

Phytophthora syringae (Kleb.) Kleb.によるリンゴ,ニホンナシ,およびセイヨウナシ果実の疫病

誌名	日本植物病理學會報 = Annals of the Phytopathological Society of Japan
ISSN	00319473
著者名	藤田,孝二 中沢,憲夫 福島,千萬男 原田,幸雄
発行元	日本植物病理學會
巻/号	60巻6号
巻号補足	
掲載ページ	p. 717-724
発行年月	1994年12月

農林水産省 農林水産技術会議事務局筑波産学連携支援センター
Tsukuba Business-Academia Cooperation Support Center, Agriculture, Forestry and Fisheries Research Council
Secretariat



Phytophthora syringae (Kleb.) Kleb. によるリンゴ、ニホンナシ、およびセイヨウナシ果実の疫病*

藤田 孝二**・中沢 憲夫***・福島千男[†]・原田 幸雄^{††}

Koji FUJITA**, Norio NAKAZAWA***, Chima Fukushima[†] and Yukio HARADA^{††} :
Phytophthora Fruit Rot of Apple, Japanese Pear and European Pear Caused
by *Phytophthora syringae* (Kleb.) Kleb.

Abstract

A new fruit rot disease widely occurred on stored apple fruits (*Malus pumila* Miller var. *domestica* Schneider) during the years of 1989-1990 and 1990-1991 in Aomori Prefecture. A *Phytophthora* sp. was isolated from the rotted fruits. In 1991, the same fungus was isolated from rotted fruits of Japanese pear (*Pyrus serotina* Rehder var. *culta* Rehder) and European pear (*Pyrus communis* L. var. *sativa* de Candolle) as well. Zoospore inoculation reproduced the symptoms on unwounded fruits of apple, Japanese pear, and European pear. The mycelial colony formed very characteristic 'rose' shaped growth zones on CV-8 A medium. The temperature for growth ranged from 0°C to 25°C with the optimum at 20°C. Sporangium was ovoid with a short pedicel, and non-deciduous, with a scarcely papillate apex. Hyphal swellings were present. Sexual organs developed in a single strain culture. Oogonium was spherical, thick wall, and almost completely filled with oospore. Antheridium was usually paragynous, and unicellular. Based on these morphological and cultural characters, we identified the causal fungus as *Phytophthora syringae* (Kleb.) Kleb. This paper is the first report on the occurrence of *P. syringae* in Japan.

(Received May 25, 1994)

Key words: apple, pear, European pear, fruit rot, *Phytophthora syringae*.

緒 言

青森県では1989年および1990年、県下全域で収穫後貯蔵中のリンゴ果実に腐敗が多発し、そのため果実が市場から返品されるなど大きな被害を受けた。その後、1991年には津軽地方の1園地でニホンナシとセイヨウナシの果実にも同様の被害が確認された。その症状から本病は疫病と推察されたが、それらの被害果からはこれまで我が国で報告^{11,14)}されているリンゴ、ニホンナシおよびセイヨウナシ果実の疫病菌 *Phytophthora cactorum* と異なる菌が分離された。分類学的調査および接種試験の結果、本病は *P. syringae* による疫

病であることが明らかとなった。本菌による疫病の発生確認は我が国において初めてであるので、ここに詳細を報告する。

発生状況と病徴

リンゴ果実腐敗の発生は青森県全域に及び、1989年および1990年産の果実に多発した。発生品種はふじが最も多く、王林、陸奥、ジョナゴールドにも発生が認められた。両年とも全貯蔵果実の約0.7%が被害を受けた³⁾。発病は収穫後に始まり、多くは低温貯蔵中に発病した。典型的な初期病徴は、果面に大きさ1~2 cm、輪郭不明瞭、淡褐色、円形~楕円形の病斑を生じ、し

* 本報の概要は日本植物病理学会東北部会(1991年10月, 1993年10月)で発表した。

** 青森県りんご試験場 Aomori Apple Experiment Station, Kuroishi, Aomori 036-03, Japan

*** 青森県農業試験場 Aomori Agricultural Experiment Station, Kuroishi, Aomori 036-03, Japan

[†] 青森県津軽地域病害虫防除所 Aomori Prefectural Plant Protection Office (Tsugaru District), Kuroishi, Aomori 036-03, Japan

