

青果物腐敗を起こす糸状菌

獅山慈孝^{*1}, 寺下隆夫^{*1}, 吉川賢太郎^{*1},
成瀬知詠子^{*1}, 小沢佳子^{*1}, 津田盛也^{*2}

Causal fungi of post-harvest diseases of fruits and vegetables

Jiko SHISHIYAMA^{*1}, Takao TERASHITA^{*1}, Kentaro YOSHIKAWA^{*1},
Chieko NARUSE^{*1}, Yoshiko OZAWA^{*1} and Mitsuya TSUDA^{*2}

Synopsis

Post-harvest diseases of domestic and imported fruits and vegetables were surveyed once a week at Kyoto municipal central market and at small stores in Osaka and Kobe cities from May to November, 1990. Preliminary identification was done by the naked eye and with help of magnifier. After isolation of fungi on potato-dextrose agar medium, the spores formed by the isolates were compared with illustrations and descriptions in books on classification.

Of the 63 isolates most had already been found on citrus fruit, stone fruits, pome fruits, berries, root vegetables, and fruit vegetables by other researchers. New findings were of *Geotrichum* sp. on Japanese apricot, *Pestalotia* sp. on plum, *Aspergillus niger* on apple, *Monilia fructigena* on Chinese quince, *Trichothecium roseum* on grape, *Geotrichum candidum* on carrot, *Penicillium* sp. on Chinese yam, *Alternaria alternata* on Japanese pepper, *Alt. alternata*, *Fusarium* sp., and *Pen.* sp. on malabar spinach, *Pen.* spp. on spinach, *Alt. alternata*, *Cladosporium* sp., *Pen. italicum*, and *Pen. digitatum* on maize, and *Alt.* sp. and *Fus.* sp. on globe artichoke.

Fruit and leaf vegetables often had *Pen.* spp. (12 isolates), *Fus.* spp. (12 isolates) and *Alt.* spp. (11 isolates), but *Mon.* spp., *Rhizopus* spp. and *Asp.* spp. were recognized on fruits only, and *Cladosp.* spp. and *Geot.* spp. were found on both fruit and root vegetables. Some isolates of the former 3 genera have not yet been identified to the level of species. These fungi are important organisms in the study of post-harvest diseases, because the most likely produce mycotoxin that cause serious problems in animal and human health.

I. はじめに

人口増加の予想される21世紀に向けて食料の恒常的生産と保健・衛生的見地からの安全性⁵⁾がクローズアップされてきた。現在、食料の生産について生物工学・遺伝子工学・生物制御システム工学などの分野から、量産・良質型作物と病虫害抵抗性作物の作出ならびに薬物による作物保護技術が進み、かなりの成果が挙げられている。一般に、圃場における作

物の被害調査はFAO、農林水産省などの統計によって行われ、多い場合で20~30%に達するといわれている²²⁾。しかし、収穫作物が消費者の手に入るまでの選別、輸送、貯蔵、包装、加工、市場などでみられるいわゆるポストハーベストの被害は明らかでなく、調査が困難のためそれら過程における基礎的研究は圃場作物の場合に比べて少ない。FAOの報告によれば、市場病害による被害は圃場における被害の

^{*1} 近畿大学農学部食品栄養学科食品微生物研究室 (Lab. of Food Microbiology, Dept. of Food and Nutrition, Fac. of Agr., Kinki Univ., Nara 631, Japan)

^{*2} 京都大学農学部農薬研究施設 (Pesticide Res. Inst., Fac. of Agr., Kyoto Univ., Kyoto 606, Japan)

