)。病斑は徐々に拡大し、果実の半分以上を覆い、果梗が罹病すると、早期落下する。果皮が堅いために内部の腐敗が分かりにくいか、果皮の内側のスポンジ状組織(中果皮)は病斑部から腐敗が進行して、淡褐色～褐色となり、さらに症状が進むと組織は軟腐する。

2. 標 徵

茎、枝、葉では新鮮な水浸状病斑部に、また果実では病斑の比較的周辺部に、多湿条件下で、無色の薄い菌叢を生じる。これは疫病菌の菌糸

体及び遊走子嚢である。なお茎及び枝の拡大病斑や果実の腐敗部には、しばしば二次的に寄生した白色～淡桃色の明瞭な菌叢が観察される。これは *Fusarium* 属菌であることが多い。

3. 棚下植物の被害状況

パッションフルーツの棚下には園芸植物が栽培されたり、野生化していることがあり、また各種の雑草も生育している。その中でアシタバ、コルジリーネ及びツユクサに疫病菌による葉枯れ症状が確認された。

アシタバでは葉縁から暗褐色の病斑が進展し、葉枯れを起こす(図版II-1)。コルジリーネでは地際や葉縁から褐色の病斑が進展し、葉枯れや株腐れとなる。ツユクサでは葉縁または昆虫の食害痕から褐色の病斑が拡大する(図版II-2)。

4. 発生分布

東京都では八丈島、小笠原諸島の父島及び母島で本病の発生が確認されている。また鹿児島県奄美大島では1985年6月以降、葉、果実、地際部の茎に疫病(*Phytophthora nicotianae* var. *parasitica*)が発生し、立枯れ症の一因となっている(牟田・野島、1992)。

外国では数種病原菌による立枯れ性の病害が報告されているが、この中で疫病菌による病害としては、*Phytophthora nicotianae* var. *parasitica*によるwilt and crown rot 及び collar rotがサラワク(マレーシアサラワク州)とフィジーで、また *P. cinnamomi*によるroot rot and wiltがニュージーランドで記録されている(表1; Emechebe and Mukkibi, 1976; Firman, 1972; Turner, 1971, 1974)。

表1 パッショントフルーツ立枯れ性病害の記録

病名または症状	病原菌または分離菌	発生地	研究者名
crown rot,	<i>Fusarium</i> sp.	オーストラリア	Simmonds (1930) ^a
brown spot of vine			
vascular wilt	<i>Fusarium oxysporum</i> f. sp. <i>passiflorae</i>	オーストラリア	Veitch (1943) ^a McKnight (1951) ^a Purss (1954) ^a
root rot	<i>Fusarium oxysporum</i>	ニアサランド	Corbett (1964)
canker	<i>Hypomyces</i> sp.	?	Brun (1954) ^a
collar and root rot	<i>Nectria haematococca</i>	ウガンダ	Emechebe and Mukkibi (1976)
root rot and wilt	<i>Phytophthora cinnamomi</i> , <i>Fusarium sambucinum</i> = <i>Gibberella pulicaris</i>	ニュージーランド	Young (1970)
collar rot	<i>Phytophthora cinnamomi</i>	フィジー	Firman (1972)
wilt and crown rot,	<i>Phytophthora nicotianae</i>	マレーシア(サラワク),	Turner (1971, 1974),
collar rot	var. <i>parasitica</i>	フィジー	Firman (1972)
疫 病	<i>Phytophthora nicotianae</i> var. <i>parasitica</i>	東京都八丈島 東京都小笠原諸島 鹿児島奄美大島	堀江ら (1988), 堀江・飯嶋 (1989) 堀江ら (1990) 牟田・野島 (1992)

注) a : Emechebe and Mukkibi (1976) 他から作成

II 病 原 菌

パッショントフルーツの急性立枯れを起こす病原菌の形態的特徴などを調査して、種を同定し、病名を提案した。

1. 病原菌分離及びその病原性

(1) 分 離 方 法

八丈島でパッショントフルーツの茎及び葉の罹病試料を採取し、これを農業試験場本場に持ち帰り、病原菌の分離を試みた。すなわち、できるだけ新鮮な病斑について罹病部と健全部の境を切り取り、この切片を10%次亜塩素酸ナトリウム40倍液で表面殺菌したのち、素寒天平板培地に静置して、発生した糸状菌を分離培養した。またパッショントフルーツの罹病株の棚下などの植物についても、葉枯れが認められた植物についても、同様に糸状菌を分離した。

結 果

供試材料を遠隔地から移送したため、試料の状態が異なり、分離を行うごとに疫病菌の分離

率に差異があったが、葉の病斑部からは疫病菌が67~100%と高率に分離された。茎の病斑部には二次寄生菌が優先することが多いために、茎からの分離率は25%程度とやや低かった。またパッショントフルーツ罹病株の棚下植物及び周辺植物の中では、アシタバ、コルジリーネ及びソユクサから33~67%の割合で疫病菌が分離された。

(2) 病原性

方 法

パッショントフルーツから分離した疫病菌PhP-1及びPhPo-1の2菌株を供試し(表2)，その培養菌叢の寒天切片を、鉢植えのパッショントフルーツ2年生挿木苗の茎と葉、及び収穫した成熟果実に無傷または焼傷を付して接種した。接種切片上に含水脱脂綿をのせ、温室に1~2日間保持したのち、切片と脱脂綿を除去し、ガラス室で発病の有無を観察した。また鉢植えのアシタバ、コルジリーネ、オクラ及びソユクサの葉に対しても、両菌株を同様に接種して、病原性を調査した。

