

*Phytophthora erythroseptica*에 의한 감자 홍색부패병 발생

류경열* · 김점순 · 김종태 · 함영일
고령지농업시험장 산지작물과

First Report of Pink Rot of Potato (*Solanum tuberosum*) Caused by *Phytophthora erythroseptica* in Korea

Ryu Kyoung Yul*, Jeom Soon Kim, Jong Tae Kim and Young Il Hahm

Highland Crop Research Division, National Highland Agricultural Experiment Station, Pyeongchang 232-950, Korea
(Received on January 9, 2003)

Pink rot of potato (*Solanum tuberosum* L.) occurred at Pyeongchang in Gangwon and at Bosung in Junnam province since 1999. The disease incidence in the surveyed areas was about 5% of harvested potatoes in 2002. Affected tubers showed a dull brown appearance and the lenticels and eyes on tubers turned dark brown. The cut surface of the diseased tuber colored faint pink and the entire surface of the diseased tuber becomes deep salmon pink within 30 min. The pathogen isolated from the diseased tubers was identified as *Phytophthora erythroseptica* based on morphological and cultural characteristics. Mycelial mat was fairly fluffy, rosette or stellate patterns and rounded or angular hyphal swellings were formed in water. Temperature for mycelial growth was ranged from 5 to 30°C and optimal temperature was 25°C. Non-papillate sporangia were persistent on stalk and ellipsoid, ovoid, obpyriform or distorted in shape, often with a constriction distal in the middle. Size of sporangia was 41.3~69.6 × 26.8~47.4 (av. 55.5 × 37.1) μm. Sexuality of *Phytophthora erythroseptica* was homothallic. Oogonia were 30~46 μm in diameter and oospores were 28~35 μm in diameter. Elongated or cylindrical antheridia were all amphigynous. This is the first report on potato pink rot caused by *Phytophthora erythroseptica* in Korea.

Keywords : *Phytophthora erythroseptica*, pink rot, potato

*Phytophthora erythroseptica*에 의하여 발생하는 감자 홍색부패병은 대부분의 감자 재배지에서 발생되고 있다. 이 병은 감자 생육 후기의 기상환경이 서늘하고 다습한 조건이 지속될 때 발생이 가장 심한 것으로 알려져 있으며, 1913년 아일랜드에서 최초로 보고된 이후 여러 나라 감자 재배지에서 감자 홍색부패병 발생이 보고되었다(Erwin and Ribeiro 1996; Rowe and Schmittener 1977; Vargas and Nielson 1972). 우리나라에서는 감자 주산지인 대관령지역에서 1999년부터 2002년 사이 감자 수확기에 무름병과 유사한 부패증상을 나타내며 홍색으로 변하는 괴경이 감자밭 주변에 버려지는 것이 확인되었다. 감자 수확 후 포장 주변에 남아 있는 홍색부패증상을 가진 괴경은

약 0.5~5% 정도였으며 이들로부터 병원균을 분리 동정하였다.

감자 홍색부패를 일으키는 *Phytophthora erythroseptica*는 토양과 이병식물체 잔재물에서 생물학적으로 안정한 난포자 형태로 생존하며 식물체가 모두 부패한 경우라도 수년동안 생존이 가능하여 지속적인 피해를 유발할 수 있다. 병든 괴경은 수확 후 비교적 빠르게 부패가 진행되므로 저장 중에 전염은 쉽게 일어나지 않지만, 온난 다습한 환경에서는 유주자낭과 유주자가 대량으로 증식하여 관계수나 빗물 등에 의하여 전파된다. 또한 병원균은 감염된 포장에서 수확한 씨감자 표면에 난포자를 형성하므로 불량한 환경에서도 오랫동안 생존이 가능하고 새로운 감자 재배 지역으로 전파하게 된다(Hooker, 1993). 병원균은 뿌리, 줄기, 복지 등 지하부에 위치하는 감자의 대부분에 감염될 수 있으며 주요한 침입경로는 괴경과 연결된 복지를 통하여 감염이 진행된다. 이외에도 과습한 포

*Corresponding author
Phone)+82-33-330-7842, FAX)+82-33-330-7715
E-mail)kyryu@rda.go.kr

장에서는 눈, 피목을 통해서 피경에 직접 감염되기도 한다(Hooker, 1993).

이 연구의 목적은 홍색으로 부패하는 감자에서 분리한 병원균을 동정하고 병원성을 확인하여 병발생 과정에 관여하는 요인을 조사하기 위하여 수행하였다.

