

Rhizopus stolonifer에 의한 사과 무름병 발생권진혁* · 지형진¹경상남도농업기술원, ¹농촌진흥청 농업과학기술원 친환경농업과**Occurrence of Rhizopus Soft Rot on Apple Fruit Caused by Rhizopus stolonifer in Korea**Jin-Hyeuk Kwon* and Hyeong-Jin Jee¹

Gyeongsangnam-do Agricultural Research and Extension Services, Jinju 660-360, Korea

¹Organic Farming Technology Division, National Institute of Agricultural Science and Technology, RDA, Suwon 441-707, Korea

(Received on March 3, 2008)

A rhizopus soft rot caused by *Rhizopus stolonifer* occurred sporadically on apple fruits (*Malus pumila* var. *dulcissima* Koidz.) at a wholesale market of agricultural products in Jinju, Korea in 2006 and 2007. Infected fruits were rapidly water-soaked, softened and rotted. The symptoms were initiated mainly from wounds or cracks occurred at harvest time. Sporangioophores were 950~1,900 μm in length and 12~22 μm in width. Sporangia were globose or hemispheric and 82~185 μm in size. The color of sporangia was white and cottony at first and gradually turned to brownish black, bearing abundant spores when matured. Columella were hemispheric and 70~85 μm in size. Sporangiospores were irregular round or oval, brownish-black streaked and 8~18 \times 7~8 μm in size. Optimum temperature for mycelial growth of the fungus on PDA was 25°C. On the basis of mycological characteristics and pathogenicity to apple the causal fungus was identified as *Rhizopus stolonifer* (Ehrenb.) Vuill. This is the first report of Rhizopus soft rot by *R. stolonifer* on Fuji apple in Korea.

Keywords : Apple, *Malus pumila*, Rhizopus soft rot, *Rhizopus stolonifer*

2006년과 2007년에 진주시 농산물도매시장에 유통 판매중인 사과상자 안에 있는 과실이 물러지고 갈색으로 부패하면서 솜털 같은 곰팡이가 생기는 이상증상이 발생하였다. 병든 과실을 채집하여 실험실에서 병원균을 분리, 배양하여 균학적 특징과 병원성을 조사하였다. 지금까지 우리나라에서 사과에 발생하는 병해로 46종이 기록되어 있지만 *Rhizopus stolonifer*에 의한 사과 무름병에 대한 발생 보고는 되어 있지 않았다(한국식물병리학회, 2004).

따라서 본 연구에서는 *R. stolonifer*에 의한 사과 무름병의 국내 발생을 보고하기 위해 병든 과실에서 병징을 관찰하고 병원균의 분리 및 배양하여 균학적 특성과 병원성 검정한 결과를 보고한다.

병징. 주로 과실의 과경부나 꽃받침에 발생하여 수침

상으로 물러지고 갈색 또는 암갈색으로 불규칙하고 빠르게 부패되면서 열과 된다. 병반부위에 회색의 솜털 같은 곰팡이가 왕성하게 자라면서 균사 끝부분에 검은색의 작은 포자낭들이 많이 형성되었다(Fig. 1A, B). 병이 발생한 과실을 가운데 절단할 경우 과실 내부가 갈색으로 변하며 심하게 부패되어 상품성이 전혀 없었다(Fig. 1C).

발생환경. 2006년부터 2007년 사과 저장력이 약해지는 4, 5월경 진주시 농산물도매시장에 판매 유통 중인 사과(품종: 후지) 과실에서 무름병이 관찰되었다. 병해 발생은 저온저장고에 저장중인 과실에서는 발생되지 않고 시장유통을 위해 상온에 노출된 과실에서 무름 증상이 발생하였다. 특히 과실 수확시 과경부의 꼭지부분을 수확용 칼로 절단할 경우 부주의에 의해 생긴 상처나 생리적으로 열과된 부위 그리고 운반, 수송중에 물리적으로 상처 난 부위에 병해 발생이 잘 되었다. 또한 과실 꽃받침 쪽으로 움푹하게 들어간 부분에 과실비대로 인하여 틈이 생긴 곳에 많이 발생되었다. 병해 발생 초기에 과실의 상처