^{††} 弘前大学農学部 Faculty of Agriculture, Hirosaki University, Hirosaki, Aomori 036, Japan

だいに拡大した (Plate I-1)。病斑部の果肉はやや弾力を帯び褐変したが、一部の病斑では始めほとんど変色しないか又は水浸状を呈し、その後褐変した。

ニホンナシ (品種：二十世紀) とセイヨウナシ (品種：ラ・フランス) の果実腐敗は 1991 年 10 月下旬、青森県森田村の 1 リンゴ園に混植されていた樹の落下果実に発生が認められた。果面病斑は長径 1~数センチ、健全部との境界不明瞭で、ニホンナシでは褐色 (Plate I-2)、セイヨウナシでは黒褐色 (Plate I-3)、果肉部はニホンナシでは水浸状、セイヨウナシでは淡褐色を呈した。

実験材料および方法

病原菌の分離 1990 年 12 月に相馬村で発生したリンゴ (品種：陸奥) 腐敗果実、並びに 1991 年 5 月に青森県下 4 か所 (弘前市石川、相馬村、黒石市、尾上町) のリンゴ選果場において採集したふじ腐敗果実からそれぞれ下記の方法で菌を分離した。また、1991 年 10 月に森田村でニホンナシ (品種：二十世紀) とセイヨウナシ (品種：ラ・フランス) の落下果実に発生した腐敗部から菌を同様に分離した。

果実を水洗後、滅菌刀で果肉腐敗部の周縁組織を約 5 mm の大きさに切りとり、V-8 ジュース寒天培地 (CV-8 A) に置床した。20°C で 3~4 日培養後菌そう周縁部を斜面培地に移植した。分離菌は菌そうの性状から疫病菌と推定されたので、純粋培養した一部菌株を以下の試験に供試した。

分離菌の病原性 リンゴ分離菌 (S-040 株)、ニホンナシ分離菌 (MON-9113 株)、セイヨウナシ分離菌 (MOS-916 株) を供試し、リンゴ分離菌では V-8 ジュース液体培地で培養した菌体を水洗後、15°C、遮光下、16 日間再培養して遊走子のうを形成させ、滅菌蒸留水を加えて 5°C の低温処理を行い、遊走子を放出させた。この遊走子液 (濃度： 7×10^8 個/ml) にリンゴ果実 (品種：ふじ、ピスタペラ) を 15°C で 48 時間浸漬した。ニホンナシ分離菌、セイヨウナシ分離菌では、CV-8 A で培養した供試菌の菌そうディスクを無菌土壤浸出液 (黒ぼく土壌と蒸留水を重量比 1:1 の割合で混和し、遠心分離後、滅菌フィルターで濾過) に遮光下、15°C で 7 日間浸漬して遊走子のうを形成させた。次いで滅菌蒸留水を加えて 5°C の低温処理を行い、遊走子を放出させた。この遊走子液 (濃度： $1 \sim 4 \times 10^4$ 個/ml) にニホンナシ (品種：長十郎) またはセイヨウナシ (品種：ラ・フランス) の果実を 10°C で 48 時間浸漬した。

接種後の果実は水を拭き取ってポリエチレン袋に入

れ、15°C で保管した。リンゴでは接種の 11 日後、ニホンナシとセイヨウナシでは 7 日後にそれぞれ発病調査を行い、発病果肉腐敗部からは上記の方法により菌の再分離を行った。なお、対照として蒸留水浸漬区を設けた。

病原菌の培養性質および形態 生育温度反応：リンゴ分離菌 (KU-10 株)、ニホンナシ分離菌 (MON-9113 株)、およびセイヨウナシ分離菌 (MOS-916 株) の 3 菌株を供試し、予め CV-8 A 平板培地で培養した菌そうの周縁部を直径 5 mm のコルクボーラーで打ち抜き、CV-8 A 平板培地に移植した。0~28°C の 7 段階の温度下に遮光して保ち、4 日、6 日、および 10 日後に菌そう直径を測定した。なお、試験は 3 反復し、結果は平均値で示した。