表2 供試菌株の種類とその来歴

菌 株	分 離 源	分離部位	採 集 地	分離年月日
PhP-1	パッショントフルーツ	地際部の茎病斑	八丈島三根	1983年9月8日
PhP-3	パッショントフルーツ	地際部の茎病斑	八丈島三根	1983年9月8日
PhP-5-2	パッショントフルーツ	葉の病斑	八丈島大賀郷	1987年11月25日
PhPo-1	パッショントフルーツ	葉の病斑	八丈島大賀郷	1988年7月14日
PhPo-2	パッショントフルーツ	葉の病斑	八丈島大賀郷	1988年7月14日
PhP-89-11	パッショントフルーツ	腐敗果実の病斑	小笠原父島	1989年11月4日
PhP-89-31	パッショントフルーツ	腐敗果実の病斑	小笠原父島	1989年11月4日
PhP-89-52	パッショントフルーツ	腐敗果実の病斑	小笠原父島	1989年11月4日
PhP-89-62	パッショントフルーツ	腐敗果実の病斑	小笠原父島	1989年11月4日
PhP-89-91	パッショントフルーツ	腐敗果実の病斑	小笠原父島	1989年11月4日
PhP-89-101	パッショントフルーツ	腐敗果実の病斑	小笠原父島	1989年11月4日
PhP-89-141	パッショントフルーツ	腐敗果実の病斑	小笠原父島	1989年11月4日
PhP-89-151	パッショントフルーツ	腐敗果実の病斑	小笠原父島	1989年11月4日
PhP-89-171	パッショントフルーツ	腐敗果実の病斑	小笠原父島	1989年11月4日
PhP-89-181	パッショントフルーツ	腐敗果実の病斑	小笠原父島	1989年11月4日
PhAn-88-1	アシタバ	葉の病斑	八丈島大賀郷	1988年7月14日
PhC-3	コルジリーネ	葉の病斑	八丈島大賀郷	1983年9月8日
PhCo-2	ツユクサ	葉の病斑	八丈島大賀郷	1988年7月14日

なおアシタバ、コルジリーネ及びツユクサから分離した疫病菌(それぞれPhAn-88-1, PhC-3, PhCo-2; 表2)についても、同様に鉢植えのパッショントフルーツ及び分離源植物などの茎または葉に接種し、病原性の有無を確認した。

結果

供試したパッショントフルーツ分離2菌株とも

パッショントフルーツに対し焼傷接種で病原性が認められた(表3)。葉では接種部位からオリーブ色~灰褐色、水浸状の病斑が拡大し(図版II-3), さらに葉柄から茎へと病斑が進展し、接種5~7日後に接種葉は落葉した。茎では接種部位に褐色、水浸状の病斑を生じ、ただちにつるや葉に進展し、黄化や落葉をもたらし、のち病斑部から上方は枯死した(図版II-4)。

表3 パッショントフルーツなどから分離した疫病菌の病原性^a

接種植物	接種部位	接種方法	PhP-1 (パッショントフルーツ分離菌株)	PhPo-1 (パッショントフルーツ分離菌株)	PhP-89-11 (パッショントフルーツ分離菌株)	PhP-89-31 (アシタバ)	PhAn-88-1 (アシタバ)	PhC-1 (コルジリーネ)	PhCo-2 (ツユクサ)
パッショントフルーツ	茎	焼傷	+	+	+	+	+	+	+
		無傷	-	-	-	-	-	-	-
	葉	焼傷	+	+	+	+	+	+	+
		無傷	-	-	--	--	--	-	-
	果実	焼傷	+	+	+	+	+	+	+
		無傷	-	-	-	-	-	-	-
アシタバ	葉	焼傷	+				+		
		無傷	-				-		
コルジリーネ	葉	焼傷	+					+	
オクラ	葉	焼傷	+				+	+	+
ツユクサ	葉	焼傷	+				+	+	+
		無傷	-				--	-	-

注) a: +は病原性を示す; -は病原性なし; 空欄は試験をしていない。

果実では接種部位から褐色～暗褐色、水浸状の病斑が進展した。アシタバ、コルジリーネ、オクラ及びツユクサの葉にもオリーブ色、灰褐色または褐色、水浸状の病斑が拡大した。しかし無傷接種では各植物とも発病は確認できなかつた。なおアシタバ、コルジリーネ、ツユクサからの分離菌株も、焼傷接種によりパッショントフルーツ及びその他の供試植物に病原性を示した。

2. 形 態

方 法

パッショントフルーツから分離した PhP-1, PhP-3, PhP-5-2, PhPo-1 及び PhPo-2 の 5 菌株を供試した(表 2)。菌糸体と遊走子嚢の形態的特徴については、コーンミール寒天培地(CMA), V8 ジュース(10%)寒天培地または素寒天培地(WA)に 20°C, 暗黒下で 10~15 日間培養後、各器官の形態を観察及び測定した。また PhP-1 菌株の接種によりコルジリーネの葉上に形成された遊走子嚢についても形態を測定した。完全世代については 15°C, 暗黒下, V8 ジュース寒天培地上で *Phytophthora nicotianae* var. *parasitica* の交配型 A¹ または A² と交雑させ、卵胞子などの形成の有無と藏卵器に対する藏精器の着生様式を記録し、藏卵器、卵胞子及び藏精器の形態を観察測定した。またアシタバ分離菌株 PhAn-88-1, コルジリーネ分離菌株 PhC-3 及びツユクサ分離菌株 PhCo-2

