식물병연구
Res. Plant Dis. 12(3) : 290-293 (2006)

Research in Plant Disease
©The Korean Society of Plant Pathology

*Penicillium expansum*에 의한 감 푸른곰팡이병 발생

권진혁* · 정선기 · 홍승범[1] · 채윤석[2] · 박창석[3]
경상남도농업기술원, [1]농업생명공학연구원 한국농업미생물자원센터,
[2]진주산업대학교 원예학과, [3]경상대학교 농업생명과학대학

Occurrence of Blue Mold on Sweet Persimmon (*Diospyros kaki*) Caused by *Penicillium expansum*

Jin-Hyeuk Kwon*, Seon-Gi Jeong, Seung-Beom Hong[1], Yun-Seok Chae[2] and Chang-Seuk Park[3]
Gyeongsangnam-do Agricultural Research and Extension Services, Jinju 660-360, Korea
[1]Korean Agricultural Culture Collection, Genetic Resources Division,
National Institute of Agricultural Biotechnology, Suwon 441-707, Korea
[2]Department of Horticultural Science, Jinju National University, Jinju 660-758, Korea
[3]College of Agriculture and Life Sciences, Gyeongsang National University, Jinju 660-701, Korea
(Received on September 28, 2006)

A fruit rot of sweet persimmon (*Diospyros kaki* cv. 'Fuyu') that infected with blue mold was found during the storage and transport in Jinju Gyeongnam Province, Korea. Fruit surfaces that infected with the fungus were formed water soaked lesion at first then gradually colonized with the fungus and formed mycelial mats. From the point of infection, fruits become sunken and mostly ruptured. The pathogenic fungus was isolated from infected fruits and cultured on potato dextrose agar. The colonies of the pathogenic fungi were white at frist then became greyish green on malt extract agar. Conidia were ellipsoidal and 2.6~3.8 × 2.4~3.8 μm in size. Phialides were ampulliform, verticilate of 3-7, 8.0~9.2 × 2.0~3.0 μm in size. Metulae were verticils of 2-4, smooth, 9.0~12.6 × 3.0~4.6 μm in size. Ramuli were groups 1-3, smooth, 11.0~17.6 × 2.3~3.0 μm in size. Rami were groups 1-2, 7.5~32.6 × 2.6~4.2 μm in size. Stipes were septate, smooth, thin walled, 56~302 × 2.8~4.0 μm in size. Penicilli were mostly quaterverticillate. Based on the cultural and mycological characteristics as well as pathogenicity test on host plants, the fungus was identified as *Penicillium expansum*. This is the first report on the blue mold of sweet persimmon (*Diospyros kaki*) caused by *P. expansum* in Korea.

Keywords **: Blue mold, *Diospyros kaki*, *Penicillium expansum*, Sweet persimmon**

남부지방 단감재배 지역에서 수확 후 저장중에 발생하는 병해의 종류에 대한 병원균의 생리·생태에 관한 연구가 아직 미흡한 단계이지만, 최근 우리나라에서 저장 중인 단감 과실에 발생하는 병의 종류를 2년간 조사한 결과 *Alternaria* sp., *Botrytis* sp., *Cladosporium* sp., *Colletotrichum* sp., *Mucor* sp., *Penicillium* spp., *Pestalotia* sp., *Phomopsis* sp. 등 8종이 조사되었다(권 등, 2002). 단감 저장 중에 발생하는 병해 8종 중에서 *Botrytis cinerea*에 의한 감나무 잿빛곰팡이(권 등, 1999), *Penicillium crustosum*에 의한 감 푸른곰팡이병(권과 박, 2003), *Cladosporium cladosporioides*에 의한 감 그을음병(Kwon과 Park, 2003), *Alternaria alternata*에 의한 단감 검은점무늬병(권 등, 2004), *Mucor piriformis*에 의한 감 무름병(Kwon 등, 2004b), *Pestalotia diospyri*에 의한 잎마름병(권 등, 2004) 등 6종을 분류·동정하여 보고하였다. *P. crustosum*에 의한 감 푸른곰팡이병 1종이 이미 기록되어 있지만(권과 박, 2003), 2002년과 2003년 3월경 진주시 금산면 농가 저장고 저장중인 단감(품종 : 부유)에 또 다른 푸른곰팡이병이 발생이 확인되어 이병과실을 채집하여 병원균을 순수분리 후 농촌진흥청 농업생명공학연구원 한국농업미생물자원센터에 동정을 의뢰한 결과 *P.*

