

Fusarium dimerum Penzig var. *dimerum* によるアロエ株腐病 (新称)

本橋 慶一^{1*}・青木 孝之²・小林 享夫³

ABSTRACT

MOTOHASHI, K.¹, AOKI, T.², and KOBAYASHI, T.³ (2007). Foot rot disease of *Aloe* spp. caused by *Fusarium dimerum* Penzig var. *dimerum*, a new disease. Jpn. J. Phytopathol. 73: 304-308.

In November 1994, a foot rot disease of *Aloe* spp. was observed in Okinawa, Japan. Lesions on the lower part of the stem were brown to purplish black, gradually caved in. Finally, the plants withered and died. A fungus belonging to the genus *Fusarium* was isolated from the lesions. Foot rot symptoms, the same as under natural conditions, appeared within 7 days after inoculation with the *Fusarium* isolate. A similar *Fusarium* was reisolated from the diseased plants and was identified as *F. dimerum* based on morphological and cultural characteristics. This is the first record of this fungal species causing a plant disease.

(Received January 17, 2007; Accepted May 9, 2007)

Key words: *Fusarium dimerum* var. *dimerum*, *Aloe* spp., foot rot

アロエ (*Aloe* spp.) はアフリカ原産のユリ科多肉植物で、日本には江戸時代に導入された。現在では有用植物として、医療、健康食品、観賞植物などの様々な用途に用いられ、キダチアロエ (*Aloe arborescens* Mill.) を始め、アロエ・ベラ (*A. vera* L.) などのいくつかの品種が沖縄、伊豆諸島など温暖な地域で広く栽培されている。

1994年11月沖縄県沖縄市のアロエ養成栽培圃場において、株腐れ症状を呈する病害の集団発生が観察された。その病斑部からは *Fusarium* 属菌が高率に分離された。日本におけるアロエの菌類病としては、*Phytophthora nicotianae* による疫病(植松ら, 1995)、*Uromyces aloes* によるさび病(中村ら, 1976; 佐藤・勝屋, 1977)、*Fusarium phylophilum* による紫斑病(岸ら, 1997; Kishi *et al.*, 1999)がある。しかしながら、今回発生した病害は、同じ *Fusarium* 属の病害であるアロエ紫斑病とは異なる病徴を有し、発病部位も異なった。そこで本菌の病原性を確認し、菌種の同定を行うとともに、防除のための基礎資料とするために病原菌の生理的諸性質と薬剤感受性を検討した。なお、本病とその病原菌については、予報として平成10年度日本植物病理学会において発表した(本橋ら, 1998)。

発生状況および病徴 栽培圃場では本病によって、倒伏している株が多くみられ、被害の著しい場合は枯死した株も見られた(Fig. 1a)。病徴としては初め地際部に褐色から紫黒色、水浸状、次第に陥没する病斑が形成され、その後、病斑内部より、新たな組織を隆起させることもあるが、病斑は拡大し、株の多くは倒伏、ついには枯死に至った。陥没病患部の周縁部には淡桃白色の分生子塊が形成されることもあった。

病原菌の分離および同定 沖縄県沖縄市のアロエ養成栽培圃場で採集された罹病植物より、罹病組織をメスを用いて2 mm 角に切り出した。これらは水道水による流水洗浄(小林ら, 1974)を行い、さらに、試料は滅菌蒸留水で二度洗浄、余剰水分を滅菌ろ紙で吸湿した後、2%素寒天培地(WA)上に静置した。15°C、暗条件の恒温器内で1週間培養し、試料片から伸長した1本の菌糸の先端部を切り取り、Synthetic low Nutrient Agar 斜面培地(SNA: KH₂PO₄ 1.0 g, KNO₃ 1.0 g, MgSO₄•7H₂O 0.5 g, KCl 0.5 g, ブドウ糖 0.2 g, ショ糖 0.2 g, 寒天 23 g, 蒸留水 1,000 ml)(Nirenberg and O'Donnell, 1998)に移植し、各種の培養実験および接種試験に用いた。

分離された糸状菌の形態観察を行うために、カーネーショ

¹三重大学大学院生物資源学研究科(〒514-8507 三重県津市栗真町屋町1577) Graduate School of Bioresources, Mie University, 1577 Kurimamachiya, Tsu, 514-8507, Japan

²独立行政法人農業生物資源研究所(〒305-8602 茨城県つくば市観音台2-1-2) National Institute of Agrobiological Sciences, 2-1-2 Kannondai, Tsukuba, Ibaraki 305-8602, Japan