*Corresponding author

Phone) +82-55-771-6423, Fax) +82-55-771-6419

E-mail) Kwon825@mail.knrda.go.kr

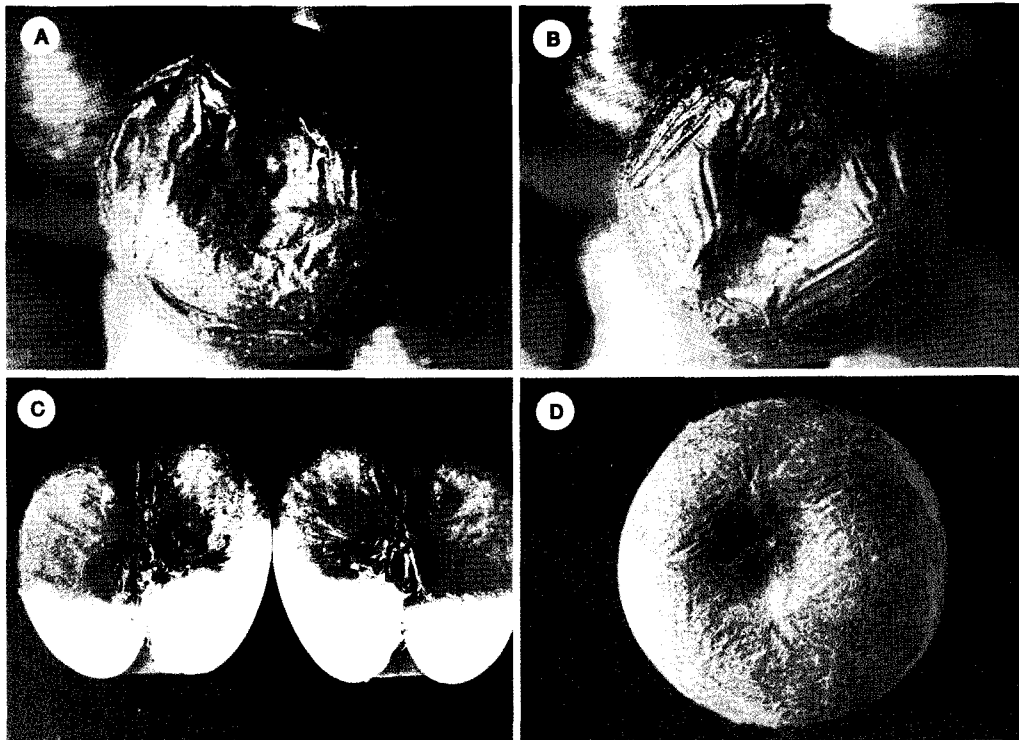


Fig. 1. Symptoms of rhizopus soft rot on apple(cv. Fuji) caused by *Rhizopus stolonifer*. Typical symptoms of rhizopus soft rot on fruit stalk (A) and calyx (B), C: Longitudinal section of the infected fruits showing water-soaked lesions, D: Symptoms induced by artificial inoculation after 3 days.

나 열과된 부분에 병원균이 감염될 경우 과실이 수침상으로 물러지고 빠르게 부패하였다. 병이 발생한 상자 내 과실을 골라내어 농산물도매시장내 입구나 건전한 과실 옆에 그대로 방치해 놓고 있었다. 이럴 경우 병든 과실로부터 형성된 포자낭포자가 공기 중으로 비산하여 도매시장내에 유통 중인 건전한 과실에 2차 감염이 일어날 가능성이 높은 것으로 추정된다.

병원균의 균학적 특성. 진주시 농산물도매시장에서 무름병 증상이 발생한 사과(품종: 후지)를 채집하여 실험실에서 플라스틱 통에 넣고 2일 동안 습실 처리를 하였다. 포자낭포자가 많이 형성된 사과 하나를 고른 다음 해부 현미경 아래에서 끝이 뾰족한 핀셋을 이용하여 포자낭 한 개씩 단포자 분리법으로 떼어 내었다. 감자한천배지(PDA) 위에 50개 옮긴 다음 25°C 항온기에서 3일간 배양하였다. 배양한 균사 끝부분을 백금구로 다시 떼어 내어 PDA 배지 위에 옮긴 다음 25°C 항온기에서 4일간 배양하여 병원균 동정 및 병원성 검정에 사용하였다.

*R. stolonifer*에 의한 사과 무름병을 일으키는 병원균은 PDA 배지상에서 균사 생육이 아주 빠르고 무격균사로서 균충은 배양 초기에 흰색을 띠고 있지만 시간이 경과함에 따라 연한 회색 또는 갈색으로 변하고 무수히 많이 형성된 포자낭으로 인해 페트리디쉬 뚜껑이 검은색으로 나