2倍に達するといわれている²²⁾。例えば、タマネギの *Botrytis allii* による被害は、圃場における1次感染によるものが7%であるのに対し、冷蔵中に12,000 tのうち8,000 tが2次的に被害を受けた場合もある¹⁴⁾。また、温州ミカンでは *Penicillium italicum* (青かび病)、*Pen. digitatum* (緑かび病)、*Diaporthe citri* (軸腐病) による被害が一般的であるが、それらは9月頃圃場内に飛散する胞子で1次感染し、貯蔵中に被害が増大して50~64% (4~5月調査)^{8,29)} に達する。逸見⁶⁾、赤井・河野^{1,2)}、赤井・久能³⁾らが京都市中央市場で23~56種の青果物腐敗について調査した結果によれば、検出頻度の高い (30~50%以上) 糸状菌として、柑橘類では黒点病 (*Diap. citri*)、炭疽病 (*Colletotrichum gloeosporioides*)、青かび病、緑かび病、ブドウでは晩腐病 (*Glomerella cingulata*)、バナナでは炭疽病 (*Gloeosporium musarum*)、タマネギでは乾腐病 (*Fusarium cepae*)、ワサビでは墨入病 (*Phoma* sp.)、ホーレンソウではべと病 (*Pero-nospora spinaciae*)、ネギでは黒斑病 (*Alternaria porii*)、マメ類では炭疽病 (*Coll. lindemuthianum*)、アルタナリア病 (*Alt. poli*)、ニンジンでは黒斑病 (*Alt. radicina*) が挙げられ、さらに真山ら¹⁵⁾が果菜、根菜、葉菜類における徳島市の市場病害発生頻度 (30~87%以上) を調べたところ、果菜類では *Alt. alternata*、*Bot. cinerea*、*Fus. oxysporum*、*Phytophthora* sp.、*Rhizopus stolonifer*、*Pen. sp.*、*Cladosporium* sp.、根菜類では *Pen. sp.*、*Aspergillus niger*、*Fus. oxysporum*、*Sclerotium sclerotiorum*、*Alt. alternata*、葉菜類では *Alt. alternata*、*Fus. solani*、*Fus. oxysporum* の順に高い頻度となっている。一方、輸入青果物について永田¹⁸⁾らが東京都中央市場 (神田) で調べたところ、バナナでは *Coll. musae*、*Botryodiplodia theobromae*、柑橘類では *Diap. citri*、*Pen. italicum*、*Coll. gloeosporioides*、*Alt. alternata*、*Geotrichum candidum*、*Botryod. theobromae*、パイナップルでは *Ceratocystis paradoxa*、キウイでは *Bot. cinerea*、パパイヤでは *Coll. gloeosporioides*、*Botryod. theobromae*、*Stemphylium* sp.、マンゴーでは *Coll. gloeosporioides*、*Botryod. theobromae*、アボガドでは *Coll. gloeosporioides* が主要病原菌として報告されており、輸入果実の多い今日検疫においても注意を要する。

一方、これらの糸状菌にはマイコトキシン (かび毒) を生産するものがあり、上述の *Asp. spp.*、*Alt. spp.*、*Cladosp. herbarum*、*Fus. spp.*、*Pen. spp.*、*Geotr. candidum*、*Rhiz. stolonifer* においては約130

種のかび毒が生産されている^{7,19,21,28)}。最近、*Fus. moniliforme* による貯蔵トウモロコシで新規かび毒、fumonisin FB₁ および FB₂ (発がんのプロモーター) が発見され、南アフリカ地方では食道がんの多発との関係が論じられている。このような穀類、豆類および食品の腐敗 (貯蔵時を含む) とその防除・食品衛生については宇田川ら²⁷⁾の成書に詳しく、田中²⁵⁾の市場病害ガイドブックには病原菌、病徴、伝染経路、防除法が記されている。また、Snowdon²³⁾は果実類のポストハーベスト病害と腐敗のほか、食品の栄養価値、生理的变化 (呼吸、発酵)、温度処理 (低温、冷凍) による劣化についても詳述している。さらに、Stinson²⁴⁾らは柑橘類、ナス科、リンゴ、ブルーベリー上に生育する低温性でしかも多犯性の *Alt. spp.* の96株中33%の株が発がん性かび毒を生産すると述べている。このようなかび毒は微量で毒性を示すので分析が甚だ困難であるが、上述の fumonisin FB₁、B₂ および B₃ についてはモノクローナル抗体による新しい分析法が考案されている⁴⁾。

本研究では以上に述べた観点から、最近の物流経路下にある京阪神地区の市場病害の傾向を調査し、多発性病原菌によるかび毒生産の有無を検討するため研究を始めた。

II. 実験材料と方法

1) 青果物腐敗試料の採集

1990年5月から11月にかけて、京都市中央卸売市場および京阪神地区の小卸売店における国内産と外国産の青果物を対象とし、選別後廃棄された腐敗青果物を週1回、計27回採集した。