³東京農業大学国際食料情報学部(〒156-8502 東京都世田谷区桜丘1-1-1) Faculty of International Agriculture and Food Studies, Tokyo University of Agriculture, 1-1-1 Sakuragaoka Setagaya, 156-8502, Japan

* Corresponding author (E-mail: 505D401@m.mie-u.ac.jp)

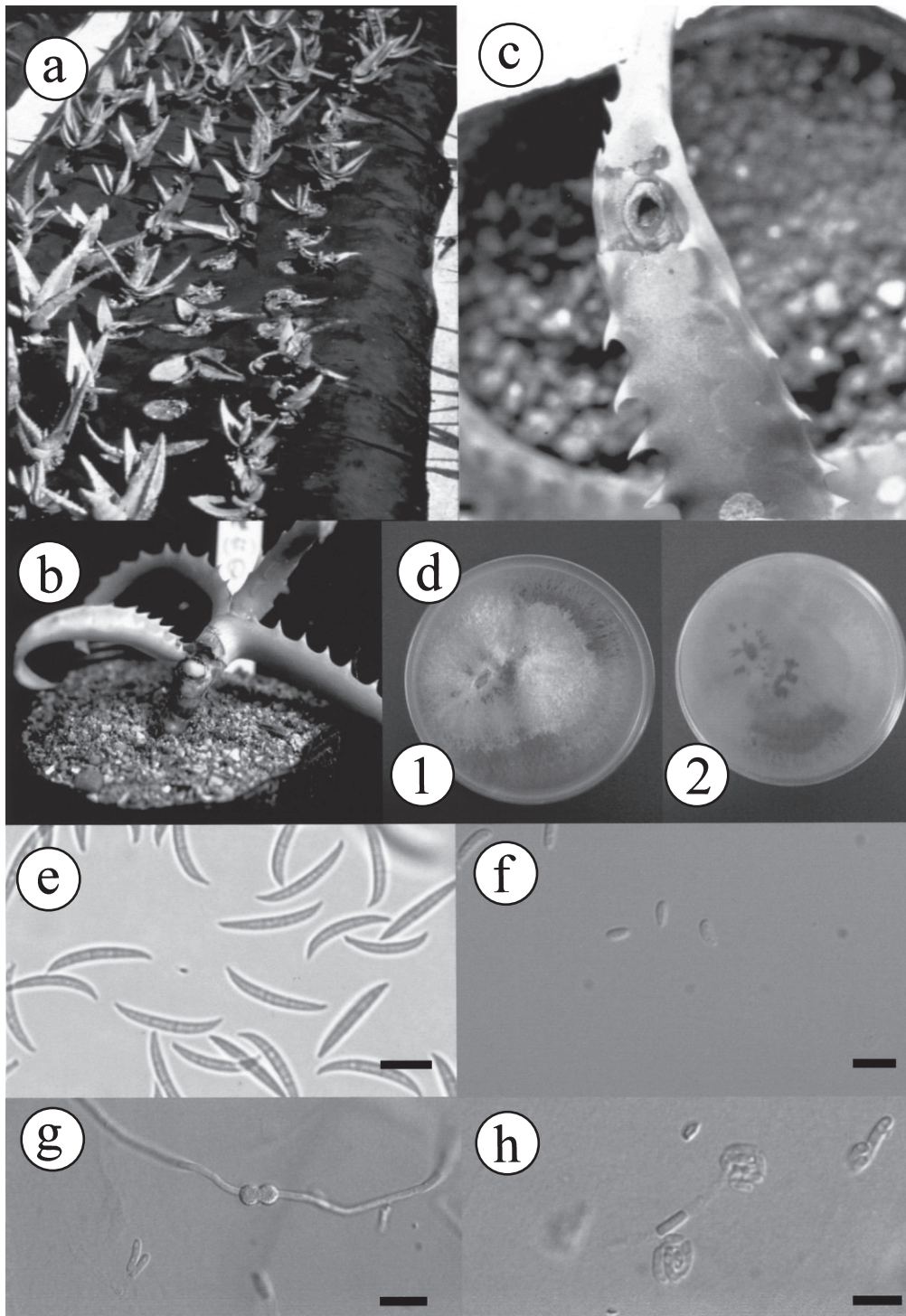


Fig. 1. Foot rot symptoms on *Aloe* sp. and causal fungus.

a: Foot rot disease of *Aloe* sp. in the field causing stem lesions and necrosis.