*Corresponding author
Phone) +82-55-771-6423, Fax) +82-55-771-6419
E-mail) Kwon825@mail.knrda.go.kr

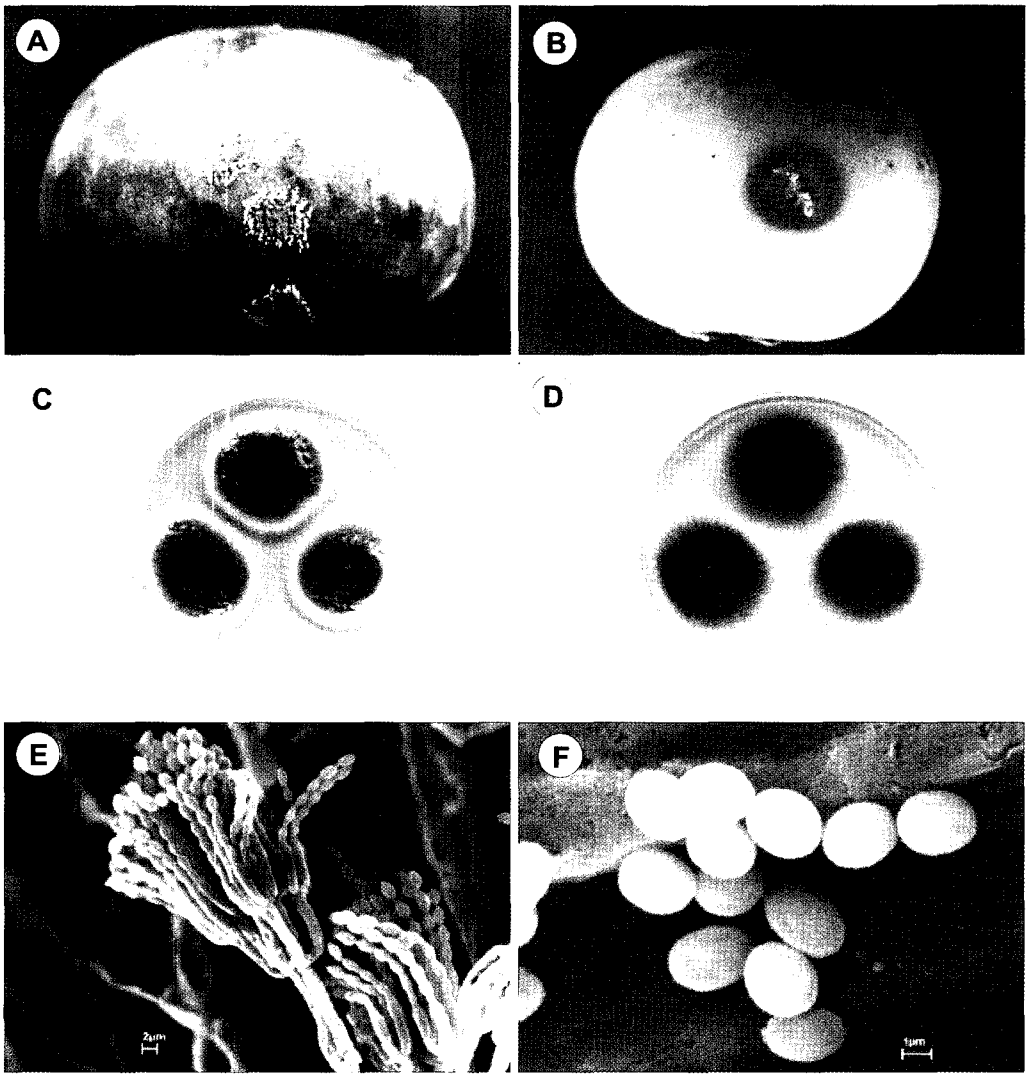

Fig. 1. Comparison of symptoms and morphological characteristics of blue mold *Penicillium expansum* occurred on the fruit surface of sweet persimmon. Symptoms of natural infection (**A**), Symptoms after artificial inoculation (**B**), Colonies of the pathogenic fungus on CYA (**C**) and MEA (**D**) at 25°C after 7 days inoculation, Scanning electron microscopy of conidiophore (**E**) and conidia (**F**) of the fungus.