遊走子のう：リンゴ分離菌 3 菌株 (S-040, KU-10, ON-8)、およびニホンナシ分離菌とセイヨウナシ分離菌各 1 菌株 (MON-9111, MOS-917) を供試し、CV-8 A 平板培地で培養した菌そうディスクを滅菌蒸留水に浅く浸漬した。20°C、遮光下で 3 日間培養後に形成された遊走子のうの形状と大きさを調査した。

蔵卵器、蔵精器：リンゴ分離菌 7 菌株 (S-040, KU-10, KU-24, FI-4, IS-2, SO-18, ON-8)、ニホンナシ分離菌 9 菌株 (MON-9110~9118)、およびセイヨウナシ分離菌 2 菌株 (MOS-916, 917) を供試した。供試菌を接種した麻の実の胚乳を滅菌蒸留水に浸漬し、リンゴ分離菌では 15°C、遮光下、14 日間培養後に有性器官形成の有無を観察し、KU-10 菌株の蔵卵器と蔵精器の形状と大きさを調査した。また、36 日後に形成された KU-10 菌株の卵胞子を調査した。ニホンナシおよびセイヨウナシ分離菌では接種した麻の実の胚乳を滅菌蒸留水で 15°C、遮光下、11 日間培養後、更に 10°C、遮光下で 37 日間培養し、MON-9111 株と MOS-917 株につきリンゴ分離菌の場合と同様に調査した。

実験結果

病原菌の分離および病原性

分離に供試した 488 個のリンゴ腐敗果からは、菌そうがバラの花弁状の *Phytophthora* 属の 1 種が 78% の頻度で分離された。本種以外には *Fusarium* sp. と *Penicillium* sp. が一部分離された。

ニホンナシ 19 病斑、セイヨウナシ 6 病斑からは 2 種類の *Phytophthora* 属菌が検出された。一方はリンゴ果実から分離された菌と同種とみられ、菌そうがバラの花弁状 (A)、他方は薄い綿毛状 (B) であった。両者の分離頻度はニホンナシでは A 種 68%、B 種 32%で、

Table 1. Pathogenicity of *Phytophthora* sp. isolated from apple, Japanese pear and European pear to respective host fruit

Test fruit and variety ^{a)}	Isolates	No. of fruits inoculated	No. of fruits diseased
Apple : Fuji	S-040	5	4
Vista Bera	S-040	4	2
Japanese pear : Chojuro	MON-9113	3	3
European pear : La France	MOS-916	5	5

a) Inoculated by immersing fruits in zoospore suspension for 48 hr at 10°C or 15°C.

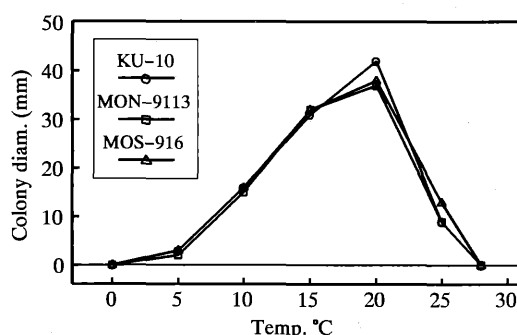


Fig. 1. Hyphal growth of *Phytophthora* sp. KU-10, MON-9113 and MOS-916 isolates at various temperatures after 6 days on CV-8 A.

Table 2. Morphological comparison between the present fungus and *Phytophthora syringae*