b: Necrotic lesion on stem. Seven days after inoculation with mycelial masses.

c: Brown, sunken lesion spot on leaf. Fourteen days after inoculation with mycelial masses.

d: *Fusarium dimerum* var. *dimerum* on PDA grown at 25°C in the dark for 14 days (1, surface; 2, reverse side).

e: Conidia with 2–3 septa on SNA at 25°C in the dark after 28 days. Scale bar=10 μm.

f: Conidia with 0–1 septa on SNA at 25°C in the dark after 21 days. Scale bar=10 μm.

g: Chlamydospores on SNA at 25°C in the dark after 28 days. Scale bar=10 μm.

h: Conidiogenous cells and conidia on SNA at 25°C in the dark after 21 days. Scale bar=10 μm.

ン葉片素寒天培地（滅菌カーネーション葉片，寒天20g，蒸留水1,000ml）（Kirk *et al.*, 2001）およびSNA上に分離菌の培養菌叢片を移植し，25°C，暗条件で7日間培養した．生育した菌糸を光学顕微鏡にて検鏡し，形成された分生子の隔壁数，形，厚壁胞子の有無，分生子形成細胞の形態および分生子形成様式を観察した．本菌のSNA上における0-3隔壁分生子の形態，大きさおよびその分生子形成様式，PDA上での菌叢の色調および培養性質の結果をもとに，Booth（1971）およびGerlach and Nirenberg（1982）の記載と比較して菌種を同定した．

PDA培地上で，本菌の菌叢は白色からクリーム色を呈し，さらに時間が経過すると，培地を淡橙色から淡褐色に着色させ，分生子および間生厚壁胞子を形成，薄い鮭肉色のスポロドキアを形成した（Fig. 1d）．SNA上での分生子は無色，鎌形，0から3隔壁で分生子の基部に脚胞を有していた（Fig. 1e, f）．0隔壁の分生子は長楕円形からやや湾曲した形で， $5.0\text{--}15.3 \times 2.3\text{--}3.0 \mu\text{m}$ ，1隔壁の分生子は長楕円形から鎌形， $8.8\text{--}20.0 \times 2.5\text{--}3.3 \mu\text{m}$ ，3隔壁の分生子は鎌形で， $17.5\text{--}27.5 \times 2.5\text{--}3.5 \mu\text{m}$ であった．間生厚壁胞子は平滑，球形，もしくは卵形から長楕円形で，単生もしくは連鎖， $5\text{--}20 \times 5\text{--}7.5 \mu\text{m}$ であった（Fig. 1g）．分生子形成細胞は菌糸から緩やかに分岐し，モノフィアライドで擬頭状に分生子を形成した（Fig. 1h）．SNA上での形態およびPDA上での菌叢の培養性質は，Booth（1971）の*Fusarium dimerum* Penzigの記載，およびGerlach and Nirenberg（1982）の*F. dimerum* var. *dimerum*の記載とほぼ一致し，本菌を*F. dimerum* var. *dimerum*と同定した．

病原性の確認 病原性を確認するために米ヌカ・フスマ培地（米ヌカ：フスマ：蒸留水＝1：1：2の体積割合で混合した後，オートクレーブ滅菌）（Kobayashi *et al.*, 2005）で1ヶ月培養した菌糸塊または，SNA培地で培養した菌叢を用いて，キダチアロエの茎，葉および根に有傷・無傷接種を行った．また，滅菌土壌へ同様の接種源を用いて接種を行った．茎への穿孔による有傷接種は，アロエの茎を火炎滅菌したコルクボーラー（直径5mm）で穿孔し，米ヌカ・フスマ培地で培養した菌糸塊を詰めた．葉への付傷による接種は，火炎滅菌した柄つき針で穿孔し，米ヌカ・フスマ培養菌糸塊もしくはSNA培地で培養した菌叢を固定，接種した．それぞれ，接種した部分に滅菌水で湿した脱脂綿を付け，1週間ビニールテープで固定し，過湿条件とした．根への有傷接種は，根の切断面に米ヌカ・フスマ培養菌糸塊をビニールテープで固定した．滅菌土壌への接種は米ヌカ・フスマ培養菌糸塊および滅菌土壌を混合し（米ヌカ・フスマ培養菌糸塊：滅菌土壌＝1：4の体積割合），植物体を移植した．試験を行った各植物体は25°Cのガラス温室内で管理した．全ての接種試験に対