2) 腐敗糸状菌の分離法

青果物の病斑部から病原菌を分離する方法として、プロットター法と表面殺菌後培地で培養する方法を用いた。前者の場合滅菌シャーレにろ紙を置き滅菌水を加えて湿室とし、カミソリ刃で切断した病斑部を置床、室温に保ち発育した糸状菌を顕微鏡で観察し、菌体を PDA 培地に植菌、斜面培養後保存した。後者の場合には試料の表面に付着する菌をアンチホルミン (塩素として1%) で消毒し、表面を滅菌水で3回洗浄した後、PDA 培地に植菌、保存した。この方法は組織中の菌体を分離するために行った。また、病斑部に菌糸、胞子または菌核が認められる場合には、実体顕微鏡で観察しながら白金耳で釣菌し、PDA 培地に斜面培養した。

3) 分離菌の同定

分離菌のプレパラートをラクトフェノール液（フェノール：乳酸：グリセリン：脱イオン水＝1：1：2：1，V/V）で固定し，胞子の形状，大きさを観察し，A colour atlas of post-harvest diseases and disorder of fruits and vegetables²³⁾および Introduction to food-borne fungi²¹⁾を参考にして同定した。

III. 実験結果と考察

腐敗青果物から分離・同定した糸状菌の属名または種名を表1に示し，従来報告されているものについて調べた文献番号を付記した。なお，文献番号を付記していない試料の病徴または標徴を図版1に示した。

本実験で供試した腐敗青果物から分離・同定された病原菌のほとんどは柑橘類，核果類，仁果類，漿果類，根菜類，果菜類において既に記載されている。しかし，コウメの *Geotr.* sp., プラムの *Pestalotia* sp., リンゴの *Asp. niger*, カリンの *Monilia fructigena*, ブドウの *Trichothecium roseum*, ニンジンの *Geotr. candidum*, ナガイモの *Pen.* sp., サンショウ(実)の *Alt. alternata*, ツルムラサキの *Alt.* sp., *Pen. italicum*, *Pen. digitatum*, アーチチョークの *Alt.* sp., *Fus.* sp.などは記載されていない。また，分離菌株63株中もっとも多く検出された *Pen.* spp. (12株), *Fus.* spp. (12株) および *Alt.* spp. (11株) は果実，果菜，葉菜類のいずれをも侵すが³⁾, *Monilia* spp. (3株), *Rhizopus* spp. (3株) および *Asp.* spp.

Table 1. Fungal genera and species isolated from diseased fruits and vegetables collected from markets in Kyoto, Osaka and Kobe

Surveyed fruits and vegetables and harvested region	Genus or species isolated	Number of described literature
Citrus fruits*	<i>Penicillium italicum</i>	2, 3, 6, 13, 16, 18, 23, 25
	<i>Penicillium digitatum</i>	2, 3, 6, 13, 16, 18, 23, 25
	<i>Geotrichum candidum</i>	13, 18, 23, 25
	<i>Alternaria alternata</i>	6, 12, 13, 18, 23, 25
	<i>Rhizopus stolonifer</i>	6, 23
	<i>Cladosporium</i> sp.	6
Japanese apricot (Wakayama)	<i>Monilia</i> sp.	23
	<i>Geotrichum</i> sp.	
Japanese medler (Nagasaki)	<i>Alternaria</i> sp.	6
	<i>Pestalotia</i> sp.	6, 11
	<i>Phomopsis citri</i>	6
	<i>Colletotrichum</i> sp.	6, 17
Plum (Nara)	<i>Monilia fructicola</i>	12, 23
	<i>Pestalotia</i> sp.	
Peach (Okayama)	<i>Monilia fructicola</i>	18, 23, 25
	<i>Rhizopus stolonifer</i>	6, 23
	<i>Cladosporium</i> sp.	2, 3, 23
Cherry	<i>Cladosporium</i> sp.	2, 23
	<i>Alternaria</i> sp.	18, 23
Apple (Aomori)	<i>Penicillium</i> spp.	6, 23, 25, 26
	<i>Aspergillus niger</i>	
	<i>Trichoderma</i> sp.	23
Chinese quince	<i>Monilia fructigena</i>	
Grape (Okayama)	<i>Aspergillus niger</i>	23