Item	The present fungus	<i>P. syringae</i> ^{a)}
Sporangia : Shape	Ovoid, Obpyriform, Ellipsoid, Spherical	Ovoid, Obpyriform, Ellipsoid, Spherical
Size	23-60×20-35 μ m (KU-10 ^{b)}) 25-63×15-35 μ m (MON-9111 ^{c)}) 25-55×20-35 μ m (MOS-917 ^{d)})	40-75×30-42 μ m
av. L/B ratio	1.5 (KU-10, MON-9111), 1.3 (MOS-917)	<1.6
Apex	Scarcely papillate	Scarcely papillate
Other character	Non-deciduous	Non-deciduous
Sporangiophores	Simple sympodia	Simple sympodia
Pedicels	<5 μ m	<5 μ m
Hyphal swellings	Present	Present
Mycelia in agar culture	Rossete	Rossete
Antheridia : Cell	Unicellular	Unicellular
Size	10-13×5-8 μ m (KU-10) 8-13×5-8 μ m (MON-9111) 8-13×5-10 μ m (MOS-917)	10×7 μ m
Position on oogonia	Usually paragynous	Usually paragynous
Oogonia : Surface	Smooth	Smooth
Size	20-38 μ m, av. 33 μ m (KU-10) 23-40 μ m, av. 31 μ m (MON-9111) 25-38 μ m, av. 31 μ m (MOS-917)	av. 33 μ m (max. 46 μ m)
Oospores : Wall thickness	2-2.5 μ m	2 μ m
Size	15-35 μ m, av. 27 μ m (KU-10) 20-38 μ m, av. 30 μ m (MON-9111) 23-33 μ m, av. 29 μ m (MOS-917)	18-36×17-25 μ m
Other character	Almost or quite filling the oogonium	Almost or quite filling the oogonium
Hyphal growth temp. : Min.	0°C	<5°C
Opt.	20°C	20°C
Max.	25°C	23°C

a) After Stamps, D.J. *et al.*⁸⁾, Waterhouse, G.M. & Waterston, J.M.¹²⁾, and Waterhouse, G.M.¹³⁾

b) Isolate from apple fruit.

c) Isolate from Japanese pear fruit.

d) Isolate from European pear fruit.

同一病斑から両種が検出されることもあった。セイヨウナシではA種33%, B種67%であった。B種はCV-8A培地上で遊走子のうと有性器官を容易に形成し、同株性、遊走子のうの乳頭突起は顕著、蔵精器は側着、生育最適温度は25°Cで、これらの形態と性状から *P. cactorum* と推察された。したがって、以下の接種試験および菌の同定はA種につき実施した。

リング分離菌(S-040株)の接種ではふじが5個中4個、ビスタペラが4個中2個発病した。また、ニホンナシ(MON-9113株)とセイヨウナシ(MOS-916株)の分離菌接種ではそれぞれ供試果実全てが発病した(Table 1)。接種によって発病したいずれの果実も自然発病果実に類似した症状を呈し(Plate I-4, 5, 6)、病斑果肉部からはそれぞれ接種菌と同様の *Phytophthora* 属菌が100%分離された。なお、対照の蒸留水浸漬果実には発病が認められなかった。

病原菌の同定

今回リング、ニホンナシおよびセイヨウナシの腐敗果から新たに分離された疫病菌(上記A種)はCV-8A上でバラの花弁状の生育紋を形成し(Plate II-1)、菌糸には膨潤がみられた(Plate II-2)。生育最適温度は20°C、生育可能上限は25°Cであった。0°Cでは6日後まで生育せず、10日後にわずかに生育した(Fig. 1)。28°Cで6日間培養後20°Cに移動しても生育しなかったことから、本菌は28°Cで死滅するものと考えられた。

遊走子のうはCV-8A上でほとんど形成せず、菌そうディスクの水浸により多数形成した。形状は卵形、倒洋梨形、楕円形または円形で、頂部乳頭突起は無いかまたはわずかにみられた(Plate II-3)。大きさは23~60×20~35 μm (KU-10), 25~63×15~35 μm (MON-9111), 25~55×20~35 μm (MOS-917), L:B比の平均値は1.3~1.5であった(Table 2)。小柄は5 μm未滿で短く、非脱落性であった。

有性器官の形成はリングで3菌株(KU-10, KU-24, ON-8)、ニホンナシで2菌株(MON-9111, MON-9116)、セイヨウナシで1菌株(MOS-917)に認められ、同株性であった。形態の調査はKU-10株, MON-9111株, および MOS-917株について行った。蔵精器は蔵卵器に主に側着し、まれに底着した。蔵精器の大きさは8~13×5~10 μmで単細胞、蔵卵器は球形、厚膜、表面平滑、無色~淡黄色、直径20~38 μm (KU-10), 23~40 μm (MON-9111), 25~38 μm (MOS-917)であった。