して滅菌した米ヌカ・フスマ培地またはSNA培地を接種した対照区を設置した．その結果，茎への穿孔接種の約1週間後，地際部より，健全部との境が明瞭で褐色から黒色，やや陥没する水浸状の病斑を形成した（Fig. 1b）．さらに1週間から2週間で，上部が倒伏するのが確認され，病徴が再現された．葉への針孔接種試験では，接種約2週間後に直径約1cmの褐斑症状を生じた（Fig. 1c）．それぞれ無傷接種区では病徴は現れなかった．また，土壌への接種では，地際部に軽い病徴が現れたものの，根に直接接種したものは有傷，無傷区共に，病原性は示さなかった．病葉を再現した区では形成された病斑から接種菌が再分離された．

分生子の発芽条件 分離された糸状菌の生理的諸性質を知るため，各種試験を行った．供試した分生子はすべて，病斑部より分離された糸状菌の培養菌叢上に形成されたものを用いた．

1) 発芽と経過時間：0隔壁分生子および1-3隔壁分生子の分生子懸濁液をWA培地上に塗布し，30°C，暗条件の恒温器内に静置，2，4，6，8，10，12，24時間後に発芽率および発芽管長を光学顕微鏡下で計測した．その結果，1-3隔壁の分生子は4時間後にはその多くが発芽し，12時間後まで発芽率は緩やかに上昇した．0隔壁の分生子は遅れて，8時間後から発芽しはじめ，10時間後には80%が発芽した．発芽管長はそれぞれの分生子とも12時間後以降，急激に伸長した（Fig. 2a）．

2) 発芽と温度：0隔壁および1-3隔壁の分生子懸濁液をWA培地上に塗布し，暗条件下の5，10，15，20，25，30，35，40°Cに設置した恒温器内に静置，24時間後にそれぞれの発芽率と発芽管長を計測した．その結果，0隔壁の分生子は15°Cから35°Cで，1-3隔壁の分生子は10°Cから35°Cの範囲で発芽した．それぞれの分生子とも30°Cで発芽管長が最大になった（Fig. 2b）．

3) 発芽と水素イオン濃度：発芽に最適な水素イオン濃度を確認するために，HClおよびNaOHの各1M溶液を用いてpH3-9に調整したWA培地上に0隔壁および1-3隔壁の分生子懸濁液を塗布し，暗条件下，30°Cの恒温器内に静置，24時間後にそれぞれの発芽率と発芽管長を計測した．その結果，0隔壁の分生子はpH3から4では発芽せず，pH5からpH9の範囲で発芽した．1-3隔壁の分生子はpH3からpH9の範囲で発芽し，生育した．それぞれpH7で発芽管長が最大となった（Fig. 2c）．

4) 薬剤による発芽の抑制：各種薬剤の分生子発芽への影響を調べるため，ベノミル水和剤（実用濃度；167-250ppm），ヒドロキシイソキサゾール・メタラキシル液剤（実用濃度；340-680ppm），キャプタン水和剤（実用濃度；1,000-1,300ppm），

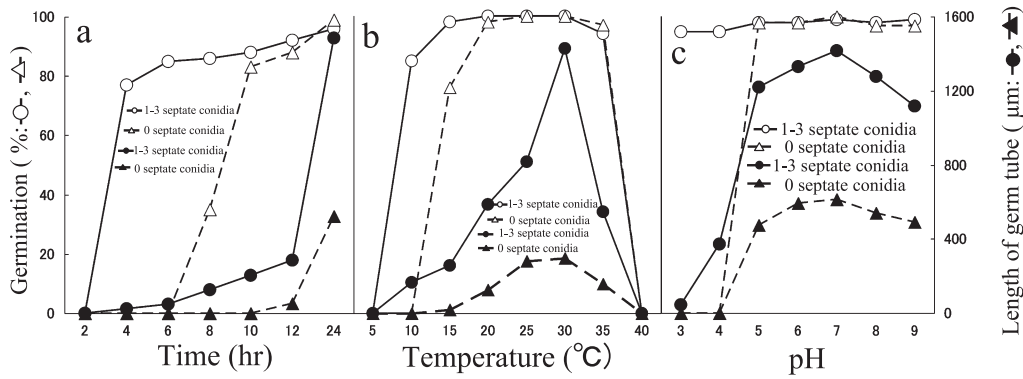


Fig. 2. Germination of conidia of *Fusarium dimerum* var. *dimerum* on water agar. a: over time at 30°C, b: at different temperatures for 24 hr, and c: at different H⁺ concentrations after 24 hr at 30°C.