次頁へ続く

(続)

	<i>Botrytis cinerea</i>	6, 18, 23
	<i>Penicillium</i> spp.	12, 23
	<i>Trichothecium roseum</i>	
Banana (Taiwan)	<i>Fusarium</i> sp.	3, 23
Melon (Miyazaki)	<i>Cladosporium</i> sp.	23
	<i>Penicillium italicum</i>	23
	<i>Penicillium digitatum</i>	23
	<i>Fusarium</i> sp.	6, 18, 23, 25
	<i>Trichothecium roseum</i>	18
Eddoe	<i>Fusarium</i> sp.	6, 15, 25
	<i>Geotrichum candidum</i>	15
Carrot	<i>Fusarium solani</i>	3, 25
	<i>Geotrichum candidum</i>	
	<i>Penicillium italicum</i>	15
Chinese yam	<i>Penicillium</i> sp.	**
Red turnip	<i>Alternaria alternata</i>	3
Potato	<i>Fusarium</i> sp.	2, 3, 6, 12, 15
Sweet potato	<i>Fusarium</i> sp.	3, 6
Japanese pepper (fruit)	<i>Alternaria alternata</i>	
Malabar spinach	<i>Alternaria alternata</i>	
	<i>Fusarium</i> sp.	
	<i>Penicillium</i> sp.	
Spinach	<i>Penicillium</i> spp.	
Maize	<i>Alternaria alternata</i>	
	<i>Cladosporium</i> sp.	
	<i>Fusarium oxysporum</i>	27
	<i>Penicillium italicum</i>	
	<i>Penicillium digitatum</i>	
Okura (Kagoshima and Kochi)	<i>Alternaria alternata</i>	15
	<i>Fusarium</i> sp.	15
Globe artichoke	<i>Alternaria</i> sp.	
	<i>Fusarium</i> sp.	
Tomato	<i>Geotrichum candidum</i>	15
	<i>Cladosporium</i> sp.	6, 15
	<i>Alternaria alternata</i>	3, 6, 15
	<i>Fusarium</i> sp.	6, 15
Pumpkin	<i>Rhizopus</i> sp.	2, 10, 12, 18
Bitter gourd	<i>Alternaria alternata</i>	
	<i>Fusarium</i> sp.	

* Surveyed of orange (U.S.A), grapefruit (U.S.A), lemon (U.S.A), mandarin orange (Wakayama), Natsu daidai (*Citrus natsudaikai*, Hyogo) and Yuzu.