卵胞子は蔵卵器に充満またはほぼ充満し、球形、淡

黄色~淡褐色、膜の厚さ2~2.5 μm, 直径15~35 μm (KU-10), 20~38 μm (MON-9111), 23~33 μm (MOS-917)であった(Table 2)。

以上の形態と培養性質はこれまでに報告された *P. syringae* の記載^{8,12,13)} とほぼ一致することから、本種を *Phytophthora syringae* (Kleb.) Kleb. と同定した。

考 察

過去においてリング果実の疫病は6~9月の長雨や水害時に発生し¹⁰⁾、しばしば局地的に問題になってきた。病原菌は柳瀬ら¹⁴⁾により *P. cactorum* と同定されている。ところが青森県で1989年および1990年産のリング果実に多発した疫病は、発生時期が収穫後から貯蔵中のものであり、この時期の多発はこれまで例がないことから新しい病原菌に起因する可能性が考えられた。これらリング被害果と、その後1991年10月に青森県森田村の1園地において発生したニホンナシとセイヨウナシの疫病被害果からは *P. cactorum* とは明らかに異なる *Phytophthora* 属の1種が高頻度に分類された。本菌の遊走子は無傷接種で、リング、ニホンナシおよびセイヨウナシの果実に強い病原性を示し、病斑から接種菌を再分離できた。したがって、本 *Phytophthora* 属菌が病原であることは明らかである。

リング樹体あるいはリング果実を加害する疫病菌として、諸外国では *Phytophthora cactorum*, *P. syringae*, *P. megasperma*, *P. cambivora*, *P. cryptogea*, *P. drechsleri*, *P. citricola* の7種が記載⁹⁾ されているが、我が国においては、わい性台木が被害を受ける *P. cambivora*^{7,9)} と、主に果実が被害を受ける *P. cactorum*¹⁴⁾ の2種が報告されているにすぎない。本分離菌はこれら2種と菌そう形態が異なることから菌の詳細な同定試験を行った。

本分離菌はCV-8AまたはPDA上でバラの花弁状の生育紋を形成し、生育温度反応と各器官の形態、大きさはFig. 1, Table 2のようであった。以上の培養性状と形態はこれまでに報告された *P. syringae* の記載^{8,12,13)} とほぼ一致した。分離菌の遊走子のうの大きさはWaterhouseの記載^{12,13)} よりやや小さいが、遊走子のうの大きさは変動幅が大きいこと、培養条件で変化することなどから、本菌の測定値は *P. syringae* の範囲内と考えられる。

P. syringae による疫病は北西ヨーロッパ、北アメリカ、ニュージーランドなど温帯地方以北で発生が報告^{4,12)} されているが、これまで我が国での報告は無く、外国からの侵入を警戒してきた病害の一種である⁹⁾。

本菌によるリンゴ果実の被害が青森県で突如発生した原因は明らかでないが、県下全域で一斉に発生したことから、かなり以前から既に本菌が存在していたものと考えられる。これまで本病の発生が確認されなかった理由として、被害の多発条件となる 10 月中旬以降の長雨が近年少なかったこと、また、*P. syringae* による果実の病徴が *P. cactorum* によるものとはほぼ同様であるため、後者と誤認しやすいことなどが考えられる。

リンゴ園での本病の発生はふじ、王林、陸奥、ジョナゴールドなどの晩生種に多かったが、その原因は *P. syringae* の生育適温が比較的低く、晩秋期に菌密度が最も高まる²⁾ためである。

本菌によるリンゴ果実の被害は主に収穫時感染に由来するが、潜伏期間が長いので¹⁾入庫までに発病しない場合が多い。そのため、貯蔵中や出庫後に発病して産地の信用を落とすことから、生産者のみならずリンゴ販売業者にとっても重大な病害である。これまで本菌に関する研究はわが国においてほとんど無く、その生態解明と防除法確立が急がれる。