についても同様に培養し、各器官の形態を観察した。

結 果

供試したパッショントフルーツ分離 5 菌株はいずれも形態的にはほぼ一致した。概括すると遊走子嚢は無色、卵形～長円形、大きさ 18~56.5 × 12.5~50.5 μm, 長径/短径 = 1.25~1.56, 乳頭突起は顕著で、高さ 2~8 μm であった(表 4; 図版 II-5)。厚膜胞子は、淡黄色、球形で、大きさ 12.5~35.5 × 12.5~33 μm であった。なお水中での頸部伸長、遊走子嚢柄の中間部の膨大、水中での菌糸膨大などは認められなかつた。供試菌株はいずれも *P. nicotianae* var. *parasitica* の交配型 A¹ との交雫で完全世代を容易に形成し、A² との交雫はできなかつた。この結果、供試菌株は交配型 A² と認めた。交雫により形成された藏卵器は球形、大きさ 18.5~34.5 × 20.5~34.5 μm, 卵胞子は藏卵器の内部に充満し、淡橙色、球形、大きさ 16.5~30.5 × 16.5~30.5 μm, 藏精器は無色、長円形～不正形、底着性で、大きさ 6.5~28 × 9~27 μm であった(表 5; 図版 II-6)。なお供試したアシタバ、コルジリーネ及びツユクサ分離株も遊走子嚢の形態及び *P. nicotianae* var. *parasitica* の交配型 A¹ との交雫により形成された完全世代の形態はパッショントフルーツ分離菌株とよく一致した。

表 4 パッショントフルーツなどから分離された疫病菌遊走子嚢の大きさ

菌 株	分 離 源	遊 走 子 嚢		乳 頭 突 起		測 定 数	培 地 な ど
		長さ × 幅 μm (平均)	長さ / 幅	高さ μm (平均)	幅 μm (平均)		
PhP-1	パッショントフルーツ	19~42 × 14~26 (30.0 × 20.9)	1.44	2~8 (3.6)	(測定せず)	13	CMA
PhP-1	パッショントフルーツ	18~52 × 12.5~29 (31.6 × 20.3)	1.56	2~7.5 (3.5)	(測定せず)	20	コルジリーネ葉
PhPo-1	パッショントフルーツ	31~56.5 × 23.5~50.5 (44.4 × 35.6)	1.25	2.5~7.5 (5.0)	4.5~11 (7.9)	30	WA
PhP-89-11	パッショントフルーツ	25~48 × 20~40.5 (33.4 × 22.5)	1.48	3~8 (4.1)	4~10 (7.2)	30	CMA
PhAn-88-1	アシタバ	20.5~63.5 × 16.5~51 (41.9 × 31.8)	1.32	1.5~10 (5.3)	4~10 (7.0)	40	V8
PhC-3	コルジリーネ	29~58 × 21~39 (41.1 × 28.8)	1.43	5~10 (6.2)	(測定せず)	20	V8
PhCo-2	ツユクサ	33~46.5 × 26~37 (41.5 × 31.4)	1.32	2.5~5 (3.9)	5~8.5 (7.1)	20	WA

表5 パッショングルーツなどから分離された疫病菌有性器官^aの大きさ、
藏精器の着生様式及び交配型

菌株	分離源	藏卵器 高さ×幅 μm (平均)	卵胞子 高さ×幅 μm (平均)	藏精器 高さ×幅 μm (平均)	着生 様式	交配 型	測定数
PhP-1	パッショングルーツ	22~34.5×23.5~34.5 (26.1×27.5)	19~29.5×20.5~30.5 (22.9×23.8)	6.5~28×9~27 (15.1×14.1)	底着	A ²	100
PhP-3	パッショングルーツ	23~29.5×23~29.5 (25.9×26)	19~25.5×16.5~25.5 (22.5×22.2)	14~23×11.5~16.5 (17.2×14.3)	底着	A ²	20
PhP-5-2	パッショングルーツ	19~33.5×20.5~34.5 (25.3×26.3)	16.5~30.5×16.5~30.5 (23.0×23.0)	7.5~16.5×11.5~18 (13.0×14.3)	底着	A ²	20
PhPo-1	パッショングルーツ	18.5~28.5×22~28.5 (23.9×25.9)	17~26×18.5~24.5 (21.7×23.3)	7.5~12.5×10~15 (10.1×12.3)	底着	A ²	25
PhPo-2	パッショングルーツ	19.5~28.5×21~30 (24.4×26.1)	18.5~26×18.5~27 (21.6×22.2)	7.5~12.5×10~15 (10.3×12.0)	底着	A ²	25
PhP-89-11	パッショングルーツ	22~32.5×23~33 (25.8×26.5)	19~29×20~29.5 (22.5×22.4)	7~23×10~19.5 (14.8×13.2)	底着	A ²	25
PhAn-88-1	アシタバ	19~25.5×19~28 (23.8×24.6)	18~24×18~25.5 (21.8×22.5)	9~15×10~15 (12.0×12.5)	底着	A ²	40
PhC-3	コルジリーネ	23~33.5×24.5~32 (26.5×27.6)	19~28×20.5~28 (22.8×23.4)	7.5~19×9~16.5 (11.9×12.9)	底着	A ²	100
PhCo-2	ツユクサ	21.5~26.5×23~29 (24.8×26.1)	18~25.5×19~26.5 (21.5×22.5)	9~12.5×11.5~14 (12.1×13.5)	底着	A ²	20

注) a : *Phytophthora nicotianae* var. *parasitica* の交配型 A¹ との交雑により V 8 培地上に形成された有性器官。

3. 生育温度

方法

パッショングルーツ分離菌株 PhP-1 及び PhPo-1, アシタバ分離菌株 PhAn-88-1, コルジリーネ分離菌株 PhC-3 及びツユクサ分離菌株 PhCo-2 を供試し(表2), 5, 10, 15, 20, 25, 30, 35, 40°C の 8 温度区で菌叢の生育を調査した。コーンミール寒天培地に前培養し