재료 및 방법

병원균 분리 및 보존. 1999~2002년 감자 수확기에 부패 증상이 있는 감자를 포장에서 수집하여 절단면을 공기 중에 30분 정도 노출한 후 변색여부를 조사하였다. 절단면이 핑크색으로 변색된 감자는 실내에서 병징 부위를 5 mm³ 크기로 절단한 다음 0.5% 차아염소산나트륨으로 표면소독 하였다. 표면소독한 병든조직을 역병균 선택배지인 PARP 배지에 올려놓고 온도 18~20°C 항온기에서 일주일 동안 배양하였다(류 등, 1998). 배지에서 자란 균사선단 또는 한 개의 유주자낭을 분리하여 rye+V8 배지에서 배양하면서 유주자낭 형성을 촉진하기 위하여 광조절이 되는 항온기에서 2주 동안 배양하였다. 그 후 병원균이 자라고 있는 배지에 멸균증류수를 첨가하여 4°C 냉

장고에서 한시간 동안 방치하며 유주자 방출을 유도한 다음 유주자 현탁액(10⁶ 유주자/ml)을 만들어 병원성 검정용 접종원으로 사용하였다. 한편 병원균은 rye-B 배지와 V8 배지에 보존하면서 3개월 간격으로 계대배양 하면서 실험 목적에 맞추어 사용하였다.

병원균의 균학적 특징조사. 균학적 특징을 조사하기 위하여 분리한 병원균은 CMA(corn meal agar)에서 배양하며 유주자낭과 난포자 형성능력을 조사하였다. 유주자낭의 형태적 특징은 병원균이 자라는 배지절편을 1 cm² 크기로 절단하여 슬라이드 글라스 위에 올려놓고 광학현미경으로 유주자낭, 유주자낭경의 형태적 특징, 유성생식기관 특징을 조사하였다. 병원성 검정은 표면 소독한 감자 절단면에 균사절편을 올려놓고 온도별로 배양하며 특징적인 병징 발현 및 균사생장 여부를 조사하였다. 발병 정도는 접종 7일 후 피경에 나타난 병징을 기준으로 판정하였다.

결과 및 고찰

병징. 병든 감자의 주요 병징은 피경 외부가 연갈색으

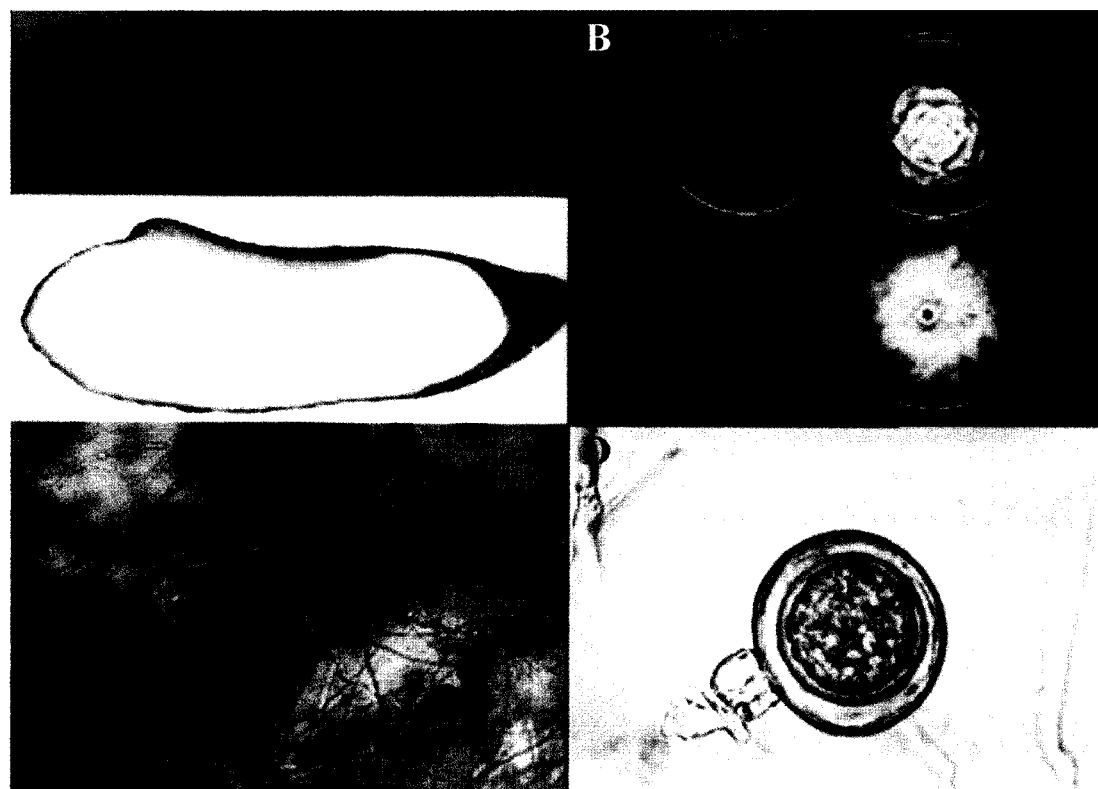


Fig. 1. Symptoms (A) and mycological characteristics of potato pink rot. Growth patterns on different media (B), shape of sporangia(C, $\times 100$), sexual structure of the pathogen (D, $\times 200$).