本報告は日本における *P. syringae* の最初の発生記

録であり、本菌は日本におけるリンゴ、ニホンナシ、およびセイヨウナシ疫病の新しい病原菌である。

摘 要

青森県で 1989 年および 1990 年産の貯蔵リンゴに多発した腐敗果実および、1991 年に青森県下の 1 園地で発生したニホンナシとセイヨウナシの腐敗果実から同一種の *Phytophthora* 属菌が高頻度で分離された。本菌は遊走子による無傷接種でそれぞれの果実に強い病原性を示し、発病部位から接種菌と同一の *Phytophthora* 属菌が再分離された。本菌は培養性質、各器官の形態と大きさから、*Phytophthora syringae* (Kleb.) Kleb. と同定された。これは日本における *P. syringae* の最初の発生記録であり、本菌は日本におけるリンゴ、ニホンナシ、およびセイヨウナシ疫病の新しい病原菌である。

本病原菌の同定にあたり御指導賜った農林水産省農業生物資源研究所の鈴木孝仁博士に心より御礼申し上げる。

引 用 文 献

1. 藤田孝二 (1993). *Phytophthora syringae* (Kleb.) Kleb. によるリンゴ果実疫病の潜伏期間と初期病徴. 日植病報 59: 301 (講要).
2. 藤田孝二・原田幸雄 (1994). リンゴ園土壌から検出されるリンゴ疫病菌, *Phytophthora syringae* と *P. cactorum* の時期的変動. 日植病報 60: 358 (講要).
3. 福島千萬男・中沢憲夫・藤田孝二 (1992). 青森県におけるリンゴ (貯蔵果実) 疫病の発生実態. 日植病報 58: 121 (講要).
4. Harris, D.C. (1991). The *Phytophthora* diseases of apple. J. Hort. Sci. 66: 513-544.
5. Jones, A.L. and Aldwinckle, H.S. (1990). Compendium of Apple and Pear Diseases. The American Phytopathological Society, Minnesota. pp. 43-45.
6. 君島悦夫 (1985). わが国が侵入を恐れている果樹病害 (7) ファイトフトラ・シリンゲによる果樹類の疫病. 果実日本 40(2): 74-77.
7. 中沢憲夫・福島千萬男・長内敬明 (1985). リンゴわい性台木の疫病・発生実態と病原菌について. 青森りんご試報 22: 21-35.
8. Stamps, D.J., Waterhouse, G.W., Newhook, F.J. and Hall, G.S. (1990). Revised tabular key to the species of *Phytophthora*: Mycological Papers No. 162. CMI, Kew. pp. 1-28.
9. Suzui, T. and Hoshino, Y. (1979). Collar rot of apple caused by *Phytophthora cambivora* (Petri) Buism. Ann. Phytopath. Soc. Japan 45: 344-352.
10. 田中弥平・鈴木宣建・杉木 隆 (1976). リンゴ園の水害後における腐敗果の発生について. 北日本病虫研報 27: 76.
11. 梅本清作・御園生尹・長井雄治 (1979). ナシ疫病とその病原菌について. 千葉農試研報 20: 47-55.
12. Waterhouse, G.M. and Waterston, J.M. (1964). *Phytophthora syringae*. C.M.I. Descriptions of Pathogenic Fungi and Bacteria No. 32.
13. Waterhouse, G.M. (1970). The Genus *Phytophthora* de Bary: Mycological Papers No. 122. CMI, Kew. pp. 48-49.
14. 柳瀬春夫・佐久間勉 (1979). 疫病菌によるリンゴ及びセイヨウナシの幼果腐敗について. 果樹試報 C 6: 105-119.

Explanation of plates**Plate I**

Symptoms of *Phytophthora* fruit rot on apple, Japanese pear and European pear, due to *Phytophthora syringae*.

1. Apple cv. Mutsu, naturally infected.
2. Japanese pear cv. Nijusseiki, naturally infected.
3. European pear cv. La France, naturally infected.
4. Apple cv. Fuji, caused by zoospore inoculation.
5. Japanese pear cv. Chojuro, caused by zoospore inoculation.
6. European pear cv. La France, caused by zoospore inoculation.

Plate II

Morphology of *Phytophthora syringae* isolated from Apple, Japanese pear and European pear fruits.