*expansum*에 의한 감 푸른곰팡이병으로 확인하였다. 이 병원균에 대해서 아직까지 발생보고는 없다(한국식물병리학회, 2004). Farr(1995) 등은 감 저장 병해로 *Penicillium expansum, Penicillium* spp.에 의한 푸른곰팡이병 발생을 기술하였다. 본 연구에서는 *P. expansum*에 의한 감 푸른곰팡이병의 병 증상을 관찰하고 병원균의 균학적 특징과 병원성을 검정한 결과를 보고한다.

병징. 저장 및 유통 중인 과실의 상처부위에 발생한다. 병 발생 초기에 과실이 약간 함몰되고 병반부위가 조금씩 수침상으로 물러지면서 갈색으로 부패되고 병징이 진행됨에 따라 감염된 부위에 푸른곰팡이가 많이 형성되는 것이 특징이다(Fig. 1A). 이병과실의 병반부위를 절단해 보면 표피근처에 푸른곰팡이가 많이 형성되고 과육내부는 연화가 되어 상품성이 없어진다.

발병환경. 진주지역의 저온 저장고에 있는 감을 시장에 출하 하기 위해 선별 작업할 때 이병과실에서 채집하였다. 병 발생은 해마다 2월 중순부터 서서히 발생하기 시작하여 저장력이 조금씩 떨어지는 3월 중순 이후에 발생이 잘된다. 이들 병원균은 저장 및 유통 중에 과실에 발생하는데 수확 중에 부주의한 상처나 저장을 위해 선별장에서 상처받은 부위에서 병 발생이 많은 것으로 보아 대부분 과실의 상처를 통해 감염되는 것으로 나타났다(Agrios, 2005). 감 저장 중에는 온도가 낮기 때문에 병원균의 활동이 떨어지지만 장기간 저장할 때는 감의 저

Table 1. Comparison of morphological characteristics of persimmon blue mold fungus with previous descriptions of *Penicillium expansum* after 7 days incubation on malt extract agar

Characteristics	Present isolate	*P. expansum*[a]
Colony		
color	greyish green	greyish green
Conidia		
shape	ellipsoidal	ellipsoidal
size	2.6~4.0 × 2.2~3.0 μm	2.8~3.9 × 2.4~3.2 μm
wall	smooth, thin walled, borne in open, irregular columns	smooth, thin walled, borne in open, irregular columns
Conidiophores		
phialides	ampulliform, verticils of 3-7, smooth, 8.0~9.2 × 2.0~3.0 μm	ampulliform to cylindroidal verticils of 3-7, smooth, 7.9~9.4 × 2.0~3.2 μm
metulae	verticils of 2-4, smooth, 9.0~12.6 × 3.0~4.6 μm	verticils of 2-4, smooth, 9.4~12.8 × 3.2~4.8 μm
ramuli	smooth, groups of 1-3, 11.0~17.6 × 2.3~3.0 μm	smooth, groups of 1-3, 11.1~18.3 × 2.4~3.2 μm
rami	smooth, groups of 1-2, 15.6~34.0 × 2.6~4.0 μm	smooth, groups of 1-2, 16.7~35.0 × 2.8~4.0 μm
stipes	septate, smooth, thin walled, 56~302 × 2.8~4.0 μm	septate, smooth, thin walled, 58~306 × 3.0~4.0 μm
penicilli	mostly quaterverticillate	mostly quaterverticillate

[a]Described by Tzean *et al.* (1994).

장력이 떨어지고 병원균 감염에 의해 서서히 작은 병반이 형성되고 시장 유통시 저장고보다 온도가 높은 환경 때문에 발병이 조금씩 증가하는 것으로 생각된다.