た径 5 mm の菌叢寒天切片を同培地に接種し, 暗黒下, 各温度区で, 5 ~ 6 日間培養し, 菌叢直径を測定した。

結果

各菌株とも菌叢は 10 ~ 35°C で生育し, 適温は 30°C であった(表6)。なお 5°C 及び 40°C では菌叢生育は認められなかった。

表6 菌叢生育と温度(菌叢直径mm)

菌株	分離源	培養日数	5	10	15	20	25	30	35	40°C
PhP-1	パッショングルーツ	6日	0	8	45	45	50	57 ^a	22	- ^b
PhPo-1	パッショングルーツ	5日	0	8	35	48	63	73 ^a	31	0
PhP-89-11	パッショングルーツ	5日	0	8	28	44	55	70 ^a	25	0
PhAn-88-1	アシタバ	5日	0	7	29	41	57	63 ^a	40	0
PhC-3	コルジリーネ	5日	0	12	34	54	63	77 ^a	60	0
PhCo-2	ツユクサ	5日	0	7	30	42	59	62 ^a	28	0

注) a : 生育最高値; b : 試験していない。

4. 種の同定及び病名

パッショングルーツ分離菌株は、上述した遊走子囊及び完全世代の形態、藏精器が底着すること、菌糸が膨大しないことなどの特徴及び菌叢生育の温度特性が、Waterhouse (1956, 1963) による *Phytophthora nicotianae* van Breda de Haan var. *parasitica* (Dastur) Waterhouse の記載とほぼ一致することから同種と同定された。またアシタバ、コルギリーネ及びツユクサ分離菌株も各器官の形態的特徴、菌叢生育温度及び病原性がパッショングルーツ分離菌株とほぼ一致することから同種と判断された。

病名については *Phytophthora* 属菌による病気は一般に疫病と命名されることが多いので、本病も「パッショングルーツ疫病」とすることを提案した(堀江・飯嶋, 1989)。

III 流通中の果実腐敗

島しょからパッショングルーツ果実を生食用

表 7 果実収穫及び調査日

試験	果実収穫	父島出荷	東京着	調査日(出航後の日数)
1	1989年10月10～12日	13日	14日	10月16, 21, 24日(3, 8, 11日)
2	10月16～18日	19日	20日	10月26日(7日)
3	10月22～24日	25日	26日	11月4日(10日)

表 8 果実輸送管理条件

管理区分	輸送管理条件 ^a
A. 保冷→室温	船中(約30時間)保冷、その後調査時まで室温で管理
B. 保冷→保冷	船中及び調査時ともに保冷
C. 室温→室温	船中及び調査時ともに室温
D. 室温→室温	船中及び調査時ともに室温

注) a: A～C区は防曇ラップ使用、D区は使用せず; 保冷は5℃、室温は17～21℃。

に出荷すると、流通の過程で腐敗することがある。この果実腐敗に疫病菌が関与する可能性について検討した。

1. 腐敗果実の発生率

方 法

輸送と管理条件: 1990年10～11月、3回にわたりて収穫適期のパッショングルーツ果実を小笠原諸島父島から立川市にある東京都農業試験場に輸送した。試験ごとの収穫日、出荷日(父島出航日)、調査日などを表7に示した。収穫初めから出荷日までは数日間を要しているが、この期間、収穫果実は5℃に保冷した。また船中約30時間は保冷または室温、その後調査時まで保冷または室温とし、一部の区を除いて品質保持のために防曇ラップを用いた。

腐敗果実発生率: 輸送された全果実を調査し、外観的に果皮の一部が水浸状に変色した果実及び果皮を押して軟腐と認めた果実の割合を求めた。

結 果

試験ごと及び輸送管理条件の違いにより腐敗果実の発生率が異なった。試験1の出荷8日後の調査では輸送から調査時まで保冷しなかったC区で腐敗発生率が33%と最も高く、船中保冷・調査時まで室温保存のA区では26%，収穫から調査時まで保冷したB区では11%であった(表9)。試験2では全般に腐敗果実の発生率が低く、出荷7日後でA区、B区、C区はそれぞれ2%，0%，11%であった。試験3では出荷10日後でA区、B区、C区はそれぞれ21%，5%，7%であり、前2回に比してC区での発生が相

表9 輸送条件別の腐敗果実発生率

輸送条件 区 別 ^a	試 験 1			試 験 2			試 験 3		
	調査 果実数	腐敗果実数 (発生率%)		調査 果実数	腐敗果実数 (発生率%)		調査 果実数	腐敗果実数 (発生率%)	
		出荷3日後	出荷8日後		出荷7日後	出荷10日後			
A. 保冷→室温	84	11 (13%)	22 (26%)	56	1 (2%)	84	18 (21%)		
B. 保冷→保冷	84	9 (11)	11 (13)	56	0 (0)	84	4 (5)		
C. 室温→室温	84	17 (20)	28 (33)	56	6 (11)	84	6 (7)		
D. 室温→室温						28	9 (32)		
合 計	252	37 (15)	61 (24)	168	7 (4)	280	37 (13)		

注) a:表8参照; b:腐敗果実発生率=腐敗果実数×100/調査果実数;
空欄は試験していない。

対的に少なかった。しかし試験3で実施した室温で防曇ラップを使用しなかったD区では32%の高い発生率であった。3回の試験結果を概括すると、温度を制御しない室温での輸送・保管は腐敗果実の発生率が高く、保冷した場合は低い傾向であった。

2. 腐敗果実の果皮上から検出された糸状菌方法

前項の腐敗果実について、試験1は出荷10日後、試験2は7日後、試験3は11日後、それぞれ変色など異常が認められる部分の表面を果皮組織ごと薄く剥ぎとり、これを顕微鏡観察し、発生している糸状菌の種類を調査した。