** 脱稿後 *Pen. sclerotigenum* と同定した。それは日本有用植物病名目録 (II), p. 131に記載されている (1980)。

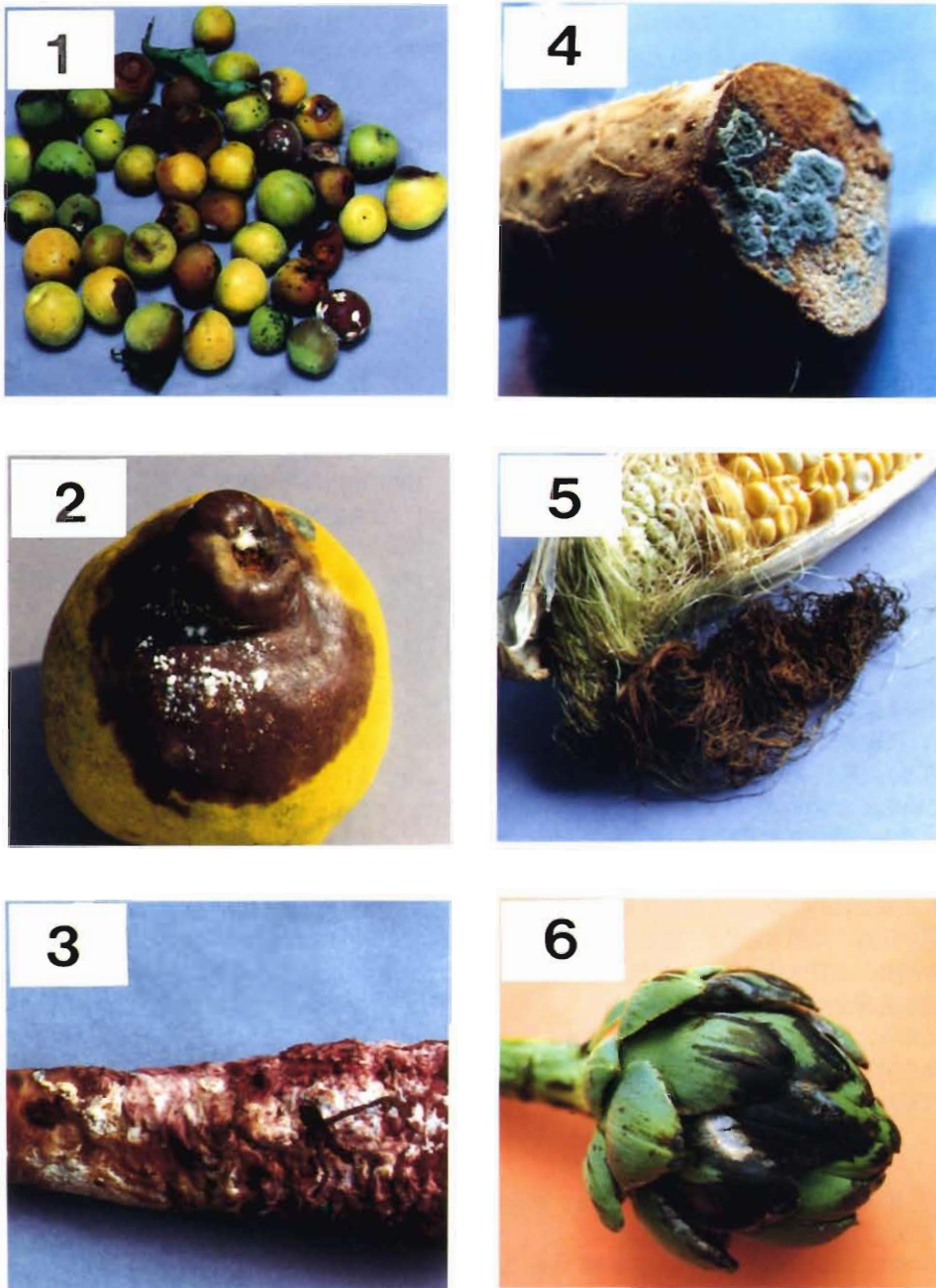


Plate 1. The signs and symptoms on diseased fruits and vegetables of which causal fungus species names have not been determined except 2 and 3

- 1: *Geotrichum* sp. on Japanese apricot
- 2: *Monilia fructigena* on Chinese quince
- 3: *Fusarium solani* and *Geotrichum candidum* on carrot
- 4: *Penicillium sclerotigenum* on Chinese yam
- 5: *Cladosporium* sp. on the silk of maize
- 6: *Alternaria* sp. and *Fusarium* sp. on globe artichoke

(2株)は果実で検出された。この他比較的多く検出されたものに *Cladosp.* spp. (6株) と *Geotr.* spp. (5株) があるが、それらは果実、根菜に認められる。今回、分離頻度の高かった *Penicillium* 属、*Fusarium* 属および *Alteranria* 属のすべてについて種名を同定するには至らなかったが、現在種名を決定するため検討中である。なお、それらの属の中にはトウモロコシを初めいくつかの青果物にかび毒を生産するものが多いのでそれについても追究中である。

最後に、このような市場病害の防除法については植物病理学的見地から既に述べられているが、実際の場面では活かされないまま看過されていることが多いようである。今回の調査によっても明らかなように市場病害の発生は1) 収穫前の field fungi (圃場菌) による1次感染、2) 収穫後の各過程における土、水、空気中の病原菌 (貯蔵庫菌を含む) との接触、処理による負傷のほか3) 潜伏中の field fungi の2次感染によることなどが考えられる。したがって、防除のためには病原菌の生態、生活様式、増殖条件を知るとともに収穫後の処理方法、環境条件について考慮する必要がある。また、予防法として、衛生管理 (場所と機器類)、診断と検査 (抗体法、センサー利用)、収穫適期と品質・保存管理、負傷処置 (治癒剤の開発)、果菜類のようないわゆる perishable crops の輸送法の改良などが考えられる。