균학적 특성. 병원균을 분리하기 위하여 과실의 병반에 형성된 곰팡이로부터 단포자를 30개를 분리하여 감자한천배지(PDA) 위에 옮겨 20 항온기에 5일간 배양하였다. 순수분리 후 배양된 균총 끝부분을 1×1 mm 크기로 떼어내어 Malt Extract Agar(MEA)와 Czapek Yeast Extract Agar(CYA)에 7일간 배양한 병원균을 가지고 균학적 특징을 조사하였다. 주사전자현미경(SEM, Scanning Electron Microscope)을 이용하여 병원균 관찰을 위해 병반부를 5 ×5 mm 크기로 잘라내어 Karnovsky 용액에 4에서 12시간 동안 전고정시킨 후 0.05M cacodylate buffer(pH 7.2)로 10분간 3회 세척하였다. 1% osmium tetroxide 용액에 4에서 2시간 고정한 후, 다시 buffer로 3회 세척하였다. 이를 50, 75, 90, 95, 100% ethanol 용액에 각각 20분 처리하여 탈수 후 isoamylacetate 100%로 실온에서 1시간동안 1회 치환하였다. Critical point dryer(E3100)로 1시간 동안 건조시킨 다음 sputter coater(Polaron)으로 gold/palladium coating 후 주사전자현미경(LEO 1420VP)으로 20 KV에서 분생포자와 분생포자경을 관찰하였다.

균사생육 적온은 MEA 및 CYA 배지 모두 25°C 항온기에서 가장 잘 자랐다. 균총의 색깔은 MEA와 CYA 배지 상에서 7일간 배양한 결과 뚜렷한 차이가 나타났다(Fig. 1C,D). CYA 배지의 균사는 처음 흰색에서 배양기간이 경과됨에 따라 푸른색을 띠었고 균사 끝부분은 흰색을 나타내며 푸른색의 분생포자가 많이 형성하였으며, MEA 배지의 균사는 처음 흰색에서 푸른색을 띠었고, 분생포자가 아주 잘 형성하였다. 분생포자의 모양은 타원형이며 푸른색으로, 크기가 2.6~4.0×2.2~3.8 μm이었다. 분생포자경은 기중균사나 균사표면으로부터 대부분 형성되고, Phialide는 3-7개의 윤생체가 있으며 단지모양으로 매끈하며 크기는 8.0~9.2×2.0~3.0 μm이며, Matulae는 2-4개의 윤생체가 있으며 거칠고 크기는 9.0~12.6×3.0~4.6 μm이다. Ramuli의 크기는 11.0~17.6×2.3~3.0 μm이며, Rami는 1-2개의 그룹으로 되어 있으며 크기가 7.5~32.6×2.6~4.2 μm이었다. Stipes에 격막이 있고 명확하게 매끄럽고 가는 벽을 가졌고 크기는 56~302×2.8~4.0 μm이었다(Fig. 1E, F, Table 1). 지금까지 조사한 병원균은 宇田 등(1978), Tzean 등(1994)이 보고한 *P. expansum*의 균학적 특징과 일치하였다. 따라서 단감에서 분리한 이 병원균을 *P. expansum*에 의한 감 푸른곰팡이병으로 명명할 것을 제안한다.

병원성 검정. 과실에 대한 병원성을 확인하기 위하여 건전한 과실(품종: 부유) 9개를 채집하여 1% 차아염소산나트륨 용액(NaOCl)으로 표면소독을 한 다음 칼로 상처를 낸 후 사각 플라스틱(29×22×15 cm) 용기 안에 단감을 처리 당 3개씩 3반복으로 3회 실시하였다. PDA 배지 상에 순수분리 배양한 병원균에서 형성된 분생포자를 4 ×10^5 conidia/ m*l* 농도로 포자현탁액 100 m*l* 만들어 상처난 부위에 붓으로 병원균을 한 방울 놓고서 인공 접종하였다. 25°C 항온기에 24시간 넣은 후 꺼내어 상온에 두고서 조사한 결과, 상처에 접종한 지 5일 후에 단감 과실 표면이 수침상으로 물러지고 연한 갈색으로 변하면서 표면에 푸른곰팡이가 형성되었다(Fig. 1B). 이병부위는 시간이 경과함에 따라 수침상으로 물러지면서 서서히 부패하기 시작하였으며 푸른곰팡이가 많이 형성하였다. 접종후 발병된 병반부에서 다시 병원균을 분리하였을 때 동일한 병원균이 분리되었다.

Penicillium spp.는 저장병중 가장 흔하고 피해도 심하며 대부분의 과실과 채소에 상처를 통하여 침입하여 발생한다. 운송, 저장 및 유통 중에 일어나는 부패의 90% 이상 관여한다(Agrios, 2004). 小林 등(1992)에 의하면 *Penicillium* spp.는 토양 속, 공기 중, 각종 유기물 속에 여

러 종이 존재하며 과실이나 구근류를 부패시킨다고 보고하였다. *P. expansum*은 가장 일반적인 푸른곰팡이 중의 하나이며 전 세계적으로 널리 분포하고 과실에 무름병을 일으킨다고 보고하였다(Domsch, 1980). 단감에서 분리한 *P. expansum*은 농촌진흥청 농업생명공학연구원 한국농업미생물자원센터(KACC No. 41007)에 균주등록 되어 있다.