結果

検出できた糸状菌の種類は疫病菌を含む鞭毛菌類、炭そ病菌(*Colletotrichum gloeosporioides*)、*Fusarium*属菌及び所属不明菌であった。これらは同一斑から重複して確認されることが多かった。疫病菌は無色の薄い菌叢を生じ、無隔膜菌糸及び顕著な乳頭突起を有する遊走子囊が確認された。接合菌類の子実体は確認できなかつたので、無隔膜菌糸のみが認められた種類

は、疫病菌とともに鞭毛菌類に含めた。炭そ病菌は果皮表面に黒点状の子実層を形成するため、肉眼でも容易に確認できた。*Fusarium*属菌は腐敗が進んだ病斑部に多く認められ、豊富な白色～淡桃色の菌叢中に長円形の小形分生子と新月形の大形分生子を形成した。試験ごとの検出結果は以下のとおりであった。試験1では調査腐敗果実40個のうち、炭そ病菌は63%，*Fusarium*属菌は25%，鞭毛菌類は18%の果実から、それぞれ検出され、疫病菌の遊走子囊は5%の果実に認められた(表10)。試験2では調査腐敗果実数が7個と少なかったが、*Fusarium*属菌が最も多く71%の果実から検出され、次いで炭そ病菌57%，鞭毛菌類29%であった。試験3ではA～D区合計で37個の腐敗果実を調査し、炭そ病菌54%，鞭毛菌類54%，*Fusarium*属菌38%であった。3回の試験を概括すると、腐敗果実の果皮上から検出された主要な糸状菌は炭そ病菌、鞭毛菌類及び*Fusarium*属菌であり、それぞれ腐敗果実合計の58%，35%，35%から検出された。また疫病菌の遊走子囊は11%の果実で確認された。

表10 腐敗果実病斑表面の糸状菌

試験	輸送条件 区 別 ^a	調査腐敗 果 実 数	鞭毛 菌類 ^b	疫病菌	<i>Fusarium</i> 属菌	炭そ 病菌	その他	認めず
試験 1	A～C合計	40	7 (18%)	2 (5%)	10 (25%)	25 (63%)	1 (3%)	5 (13%)
試験 2	A～C合計	7	2 (29)	0 (0)	5 (71)	4 (57)	0 (0)	0 (0)
試験 3	A. 保冷→室温	18	14 (78)	6 (33)	10 (56)	7 (39)	0 (0)	2 (11)
	B. 保冷→保冷	4	0 (0)	0 (0)	0 (0)	1 (25)	0 (0)	3 (75)
	C. 室温→室温	6	3 (50)	0 (0)	2 (33)	4 (66)	1 (17)	2 (33)
	D. 室温→室温	9	3 (33)	1 (11)	2 (22)	8 (89)	1 (11)	1 (11)
	A～D合計	37	20 (54)	7 (19)	14 (38)	20 (54)	2 (5)	8 (22)
試験 1～3 合計		84	29 (35)	9 (11)	29 (35)	49 (58)	3 (4)	13 (15)

注) a : 表 8 参照; b : 疫病菌を含む; c : 該当糸状菌の発生した果実数 × 100 / 調査腐敗果実数。

3. 中果皮から検出された糸状菌

方 法

前項の試験 3 について、腐敗果実の異常斑と健全部の境の果皮を切り取り、上果皮をカミソリで削除し、中果皮のみを次亜塩素酸ナトリウム水溶液で表面殺菌した。これを素寒天培地に置床して、中果皮内部に寄生する糸状菌を検出した。

結 果

供試した腐敗果実37個のうち60%から疫病菌が検出された(表11)。疫病菌が認められた腐敗果実は前項において果皮表面に鞭毛菌類が検出された果実とよく一致した。*Fusarium* 属菌は腐敗果実の78%で認められたが、同属菌は疫病菌と重複して検出されることが多かった。また炭そ病菌は1果実のみから分離された。

表11 腐敗果実の中果皮から分離された糸状菌

輸送条件 区 別 ^a	調査腐敗 果 実 数	疫病菌	<i>Fusarium</i> 属菌	炭そ病菌	その他
A. 保冷→室温	18	16 (89% ^b)	15 (83%)	0 (0%)	3 (17%)
B. 保冷→保冷	4	0 (0)	3 (75)	1 (25)	0 (0)
C. 室温→室温	6	4 (66)	5 (83)	0 (0)	1 (17)
D. 室温→室温	9	2 (22)	6 (67)	0 (0)	3 (33)
A～D合計	37	22 (60)	29 (78)	1 (3)	7 (19)

注) a : 表 8 参照; b : 該当糸状菌の発生した果実数 × 100 / 調査腐敗果実数。

4. 腐敗果実から分離された疫病菌の病原性と種の同定

方 法

腐敗果実の中果皮から分離培養した疫病菌PhP-89-11及びPhP-89-31を、上述の方法に準じ、鉢植えのパッショングルーツの茎と葉、及び成熟した果実に焼傷または無傷接種した。またPhP-89-11菌株の遊走子嚢、完全世代の形態及び菌叢の生育温度特性、並びに両菌株を含む腐敗果実分離10菌株(表2)について交配型を調査した。

結 果

病原性:供試した2菌株はいずれもパッショングルーツに対して病原性があり、焼傷接種により、葉の腐敗、立枯れ、果実腐敗を起こした(表3)。

形態的特徴:遊走子嚢は無色、卵形～長円形で、大きさは $25\sim48\times20\sim40.5\mu\text{m}$ であり、乳頭突起は顕著であった(表4)。また*Phytophthora nicotianae* var. *parasitica*の交配型A¹との交雑により、完全世代を形成し、藏精器は底着性であった。藏卵器は球形、大きさ $22\sim32.5\times23\sim33\mu\text{m}$ 、卵胞子は藏卵器内に充満し、淡橙色、大きさ $19\sim29\times20\sim29.5\mu\text{m}$ であった(表5)。