さらに今後の研究課題として、市場病害の発生状況と被害度の長期的調査、診断、検査体制の確立、食品として安全性の評価 (とくにかび毒)、圃場菌と貯蔵庫菌の遷移、生態と耐熱性 (熱と薬剤)、新しい保護剤の開発、品質保持に関する生理、生化学的研究、栄養学的評価などが挙げられる。

終りに臨み、供試試料の採取に便宜を與えられた京都市衛生研究所眞方敏行主査および同衛生公害研究所松村郁治主幹に対し厚くお礼申し上げる。

引用文献

- 1) 赤井重恭・河野又四: 植物防疫 6, 403~7 (1952)
- 2) 赤井重恭・河野又四: 関西病虫害研報 19, 52~60 (1977)
- 3) 赤井重恭・久能均: 同上誌 10, 64~7 (1968)
- 4) Azcona-Olivera, J.L., Abouzied, M.M., Plattner, R.D. and Pestka, J.J.: J. Agr. Food Chem. 40, 531~4 (1992)
- 5) Gaman, P.M. and Sherrington: The science of food, pp. 269, Pergamon Pr., Oxford (1990)
- 6) 逸見武雄: 農及園 10, 297~317 (1935)
- 7) Hesseltine, C.W.: Mycopathol. Mycol. appl. 53, 141~53 (1974)
- 8) 池屋重吉: 病虫害雑 23, 856~9 (1936)
- 9) 桂崎一: 植物防疫 8, 391~5 (1954)
- 10) 木曾皓・野村良郎・渡嘉敷唯助: 九州農業研 42, 57~8 (1980)
- 11) 小西全太郎: 植物病害研 3, 137~46 (1937)
- 12) 河野又四: 防菌防黴 4, 364~71 (1976)
- 13) 倉本孟・山田峻一: 果試報 B 2, 87~95 (1975)
- 14) 松尾綾男: 兵庫農総センター特報, pp. 98 (1978)
- 15) 真山眞理: 四国女子大紀 6, 39~44 (1987)
- 16) 宮川経邦: 徳島試特報 1, pp. 68 (1962)
- 17) 森本徳右衛門: 高知大学報 9 (自然科学II), 25~30 (1960)
- 18) 永田英明・山下修一・土居養二: 植物防疫 38, 415~20 (1984)
- 19) Nelson, P.E., Plattner, R.D., Shackelford, D. D. and Dejardins, A.E.: Appld. Environ. Microbiol. 57, 2410~2; Ibid. 58, 984~9 (1992)
- 20) Rheeder, J.P., Marasas, F.O., Thiel, P.G., Sydenham, E.W. and van Schalkwyk, D.J.: Phytopathology 82, 353~7 (1992)
- 21) Samson, R.A. and van Reener, E.S.: Introduction to food-borne fungi, p. 239~47, Cent. voor shimme cult., Netherland (1988)
- 22) 獅山慈孝: 報農会シンポジウム (第6回) 一植物保護ハイビジョン, p. 18~33 (1991)
- 23) Snowdon, A.L.: A Colour atlas of post-harvest diseases and disorders of fruits and vegetables, pp. 302, Wolfe Sci. Ltd., Barcelona, Spain (1990)
- 24) Stinson, E.E., Bills, D.D., Osman, S.F., Ceponis, M.J. and Heisler, E.G.: J. Agr. Food Chem. 28, 960~3 (1980)
- 25) 田中寛康: 市場病害ガイドブック, pp. 226, 日植防協会, 東京 (1991)
- 26) 照井陸奥生: 弘大農報 5, 58~62 (1959)
- 27) 宇田川俊一・鶴田理: かびと食物, pp. 382, 医歯薬出版, 東京 (1975)
- 28) Wogan, G.N. and Busby, W.F., Jr.: Toxic constituents of Plant food stuffs, 2nd edtn., p. 329~49, Acad. Pr., N.Y (1980)
- 29) 山田峻一: 農業時代 88, 17~23 (1968)