로 변색되어 부패증상이 나타나고 피목과 눈이 흑갈색으로 변화되어 건전 부위와 이병 부위가 쉽게 구분되었다. 괴경 내부는 삶은 감자처럼 스폰지 형태로 변하고 특이한 냄새는 없었으며 괴경 절단면은 공기 중에 노출된지 30분 이후에 핑크색으로 변색되는 특징적인 병징을 유발하였다(Fig. 1A).

포장조사. 감자 홍색부패병은 1999년 강원도 평창군 도암면 고랭지 감자 재배지에서 발견된 이후 2001~2002년에는 남부지방 감자 재배지에서도 발생이 확인되었다. 발생이 심한 포장에서는 약 5% 정도의 이병율을 보였으나 발생율은 감자재배포장에 따라 다양하게 나타났다(Table 1). 그러나 감자 생육 중에는 특징적인 병징이 외부로 나타나지 않아서 병 발생을 진단하는 것이 어려웠다. 특히 여름감자 재배지의 경우 8월 하순~9월 중순사이에 태풍과 호우가 집중될 경우 배수가 불량한 밭에서 심하게 발병하였고 일부 감자는 이미 수확 전에 포장에서 부패되는 경우가 많았다. 이와 같은 병 발생상태는 감자홍색부패병 발생이 동일 포장에서도 균일하지 않고 그 피해정도가 정확하게 평가되지 않는 이유로 생각된다. 병원균 분리는 수확직후 병든 감자를 이용하는 경우 분리율이 높

았으며 저장 중에 있는 감자에서 병원균 분리 빈도는 낮게 나타났다.

병원균의 균학적 특징. 병든 감자에서 분리한 병원균은 유, 무성생식기관의 형태적 특징이 다른 보고자들(Hooker, 1993; Stemps, 1978)이 기술한 것과 유사한 균학적 특징을 보여 *Phytophthora erythroseptica*로 동정하였다(Table 3). 유주자낭은 유두돌기가 없이 선단 부위가 평편하고, 계란 또는 서양배 모양의 다양한 형태로 크기는 $41.3\sim69.6 \times 26.8\sim47.4$ (평균 55.5×37.1) μm 이었다(Fig. 1C). 유주자낭병 말단에 부착된 유주자낭은 중앙부근이 약간 변형되어 주름이 잡힌 것처럼 독특한 형태적인 특징이 확인되었다. 병원균은 동종생식에 의하여 유성생식기관을 형성하여 동일 배지에서 배양초기부터 옅은 황색의 난포자를 대량으로 생산하였고 장난기 형태는 구형으로 크기가 $30 \times 46 \mu\text{m}$ 이었다(Fig. 1D). 장정기는 저착성이고 형태가 신장된 타원형으로 크기가 $13 \times 14 \mu\text{m}$ 이었다. 병원균은 배지에 따라 방사형, 장미꽃 또는 솜털 모양으로 특징적인 균사생육을 하였다. 생육온도는 $5.0\sim30^\circ\text{C}$ 범위이고 최적온도는 25°C 로 확인되었다(Fig. 1B).

병원성. 감자에서 분리한 병원균의 품종별 반응을 조사하기 위한 인공접종 시험에서 감자 5품종은 괴경에 나타난 발병정도가 약간의 차이는 있으나 집중된 품종 모

Table 1. Incidence of potato pink rot in potato growing areas from 1999 to 2002

Year	Variety	Incidence (%)	Collection area
1999	Superior	5.0	Pyeongchang Gangwon
2000	Superior	1.0~5.0	"
	Irish Cobbler	5.0	"
	Atlantic	3.0	"
2001	Superior	0.5	Bosung Junnam
2002	Dejima	0.5	"
	Superior	0.2~5.0	Pyeongchang Gangwon

Table 2. Pathogenicity of *Phytophthora erythroseptica* on different varieties of potatoes

Variety	Control	Severity of pink rot ^a /7days		
		20°C	25°C	30°C
Atlantic	-	++	+++	+
Irish Cobbler	-	+	++	+
Jopung	-	++	++	+
Namseo	-	+	++	+
Superior	-	++	+++	+

^a -: No symptom, +: weak, ++: moderate, +++: strong symptom. Typical symptom of pink rot was appeared on the inoculated tuber surface at 7 days after inoculation.