菌叢の生育温度:10℃～35℃で生育し、適温は30℃であった(表6)。

以上の結果から、腐敗果実から分離された疫病菌の各器官の形態的特徴、病原性及び菌叢生育温度は、上述のパッショングルーツの茎や葉の病斑部から分離された菌株の特徴とよく一致した。従って流通中に果実腐敗を起こす疫病菌は、圃場で生育中に急性立枯れや葉枯れを起こす疫病菌と同一種の*Phytophthora nicotianae* var. *parasitica*の交配型A²と同定された。

IV 考 察

パッショングルーツの急性立枯れは八丈島では古くから知られていた。園伊玖磨(1979)の随筆『八丈多与里』には‘パッショングルーツの自殺’として記述されている。しかし当時は

パッショングルーツは農産物として注目されておらず、農家や民家の庭先に自家消費用として栽培されていた程度で、急性立枯れは農業上大きな問題とはなっていなかった。ところが1970年代後半、大規模なパッショングルーツの栽培圃場が造成されると、数年を経ずして、急性立枯れが発生し、その原因究明と対策の確立が生産者から求められた。当初は強風などの気象、ダンゴムシ、害虫、病害、栽培の不適など各方面から検討されたが、一定の結論に至らなかった。これは遠隔地であるために、各分野の専門家が継続的に調査研究することが不可能であったことによると思われる。その後、栽培面で、防風対策や高うねアーチ栽培が試みられ、以前のように壊滅的な被害を受けることは少なくなった。1983～86年に、著者の一人、飯嶋が八丈島に赴任し、パッショングルーツの急性立枯れを継続的に観察する機会を得、地際部の茎に水浸状の病斑が発生すること、その病斑は急速に拡大し、茎を取巻くと地上部は萎ちよう枯死することを確認すると同時に、疫病菌の分離と病原性の確認に成功した。また疫病菌による地際部の病斑は*Fusarium*属菌など二次寄生菌の白色菌叢に覆われてしまうことが明らかとなった。初期の調査で、病斑部から*Fusarium*属菌が高率に分離されたのは、病勢が進んだ病斑からの分離であったためと考えられる。なおこれら*Fusarium*属菌はパッショングルーツ茎枝に対して病原性を示さなかった(菅田ら、1982)。

疫病による急性立枯れの発生は観察結果からパッショングルーツの生育ステージと関連があると思われる。すなわち定植直後の株よりも数年を経て収穫最盛期となった株が発病しやすい傾向にある。これには着果過多や過繁茂など各種のストレスが関与しているものと考えられるが、発病に至る機構については今後の検討が必要である。

パッショングルーツは亜熱帯及び熱帯地方で広く栽培されており、根腐れや萎ちようを伴う立枯れ性病害も各地から報告されている。すなわち、諸外国では、オーストラリア、ニュージ

ーランド, ウガンダ, サラワク(マレーシア), フィジーなどで立枯れ性病害が発生している(表1)。それらの病名または症状は collar and root rot, canker, brown spot of vine, wilt, crown rotなどであり, 病原菌または分離菌としては, *Fusarium oxysporum* f. sp. *passiflorae*, *F. sambucinum*=*Gibberella pulicaris*, *Fusarium* sp., *Hypomyces* sp., *Nectria haematococca*, *Phytophthora cinnamomi*, *P. nicotianae* var. *parasitica*などが記録された。このうちサラワク及びフィジーで発生した *P. nicotianae* var. *parasitica*による立枯れ性病害は, 茎の下部, 地際部及び根冠に腐敗を生じることから(Firman, 1972; Turner, 1971, 1974), 八丈島及び小笠原諸島で発生している疫病と病原菌及び症状が一致する。また鹿児島県奄美大島から報告された *P. nicotianae* var. *parasitica*による疫病も, 葉, 果実, 地際部の茎に発生し, 立枯れ症の一因となることから(牟田・野島, 1992), 同一病害と考えられる。

本病菌の生活環や第一次伝染源については十分に解明されていないが, 八丈島では5月, 7月, 9月及び11月の降雨が続く時期に茎葉に新鮮な病斑が観察されたことから, 本病菌は真夏の乾燥期や冬期を除けば, 春期から秋期まで長期間にわたって伝染できるものと思われる。病原菌 *P. nicotianae* var. *parasitica*は八丈島や小笠原諸島では広く分布しており, ドラセナ, オクラ, アシタバなど各種園芸植物に疫病を起こす(堀江・飯島, 1989)。また今回, ツユクサで明らかにされたように, 本病菌は各種雑草にも寄生している可能性が強い。従って, 伝染源については十分な注意が必要である。

パッショングルーツ果実の輸送流通中の腐敗については, 従来, 生理的劣化などと考えられていたが, 本研究により圃場で急性立枯れを起こす疫病菌が輸送流通中の果実腐敗にも関与していることが明らかとなった。疫病菌による果実腐敗は栽培地でも認められていることから, 病原菌の感染に気付かないで, 収穫, 出荷した場合に流通過程で病勢が進み, 果実腐敗が問題

となるものと思われる。

またパッショングルーツ果実の病害としては炭そ病, 灰色かび病及び菌核病が報告されている(鍵渡, 1986, 1990)。これらの病害はいずれも八丈島などの栽培地で認められているが, 灰色かび病及び菌核病による果実腐敗は今回の試験では確認できなかった。両病は5~6月に発生が多いことから, 今回実施した10~11月には時期的に発生が少なかったものと思われる。炭そ病菌は今回の試験でも果皮上に高率に認められたが, 果実腐敗を起こすことは明らかにできなかった。今回調査した炭そ病菌は病原性の弱い系統であった可能性もあり, さらに検討を要する。