1. Colony of *P. syringae* (KU-10) on CV-8 A.
2. Hyphal swelling of *P. syringae* (KU-10) from apple.
3. Semi-papillate sporangia of *P. syringae* (KU-10) from apple.
4. Oogonium with paragynous antheridium and oospore. (A) Isolate KU-10 from, apple, (B) Isolate MON-9111 from Japanese pear and (C) Isolate MOS-917 from European pear.

Plate I

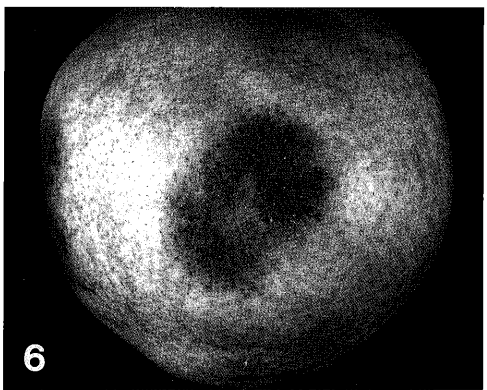
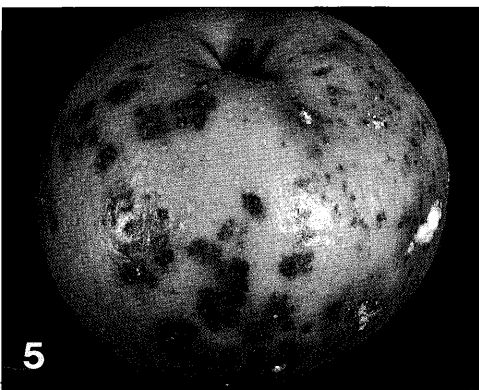
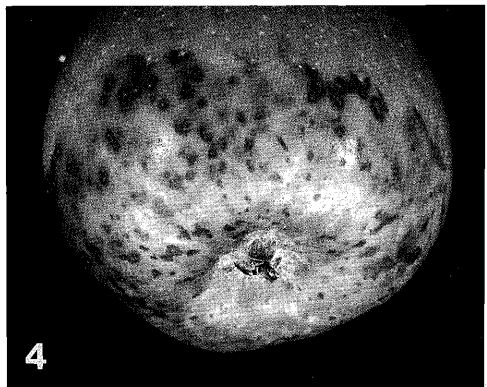
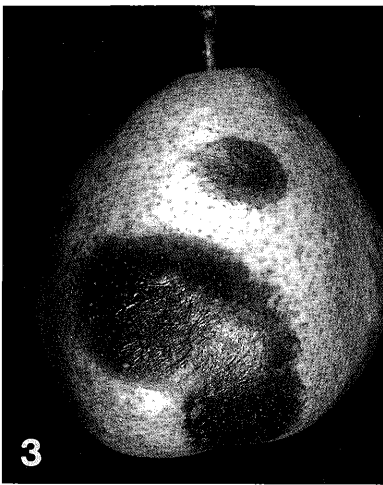
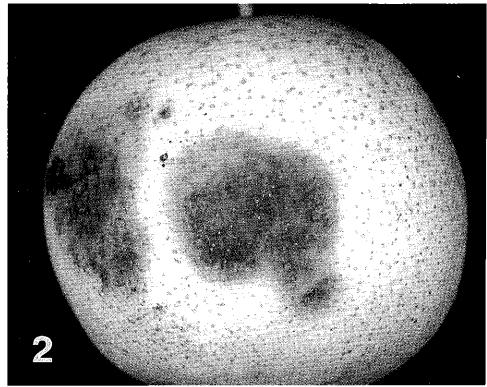
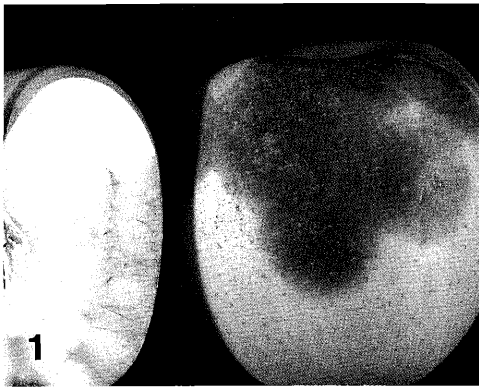


Plate II