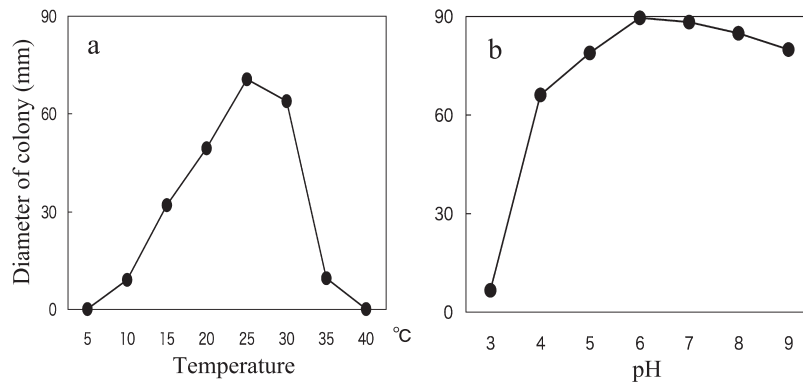


Fig. 3. Colony diameter on PSA after 8 days. a: different temperatures, and b: different H⁺ concentrations at 25°C.

チウラム水和剤（実用濃度；3,200 ppm）を有効成分濃度で 100, 500, 1,000, 5,000, および 10,000 ppm, また, キャプタン水和剤・チウラム水和剤については, 加えて 10, 20 および 50 ppm となるように WA 培地中に添加し, 0 隔壁および 1-3 隔壁の分生子懸濁液を塗布, 暗条件下の 30°C の恒温器に静置し, 24 時間後にそれぞれ発芽率および発芽管長を計測した. その結果, キャプタン水和剤, チウラム水和剤については, 実用濃度以下である 10, 20 および 50 ppm の濃度についても, それぞれの分生子の発芽を抑制した. ベノミル水和剤では実用濃度範囲内で 0 隔壁および 1-3 隔壁の分生子の発芽がほぼ抑制され, 100 ppm では発芽率が 57% および 69% となったが発芽管長はそれぞれ 7.6 μm および 11 μm となり無処理区の 216 μm および 452 μm と比較して発芽伸長は抑制された. ヒドロキシイソキサゾール・メタラキシル液剤は, 実用濃度である 500 ppm で 0 隔壁および 1-3 隔壁の分生子の発芽率はそれぞれ 57%, 52% となり, 発芽伸長が抑制された.

菌叢の培養的性質

1) 生育と温度：2% ショ糖加用ジャガイモ煎汁平板培地 (PSA：ジャガイモ 200 g, ショ糖 20 g, 寒天 20 g, 蒸留水 1,000 ml) (宇田川ら, 1978) の中央に, 3 mm 角に切り取った本菌の菌叢を移植した. その後, 5°C 間隔で 5 ~ 40°C に設定した恒温器内で暗黒下にて倒置培養し, 24 時間ごとに 9 日間, 菌叢の直径を計測した. その結果, 10°C から 35°C で生育が可能で, 最適温度は 25°C 付近であった (Fig. 3a).

2) 生育と水素イオン濃度：HCl および NaOH の各 1 M 溶液を用いて pH 3-9 に調整した PSA 平面培地の中央に, 3 mm 角に切り取った本菌叢片を移植した. 25°C の恒温器内で, 暗黒下にて倒置培養し, 24 時間ごとに 8 日間, 菌叢の直径を計測した. その結果, pH 3 では生育が劣ったが, pH 4 から pH 9 の範囲でよく生育し, 最適 pH は 6 付近であった (Fig. 3b).

本菌の病原性は, アロエの茎への有傷接種で再現され, 潜伏期間は 1 週間であった. 根への直接接種では病徴は認めら

れなかった。病原菌を土壌に混和した際に地際部に軽い病徴が現れたが、茎への無傷接種では病原性を示さなかったことから、風による植物体の揺さぶりなどによって生じた地際茎部の微細な傷口から病原菌が侵入したと思われる。栽培条件下での発生状況も、本菌の感染経路がアロエの地際茎部の傷口であることを示唆している。

同じ *Fusarium* 属菌である *F. phyllophilum* を病原とするアロエ紫斑病は、葉に大小の円形から長円形、紫から紫褐色の病斑を生ずる (岸ら, 1997; Kishi *et al.*, 1999)。それに対して、本病菌はやや窪んだ褐色円形の病斑を形成していることから紫斑病の病徴とは異なっている。