本病の防除対策は現地の農業改良普及所など関係機関が連携をとり, 各栽培地の地形などを考慮して農家指導にあたっているが, 疫病菌の一般的な性質から, 排水対策, 高うね栽培, 防風対策, 棚下や周辺の雑草の除去などは耕種的対策として有効である。また本病は定植後3年以上を経た株で発生が多いことから, パッショングルーツを永年性果樹と見なさずに数年ごとに計画的に改植することも採算性を考慮した被害回避の方策と考えられる。

V 摘 要

伊豆諸島の八丈島及び小笠原諸島で発生しているパッショングルーツの急性立枯れ及び輸送流通中の果実腐敗の原因を調査し, 以下の結果を得た。

1. パッショングルーツの急性立枯れは八丈島では1970年代後半から, 小笠原諸島では導入直後の1980年代後半から顕著に認められている。7月下旬~9月の果実着色期~収穫期に定植後3年以上を経た株の茎葉や果実が突然萎れ, 株全体が短期間のうちに立枯れとなる。地際部の茎は表皮と皮層が灰褐色に腐敗, 崩壊する。中間部の茎や枝では灰褐色~褐色, 水浸状の病斑を生じ, 病斑より上部の茎葉は萎れ, のち枯死する。葉では葉先や葉縁からオリーブ色~灰褐

色、水浸状の不正斑を生じ、やがて葉腐れと落葉を起こす。果実では淡褐色～褐色、水浸状の病斑を生じ、早期落下する。

2. 茎、葉など被害部の新鮮な病斑上に疫病菌の無色の菌糸体と遊走子嚢を生じ、組織分離により疫病菌が分離された。分離菌は焼傷接種によりパッションフルーツの茎、葉に対して病原性を示し、早期落葉及び立枯れを起こした。この結果、パッションフルーツの急性立枯れは疫病菌によることが明らかとなった。

3. 本病菌の遊走子嚢は卵形～長円形、乳頭突起は顕著で、大きさ $18\sim56.5\times12.5\sim50.5\mu m$ 、長径／短径=1.25～1.56、厚膜胞子は球形で、 $12.5\sim35.5\times12.5\sim33\mu m$ であった。*Phytophthora nicotianae* var. *parasitica*の交配型A¹との交雑で容易に完全世代を形成した。藏卵器は球形、大きさ $18.5\sim34.5\times20.5\sim34.5\mu m$ 、卵胞子は淡橙色、球形、大きさ $16.5\sim30.5\times16.5\sim30.5\mu m$ 、藏精器は底着であった。また菌叢は $10\sim35^{\circ}C$ で生育し、適温は $30^{\circ}C$ であった。これらから本病菌は*Phytophthora nicotianae* var. *parasitica*の交配型A²と同定し、病名を「パッションフルーツ疫病」と命名することを提案した。

4. パッションフルーツの果実を小笠原諸島から内地に条件を替えて輸送したところ、温度を制御しない室温での輸送保管では腐敗果実の発生率が高く、保冷では低い傾向であった。腐敗果実の果皮上及び中果皮から疫病菌が高率に分離された。腐敗果実からの分離菌は各器官の形態的特徴、病原性及び菌叢生育温度が葉や茎からの分離菌とよく一致した。従って流通中に果実腐敗を起こす疫病菌は、圃場で生育中に急性立枯れや葉枯れを起こす疫病菌と同一種の*Phytophthora nicotianae* var. *parasitica*の交配型A²と同定された。

引用文献

- Corbett, D.C.M. (1964). A supplementary list of plant diseases in Nyasaland. C.M.I.
- Mycol. Pap. No. 95, p. 9.
- Emechebe, A. M. and Mukibbi, J. (1976). Nectoria collar and root rot of passion fruit in Uganda. Plant Disease Reporter 60, 227～231.
- Firman, I. D. (1972). A list of fungi and plant parasitic bacteria, viruses and nematodes in Fiji. C.M.I. Phytopathol. Pap. No. 15, p.10.
- 堀江博道・飯嶋 勉 (1989). *Phytophthora nicotianae* var. *parasitica*によるオクラ、アシタバ、ドラセナ、パッションフルーツの疫病(新称)(講要). 日植病報55, 494～495.
- 堀江博道・本橋恒樹・飯嶋 勉 (1988). 東京都の6種園芸作物から分離された*Phytophthora nicotianae* var. *parasitica*(講要). 日植病報54, 126.
- 堀江博道・飯嶋 勉・金丸日支男・平野寿一 (1990). パッションフルーツ輸送流通中の果実腐敗を起因する疫病菌(講要). 日植病報56, 377.
- 鍵渡徳次 (1986). *Glomerella cingulata* (Stoneman) Spaulding et Schrenkによるパッションフルーツ炭そ病. 東京農大農学集報31, 90～100.
- 鍵渡徳次 (1990). 灰色かび病菌及び菌核病菌によるパッションフルーツ果実の腐敗. 热帯農業34, 35～39.
- 牟田辰朗・野島秀伸 (1992). 奄美大島におけるパッションフルーツの疫病とウイルス症状の発生について(講要). 日植病報58, 112.
- 菅田重雄・堀江博道・阿部善三郎・菊池健三郎・小川照雄 (1982). 八丈島で発生したパッションフルーツの立枯れ症状について. 関東東山病虫研報29, 110～111.
- Turner, G.J. (1971). Fungi and plant diseases in Sarawak. C.M.I. Phytopathol. Pap. No. 13, p.33.
- Turner, G.J. (1974). *Phytophthora* wilt and crown rot of *Passiflora edulis*. Trans. Br. mycol. Soc. 62, 59～63.

Waterhouse, G. M. (1956). The genus *Phytophthora*. Diagnosis and figures from the original papers. Misc. Publ. C. M. I., Kew, No. 12, 120 pp.