타난다(Fig. 2A). 포자낭경은 초기에 흰색에서 배양기간이 경과됨에 따라 점차 암갈색으로 변하며 끝에 검은색의 둥근 포자낭을 많이 형성하였다. 포자낭경의 크기는 950~1,900 μm 이며 폭은 12~22 μm 였다. 포자낭은 포자낭경의 끝부분에 형성되며 처음 흰색에서 성숙되면서 검은색으로 되며 구형 또는 반구형이고 크기는 82~185 μm 였다(Fig. 2B). 주축은 반구형으로 크기는 70~85 μm 였다(Fig. 2C). 포자낭포자는 암갈색 또는 검은색으로 단포이며 구형 또는 타원형으로 불규칙한 것이 많고 포자낭에서 비교적 잘 떨어지며 크기는 8~18 \times 7~8 μm 였다(Fig. 2D, Table 1). 균사는 감자한천배지 표면에 자라면서 포복균사를 형성하고 접촉부위에 뿌리모양의 가근(Rhizoid)을 형성하는데, 가근 하나에 2~5개의 포자낭경을 만들고 끝에 검은색의 포자낭을 형성하였다(Fig. 2E). 조사기간 동안 접합 포자는 관찰되지 않았고, 균사생육 적온은 PDA배지 상에서 25°C이었다.

이상과 같이 사과에서 발생한 병원균을 분리 배양하여 균학적 특성을 조사한 결과 Sarbhoy(1966)가 기술한 *Rhizopus stolonifer*와 잘 일치하였다. 따라서 우리나라 사과에 아직 보고가 되지 않은 이 병을 *Rhizopus stolonifer* (Ehrenb.) Vuill.에 의한 사과 무름병으로 명명할 것을 제안한다.

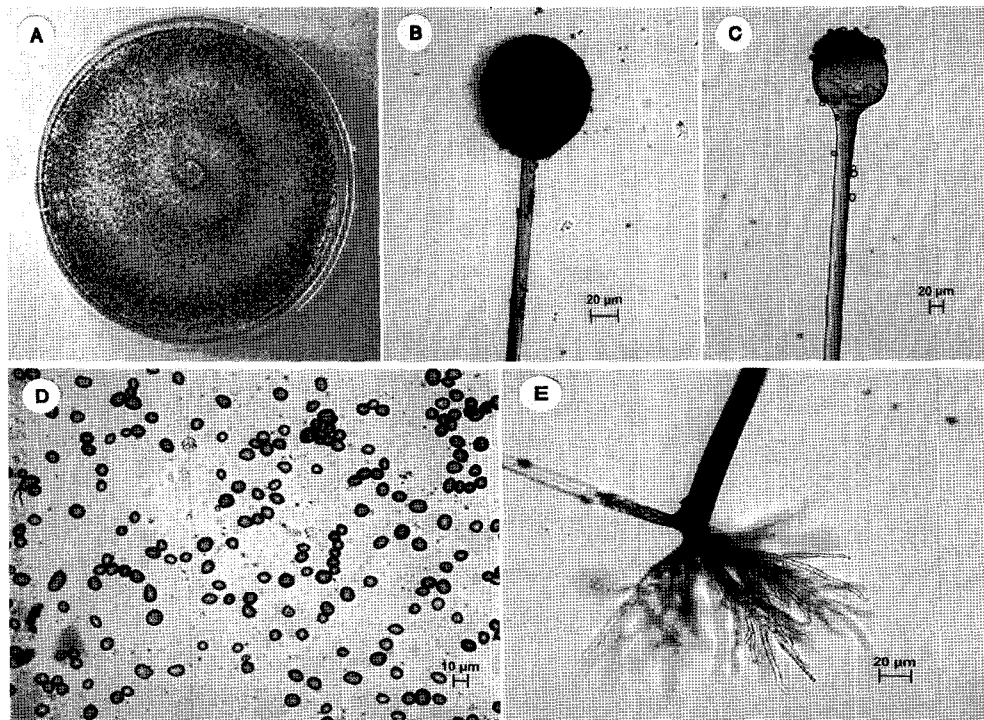


Fig. 2. Morphological characteristics of the pathogenic fungus isolated from apple(cv. Fuji). A, Colony on PDA 4 days after inoculation; B, Sporangium and sporangiophore; C, Columella; D, Sporangiospores; E: Rhizoids.

Table 1. Comparison of morphological characteristics of the *Rhizopus stolonifer* and the isolate obtained from the lesion of rhizopus soft rot of apple fruit

Characteristics		Present isolate	<i>R. stolonifer</i> ^a
Colony	color	white, cottony to brownish black at maturity	white, cottony to brownish black at maturity
Sporangia	shape	globose, hemispheric	hemispheric
	size	82~185 μm in diam.	85~200 μm in diam.
Sporangiospores	shape	irregular round or oval	irregular round or oval
	size	8~18×7~8 μm	10~20×7.5~8 μm
Sporangiophores	size	950~1,900 μm in length 12~22 μm in width	1,000~2,000 μm in length 13~25.3 μm in width
	Columella	shape	hemispheric
	size	70~85 μm in height	70~90 μm in height

^aDescribed by Sarbhoy, A. K. (1966).