요 약

저장 및 유통중인 단감 과실에서 *Penicillium expansum*에 의한 푸른곰팡이병이 발생하였다. 병징은 과실 표면이 약간 함몰되면서 부패되고 그 위에 푸른곰팡이가 발생하는 것이 특징이다. 균총의 색깔은 MEA 배지에서 처음 흰색에서 푸른색을 띄며 분생포자를 많이 형성하였다. 분생포자의 모양은 타원형이며 푸른색으로, 크기가 2.6~4.0 ×2.2~3.8 μm이었다. 분생포자경은 기중균사나 균사표면으로부터 대부분 형성되고, Phialide는 3-7개의 윤생체가 있으며 단지모양으로 매끈하며 크기는 8.0~9.2×2.0~3.0 μm이며, Matulae는 2-4개의 윤생체가 있으며 거칠고 크기는 9.0~12.6×3.0~4.6 μm이다. Ramuli의 크기는 11.0~17.6×2.3~3.0 μm이고, Rami는 1-2개의 그룹으로 되어 있으며 크기가 7.5~32.6×2.6~4.2 μm이었다. Stipes에 격막이 있고 매끄러우며 가는 벽을 가졌고 크기는 56~302×2.8~4.0 μm이었다. 균사생육 적온은 25°C였다. 병원성 검정결과 동일한 병원성을 나타내었다.

이상 조사한 결과로 보아, 이 병을 *Penicillium expansum*에 의한 감 푸른곰팡이병으로 명명할 것을 제안한다.

참고문헌

Agrios, G. N. 2005. Plant Pathology. 5th ed. Academic Press. 922 pp.

Domsch, K. H., Gams, W. and Anderson, T. H. 1980. Compendium of Soil Fungi. Vol. 1. Academic Press. 859 pp.

Farr, D. F., Bills, G. F., Chamuris, G. P. and Rossman, A. Y. 1995. Fungi on plants and plant products in the United States. APS Press. 1252 pp.

小林亨夫, 勝本謙, 我孫子和雄, 阿部恭久, 島眞. 1992. 植物病原菌類圖說. 全 國農村教育協會. 534 pp.

한국식물병리학회. 2004. 한국식물병명목록. 779 pp.

권진혁, 강수웅, 박창석. 1999. *Botrytis cinerea*에 의한 감나무 잿빛곰팡이병. 식물병과 농업 5: 55-57.

권진혁, 서광기, 안광환, 강수웅, 김정수, 김희규, 박창석. 2002. 감 과실 발생 병해 연구. 경남시험연구보고서. 482 pp.

Kwon, J. H. and Park, C. S. 2003. Sooty Mold of Persimmon (*Diospyros kaki*) Caused by *Cladosporium cladosporioides*. *Plant Pathol. J.* 19: 266-268.

권진혁, 박창석. 2003. *Penicillium crustosum*에 의한 감 푸른곰팡이병 발생. 식물병연구 9: 217-220.

권진혁, 안광환, 박창석. 2004. *Alternaria alternata*에 의한 단감 검은점무늬 병 발생. 식물병연구 9: 183-187.

Kwon, J. H., Ahn, G. H. and Park, C. S. 2004b. Fruit Soft Rot of Sweet Persimmon Caused by *Mucor piriformis* in Korea. *Mycobiology* 32: 98-101.

권진혁, 안광환, 박창석. 2004. *Pestalotia diospyri*에 의한 생육중의 단감 잎 마름병과 저장중 과일 부패병. 한국균학회 32: 130-133.

Tzean, S. S., Chiu, S. C., Chen, T. L., Hseu, S. H., Lin, G. H., Liou, G. Y., Chen, C. C. and Hsu, W. H. 1994. *Penicillium* and related teleomorphs from Taiwan. Food Industry Research and Development Institute, Hsinchu, Taiwan 30099, R. O. C. 158 pp.

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, 横山龍夫, 渡昌平. 1980. 菌類圖鑑(下). 講談社. 1321 pp.