Waterhouse, G. M. (1963). Key to the species *Phytophthora* de Bary. C. M. I. Mycol. Pap. No. 92, 22 pp.

Phytophthora Collar Rot and Post-harvest Fruit Rot
of Passionfruit

Hiromichi HORIE and Tsutomu IIJIMA

Summary

The Phytophthora Collar rot, leaf blight and post-harvest fruit rot of passionfruit, *Passiflora edulis* Sims, was found at the first time in Hachijo Island of the Izu Islands and the Bonin Islands. Symptoms of the disease, morphology and identity of the causal fungus, and a relationship between the post-harvest fruit rot and temperature were as follows:

1. The acute wilt of passionfruit was conspicuously found from late 1970s in Hachijo Island, and from late '80s in the Bonin Islands soon after the introduction of the crop in the area. During the period of coloring and harvesting of fruits in late July to September, foliage and fruits of the plants 3 years or more after transplanting suddenly wilted and the whole plants were withered in a short period of time. The epidermis and cortices of stems at the base were rotted to grayish brown and collapsed. Intermediate stems and shoots showed grayish brown to brown and water-soaked lesions, and foliage above the lesions were wilted to be killed later. Leaves had olive-colored to grayish brown, water-soaked and irregular shaped lesions at tips and rims, and severe leaf blight early defoliation were observed later. Fruits appeared pale brown to grayish brown and water-soaked lesions and premature fruit-falling occurred.

2. Hyaline mycelia and zoosporangia of *Phytophthora* fungus were formed on the fresh lesion of affected parts of stems, shoots, leaves and fruits, and the fungus was isolated from tissue of the diseased parts. The isolated *Phytophthora* fungus showed pathogenicity to leaves, stems and fruits of passionfruit by inoculations, which caused leaf blight, defoliation, wilt and fruit-rot. As the results, it was clarified that the acute wilt of passionfruit was caused by the *Phytophthora* fungus.

3. Zoosporangia of the pathogenic fungus were ovoid to elliptical with a conspicuous papilla, the sizes were $18\sim56.5\times12.5\sim50.5\mu\text{m}$, the ratio of the length and the breadth each isolate ranged between 1.25 and 1.56. Chlamydospores were thick-walled, globular, $12.5\sim35.5\times12.5\sim33\mu\text{m}$ in sizes. Sexual organs of the pathogen were easily produced in mix cultures of the isolates with the mating type A¹ of *Phytophthora nicotianae* var. *parasitica*. Oogonia were globular, $18.5\sim34.5\times20.5\sim34.5\mu\text{m}$ in sizes. Oospores were pale orange and globular, $16.5\sim30.5\times16.5\sim30.5\mu\text{m}$ in sizes. Antheridia were amphigenous. Mycelia grew at $10\sim35^\circ\text{C}$ and the optimum was 30°C . From these findings, the pathogen was identified as the mating type A² of *Phytophthora nicotianae* var. *parasitica*.

4. The fruits of passionfruit were transported from the Bonin Islands to the main-land under different conditions. Transport and storage under non-controlled temperature caused higher rates of fruit rot, whereas those under continuous low temperature at 5°C resulted in fewer rotten fruits. *Phytophthora* fungus was isolated frequently from the epicarps and mesocarps of rotten fruits. The isolates were very similar to the isolates from stems and leaves of passionfruit of field in the morphological characteristics of organs, pathogenicity and temperature suitable for mycelial growth. Therefore, the *Phytophthora* fungus causing the post-harvest fruit rot was identified as the same species, the mating type A² of *Phytophthora nicotianae* var. *parasitica*, which caused acute wilt and leaf blight in the field.

図 版 説 明

図版Ⅰ

1. 激発圃場における被害状況：茎の地際部及び中間部数か所に灰褐色～褐色、水浸状の病斑（矢印）が発生する。白色部は腐敗した病斑部に二次的に寄生した*Fusarium* 属菌などの菌叢。病斑部から上部の茎葉は枯死し、落葉、落果が著しい。
2. 同：茎葉の枯死、果実の変色がみられる。緑色の茎葉は隣接する健全株。
3. 地際の茎の発病：茎は地際部から発病することが多い。暗褐色、水浸状の病斑（矢印）が10～20cm進展する。
4. 地際の茎の崩壊：発病が進むと、地際の茎の罹病部組織は腐敗、崩壊し、纖維化した木部組織が露出する。
5. 葉の症状：葉縁からオリーブ色～灰褐色、水浸状の病斑が進展し、やがて枯死、落葉する。
6. 果実の症状：淡褐色～褐色、水浸状の病斑が進展し、腐敗する。

図版Ⅱ

1. アシタバの病葉：葉縁から暗褐色の病斑が進展する。パッショングルーツ疫病と同一病原菌による。
2. ツユクサの病葉：葉縁または昆虫の食害痕から褐色の病斑が進展する。パッショングルーツ疫病と同一病原菌による。
3. 接種による葉の発病：接種部位（矢印）から病斑が急速に進展し、まもなく黄化、落葉した。
4. 接種による茎の発病：接種部位（矢印）から病斑が上下に進展し、まもなく葉やつるが黄化、枯死し、落葉を生じた。
5. 病原菌の遊走子嚢：無色、卵形で乳頭突起が顕著である。
6. 病原菌の完全世代：標準菌株との交雑による。藏精器（A）は底着性で藏卵器（0_g）の中に淡橙色、球形の卵胞子（0_s）が形成される。
7. 輸送果実の腐敗部の疫病菌：果皮表面に無隔膜菌糸と遊走子嚢（矢印）が認められる。
8. 同：果皮表面及び組織内に無隔膜の菌糸が蔓延する。



図版 I



図版II