병원성 검증. 2007년 5월 하순 병원성을 확인하기 위하여 농산물도매시장에 유통 중인 사과(품종: 후지) 한 상자를 실험용으로 구입하였다. 과실표면을 1% 차아염소산나트륨(NaOCl)으로 표면 살균한 다음 멸균수로 3회 세척하여 물기를 완전히 제거하였다. 접종상으로 준비해 둔 3개의 플라스틱통(29×22×15 cm)에 표면 소독한 과실을 가지고 상처접종한 과실 3개, 무상처 접종한 과실 1개 등 총 4개를 가지고 3회 인공접종을 하였다. 접종원으로 사용하기 위해 감자한천 배지에서 4일간 배양한 균을 이용

하여 붓으로 잘 긁어 모아 가아제로 2회 거른 다음 3×10⁵ conidia/ml 농도로 분생포자 현탁액을 만들었다. 과실의 꼭지부분에 일자 모양의 10 mm 크기로 상처를 낸 부위에 붓으로 현탁액을 1방울씩 접종하였다. 접종 후 플라스틱통을 큰 비닐봉지 안에 넣고 공기가 약간 통하도록 느슨하게 묶은 다음 25°C 항온기에 넣고서 발병유무를 조사하였다.

접종 3일 후 상처 접종한 과실 표면이 수침상으로 서서히 물러지면서 암갈색으로 부패하기 시작하여 병반부

위에 균사와 포자낭이 조금씩 형성되었으며 일정 기간이 경과됨에 따라 포자낭이 많이 형성되어져 도매시장에서와 같이 자연발생한 병징과 동일하게 나타났다(Fig. 1D). 인공접종하여 발생한 병반부에서 다시 병원균을 재분리하여 동정한 결과 *R. stolonifer*에 의한 사과 무름병과 동일한 병원균이었다. 무상처 접종한 과실에서는 조사기간 동안 병이 발생되지 않았다.

*Rhizopus stolonifer*는 전 세계적으로 널리 분포하고 있으며 집합균류에서 가장 일반적인 병원균 중의 하나로 따뜻한 지역에서 병 발생이 잘된다고 보고하였다(Domsch, 1980). *R. stolonifer*는 수확 후 채소 및 과일, 화훼류의 다육질 식물에 발병하며 저장, 운반, 판매 중에도 발생하여 무름병을 일으킨다고 기술하였다(Agrios, 2005). Bleicher 과 Bernardi(1985)는 수확후 사과 무름병에 대한 약제방제 효과를 보고 하였으며, Vinas 등(1998)은 수확후 사과에서 여러 가지 병원균중 *R. stolonifer*을 분리하여 생물학적 방제법을 연구하였다. Farr 등(1989)은 *R. stolonifer*에 의해 사과 과실에 부패증상을 일으킨다고 보고하였다.

요 약

2006년부터 2007년까지 2년 동안 진주시 농산물도매시장에 유통, 판매중인 사과(품종: 후지)에서 이상증상이 발생하였다. 병징은 상처나 열과된 과실이 수침상으로 물러지면서 빠르게 부패하였다. 균총은 처음 흰색에서 연한 갈색으로 되며 검은색의 포자낭을 많이 형성하며 균사생육 적온은 25°C였다. 포자낭경은 처음 흰색에서 암갈색

을 나타내며, 크기는 950~1,900 μm 이고 폭은 12~22 μm 이었다. 포자낭은 처음에 흰색에서 검은색으로 되며 모양은 구형 또는 반구형으로 크기는 82~185 μm 이었다. 주축의 모양은 반구형으로 크기는 70~85 μm 이었다. 포자낭포자는 담갈색으로 단포이며 구형 또는 타원형으로 크기는 8~18 \times 7~8 μm 이었다.

이상과 같이 병원균의 균학적 특징과 병원성을 검정한 결과, 본 병해를 *Rhizopus stolonifer*(Ehrenb.) Vuill.에 의한 사과 무름병으로 명명할 것을 제안한다.

참고문헌

- Agrios, G. N. 2005. Plant Pathology. 5th ed.. Academic Press. 922 pp.
- Bleicher, J. and Bernardi, J. 1985. Apple rots and their control after harvest. boletim-Tecnico-EMPASC. No. 28. EMPASC, Florianopolis, Brazil.
- 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. 1989. Fungi on plants and Plant Products in the United States, APS Press, St. Paul, Minnesota, U.S.A. 1252 pp.
- 한국식물병리학회. 2004. 한국식물병명목록. 779 pp.
- Sarbhoy, A. K. 1966. C.M.I. Descriptions of pathogenic fungi and bacteria. No. 110.
- Vinas, I., Usall, J., Teixido, N. and Sanchis, V. 1998. Biological control of major postharvest pathogens on apple with *Candida sake*. *International Journal of Food Microbiology*. 40: 1-16.