Table 3. Comparison of mycological characteristics between *Phytophthora erythroseptica* and the present pink rot isolate caused potato pink rot

Characters	Present isolate	<i>P. erythroseptica</i> ^a
Sporangia shape	ellipsoid, ovoid, obpyriform distorted in shape, tapering to the sporangiophore. non-papillate produced in water	ellipsoid, obpyriform often constricted near the middle tapering to the sporangiophore non-papillate produced in water
Sporangia size	$55.5 \times 37.1 \mu\text{m}$	46×26 (up to 69×47) μm
Antheridia	wall smooth amphigynous, ellipsoid elongated, cylindrical $13\sim14 \mu\text{m}$	wall smooth, $1 \mu\text{m}$ thick amphigynous ellipsoid or angular $13\sim14 \mu\text{m}$
Hypae	fairly uniform hyphal swelling round	uniform and fine, diam. $7 \mu\text{m}$ hyphal swelling round or angular
Culture	stellate or rosette pattern fairly fluffy temp. $5\sim30^\circ\text{C}$ opt. 25°C	stellate or rosette pattern fairly fluffy temp. $2.5\sim34^\circ\text{C}$ opt. 27.5°C

^aCMI description of pathogenic fungi and bacteria. No. 593.

두 전형적인 감자홍색부패 병징인 연분홍색이 접종부위를 중심으로 발생하였다. 수미(Superior)와 대서(Atlantic) 품종에서 썩음증상이 심하게 나타났다(Table 2). 병원균 접종에 의한 괴경 내부 변색 정도는 품종간 차이가 없었으며 접종부위에서 안쪽으로 1 cm 이상 병징이 유발된 것으로 보아 병원균 감염은 더 깊은 곳으로 진전되었을 것으로 판단되었다.

이상의 결과로 감자에 발생하는 홍색부패증상의 원인은 *P. erythroseptica*에 의한 감자 홍색부패병으로 동정되어 국내에서 최초로 보고하게 되었다. 감자홍색부패병은 검역 관리대상 병해이므로 방제법 확립과 국내 감자 주산지에서 병 발생에 관한 모니터링이 지속되어야 할 것으로 생각되며 금후 국내에서 분리한 균주들의 유전학적 특징과 균학적 특징을 비교하고자 한다.

요 약

1999년 강원도 평창의 고랭지 감자 재배지에서 감자 홍색부패병이 발견된 이후 2001년과 2002년에는 전남 보성의 감자 재배지에서도 발생이 확인되었고 발병이 심한 지역에서는 약 5%정도의 이병율을 보였다. 병든 감자의 주요 병징은 괴경 외부가 연갈색으로 변색되어 부패증상이 나타나고 괴목과 눈이 흑갈색으로 변화되어 건전 부위와 이병 부위가 쉽게 구분되었다. 또한 괴경 내부는 삶은 감자처럼 스폰지 형태로 변하고 냄새가 없었으며 괴경 절단면은 공기 중에 노출된지 30분 이후에 핑크색으로 변색되는 특징을 확인할 수 있었다. 균사는 배지에 따라 방사형, 장미꽃 또는 솜털 모양으로 특징적인 생육을 하

였고, 균사생육온도는 5.0~30°C범위이고 최적온도는 25°C였다. 유주자낭은 유두돌기 없이 선단 부위가 평편하고, 계란 또는 서양배 모양의 다양한 형태로 크기는 41.3~69.6×26.8~47.4(평균 55.5×37.1) μm이었다. 병원균은 동종생식에 의하여 유성생식기관을 형성하여 동일 배지에서 배양초기부터 엷은 황색의 난포자를 대량으로 생산하였고 장난기 형태는 구형으로 크기가 30×46 μm이었고, 장정기는 저착성이고 형태가 신장된 타원형으로 크기가 13×14 μm이었다. 이들 병원균의 배양적, 형태적 특성에 의거, *Phytophthora erythroseptica*에 의한 감자 홍색부패병으로 동정되어 국내에서 처음으로 보고한다.

참고문헌

- Erwin, D. C. and Ribeiro, O. K. 1996. *Phytophthora disease worldwide*. APS press. 323-325p.
- Ho, H. H. and Jong, S. C. 1989. *Phytophthora erythroseptica*. *Mycotoxon* 36(10): 73-90.
- Hooker, W. J. 1993. *Compendium of potato disease*. APS press. 39-40p.
- Rowe, R. C. and Schmittener, A. F. 1977. Potato pink rot in Ohio caused by *Phytophthora erythroseptica* and *P. cryptogea*. *Plant Disease Reporter* 61(10): 807-810
- Stemps, D. J. 1978. CMI description of pathogenic fungi and bacteria No 593. *Phytophthora erythroseptica*.
- Vargas, L. A. and Nielsen, L. W. 1972. *Phytophthora erythroseptica* in Peru; its identification and pathogenesis. *American Potato Journal* 49: 309-320.
- 류경열, 김령희, 이영희, 허노열. 1988. *Phytophthora cactorum*에 의한 백합 역병. *한국식물병리학회지* 14(5): 458-462.