分生子の発芽最適温度は 30°C であり、1-3 隔壁分生子は 0 隔壁分生子よりも発芽に要する時間が短く、各温度、各水素イオン濃度いずれの条件においても発芽能力が高かった。1-3 隔壁分生子は発芽可能範囲が 0 隔壁分生子よりも広いため、より多様な環境条件下で発芽と、生育が可能と判明した。薬剤感受性試験では一般に *Fusarium* 属菌の防除に使用される薬剤を用いた。本菌に対してキャプタン水和剤および、チウラム水和剤が分生子の発芽を抑える有効な防除剤であると考えられた。

菌叢の生育は 25°C 付近が最適温度であり、分生子の最適発芽温度よりも低温であった。

本菌は、形態的特徴および培養性質から、*Fusarium dimerum* var. *dimerum* と同定された。Booth (1971) は section Arachnites に、Gerlach and Nirenberg (1982) は section Eupionnotes に *Fusarium dimerum* を所属させている。*Fusarium dimerum* var. *dimerum* は世界中に分布し、通常は腐生生活をしている土壌菌と考えられており (Gerlach and Nirenberg, 1982)、植物病原菌としての報告はこれまでにない。

従って、本報告が *Fusarium dimerum* var. *dimerum* による植物病害としての初記載である。アロエ紫斑病とは発生部位、病徴および病原菌が異なることから、本菌によるアロエの病害を株腐病 (Foot rot) とする。

謝 辞

本研究を行うにあたって有用な御助言および御指導をいただいた東京農業大学夏秋啓子教授に厚く御礼申し上げます。

引用文献

- Booth, C. (1971). The Genus *Fusarium*, pp. 30-37, 40-42, Common Wealth Mycological Institute, Kew Surrey.
- Gerlach, W. and Nirenberg, H. I. (1982). The Genus *Fusarium* - a Pictorial Atlas. Mitt. Biol. Bundesanst. Land- u. Forstw. (Berlin Dahlem) 209: 11-14, 47-54.
- Kirk, P. M., Cannon, P. F., David, J. C. and Stalper, J. A. (2001). Ainsworth & Bisby's dictionary of the fungi, 9th edn. CAB International, Wallingford.
- 岸 國平・青木孝之・古川聡子・小林享夫 (1997). *Fusarium proliferatum* (Matsushima) Nirenberg var. *minus* Nirenberg によるアロエの新病害、紫斑病。日植病報 63: 202 (講要)。
- Kishi, K., Furukawa, T. and Aoki, T. (1999). Purple Spot of Aloe (*Aloe arborescens* Mill.) Caused by *Fusarium phyllophilum* Nirenberg et O'Donnell (New disease). Ann. Phytopathol. Soc. Jpn. 65: 576-587.
- Kobayashi, T., Hirooka, Y., Natsuaki, T. K., Kawashima, Y. and Ushiyama, K. (2005). New canker disease of *Abies veitchii* and *Acer crataegifolium* caused by *Neonectria castaneicola*. J. Gen. Plant Pathol. 71: 124-126.
- 小林享夫・佐々木克彦・真宮靖治 (1974). マツノザイセンチュウの生活環に関連する糸状菌 (I), 日林誌 56: 136-145.
- 本橋慶一・青木孝之・小林享夫 (1998). *Fusarium dimerum* によるアロエ株腐病。日植病報 64: 435 (講要)。
- 中村重正・佐藤昭二・勝屋敬三 (1976). アロエ属植物に寄生する *Uromyces aloës* (Cooke) P. Magnus. 日菌報 17: 342-344.
- Nirenberg, H. I. and O'Donnell, K. (1998). New *Fusarium* species and combinations within the *Gibberella fujikuroi* species complex. Mycologia. 90: 434-458.
- 佐藤昭二・勝屋敬三 (1977). アロエのさび病について。日植病報 43: 325 (講要)。
- 植松清次・鈴木孝仁・赤山喜一郎・中村靖弘 (1995). *Phytophthora nicotianae* によるアロエ疫病 (新称) とアネモネ疫病 (病原菌追加)。日植病報 61: 219 (講要)。
- 宇田川俊一・椿 啓介・堀江義一・三浦宏一郎・箕浦久兵衛・山崎幹夫・横山竜夫・渡辺昌平 (1978). 菌類図鑑 (下). pp. 1276-1286, 講談社. 東京.