

*Phytophthora cactorum*에 의한 백합 역병

류경열* · 김령희¹ · 이영희 · 허노열
농업과학기술원 해외병해충과, ¹국립식물검역소

Stem Rot of Lily (*Lilium* L.) Caused by *Phytophthora cactorum* in Korea

Kyoung-yul Ryu*, Ryung-hee Kim¹, Young-hee Lee, and Noh-youl Heo
Overseas Pest Division, National Institute of Agricultural Science and Technology, RDA,
Suwon 441-707, Korea
¹National Plant Quarantine Service

ABSTRACT: Stem rot symptom of lily caused by *Phytophthora* was observed in Chilkok, Korea in 1997. Oogonia of *Phytophthora* were abundantly developed on epidermal tissues of stem and leaves of the diseased plants. The causal fungus was identified as *Phytophthora cactorum* based on their cultural and morphological characteristics. Sporangia were markedly papillate and the shape was broadly spherical to ovoid both on agar and in water. The size was 28-44×20-28 μm (av.36-24) and a short pedicel was attached to each sporangium. The fungus was homothallic and oogonia were 28-32 μm (av. 30) in size and slightly yellow. Antheridia were paragynous and spherical or irregularly club shaped. Optimal temperature for mycelial growth was 25-27°C. The fungus did not grow under 6°C and over 34°C. The fungus was highly pathogenic to three cultivars of lily. Symptom was developed at 4-day after artificial inoculation with zoospores (10³ cell/ml) on the stem of lily. The symptom was identical to those produced by natural infection in the field and the plant was blighted within 14 days after inoculation.

Key words: lily, stem rot, *Phytophthora cactorum*.

백합은 농가에서 재배중인 화훼작목중 관상용 절화로 경제성이 높아 수출 및 내수용으로 해마다 재배면적이 증가하고 있으나 토양에 서식하는 병원균은 양질의 백합생산에 큰 장애요인이 되고 있다. 우리나라에서 백합에 발생하는 병은 4종이 한국식물병목록에 보고되어 있으나 생육중 발생하는 시들음병을 일으키는 병원균은 *Fusarium oxysporum*에 의한 줄기썩음병만 기록되어 있다(5, 6). 그러나 1997년 경북 칠곡의 백합 재배지에서 정식한지 2주가 경과한 어린백합의 지제부가 암갈색으로 수침상의 작은 반점이 생기고 점차 확대되어 회색으로 연화 부패하여 말라죽거나 병징이 지상부 줄기로 진전되어 잎이 황변하고 식물체 전체가 시드는 병징이 발생하였다(Fig. 2-A, B). 병징이 있는 줄기의 표피조직속에는 *Phytophthora* 난포자가 대량으로 형성되어 있음을 확인하였다(Fig. 2-C).

토양병원균의 하나인 *Phytophthora*는 미국과 일본에서 백합의 지제부, 줄기 및 인경에 부패를 일으키고 경엽을 연화시켜 축 늘어지게 하는 것으로 잘 알려져 있으나 우리나라에서는 백합의 역병에 관해서는 보고된 바가 없었다(1).

한편 우리나라에서 재배하고 있는 백합은 해마다 화란

으로부터 고가로 수입되어 1996년에 1,000만구 이상이 재배되고 있다(8). 그러나 종구에 감염된 식물병원균과 재배온실에서 발생하는 백합의 병은 화훼농가의 안정적인 절화생산에 커다란 제한 요인이 되고 있으며 경제적 인 피해가 큰 것으로 알려져 있다.

따라서 백합 지제부썩음과 시들음병징을 유발하는 병원균을 분리하여 균학적 특성조사와 병원성검정을 실시하여 병원균의 조기진단 및 방제를 위한 기초자료로 제공하고자 실험을 실시하였다.

재료 및 방법

병원균분리. 1997년 9월 경북 칠곡 백합재배단지에서 채집한 이병식물로부터 병원균을 분리하기 위하여 병든식물 표면을 흐르는 수돗물로 3회 이상 세척하여 실온에서 건조시킨 후 살균된 칼로 병든조직을 5 mm 크기로 절단하였다. 절단한 시료는 1% 차아염소산나트륨용액(NaClO)에 1분간 표면살균하고 살균수에 30초간 세척하여 페이퍼 타올을 이용 완전하게 건조시켰다. 그후 한천배지(WA)와 선택배지(PARP)에 치상하여 25°C 항온기에서 5일간 배양시킨 후 균총 가장자리에 자란 균사선단을 10% V8 주스 배지에 옮겨 배양하여 병원균 동정에

*Corresponding author

사용하였다.

병원균동정. 분리균의 배양적 특성을 조사하기 위하여 균사 선단을 7 mm cork borer를 이용하여 잘라서 V 8 쥬스(10% V8 juice+CaCO₃ 5 g/l)Agar, Corn Meal Agar(Difco: 19 g/l), Potato Dextrose Agar(Difco: 28 g/l), PARP(Pimaricin 0.4 ml, Ampicillin 250 mg, Rifampicin 10 mg-dissolved in 1 ml dimethyl sulfoxide, Pentachloronitrobenzene: PCNB 35 mg/l) 배지에 이식하여 5 °C 간격으로 조절한 배양기에서 7일간 배양하며 일일균사생장, 생육온도와 배지별 생육특성을 조사하였다.

형태적 특성을 조사하기 위하여 병원균을 V8 배지에서 5일간 배양한 후 자라난 균사를 cork borer로 잘라낸 disk를 20 ml 멸균수가 채워진 petri dish에 넣어 flood-

ing시켰다. 그리고 24~48시간 동안 20°C 항온기에서 배양하여 광학현미경으로 직접 또는 슬라이드글라스에 옮겨놓고 배지 및 물에서 형성된 유주자낭의 형태, 탈락성, 유성생식기관 및 균사의 형태적 특성을 조사하였다.

병원성검정. 분리균은 병원성 검정을 위하여 10% V8 배지에서 5일간 배양한 후 20 ml 멸균수를 첨가하여 25 °C 항온기에서 48시간 동안 배양하여 유주자낭을 형성시켰다. 유주자낭이 형성된 petri dish는 2시간 동안 4°C 저온 항온기에서 배양하여 유주자낭속 유주자를 유리시킨 후 멸균된 유리봉으로 균사표면을 부드럽게 문질러 유주자낭과 유주자 혼합액을 수확하였다. 적혈구측정계(hemocytometer)를 이용하여 유리된 유주자 농도를 10³ zoospore/ml로 조절한 후 직경이 15 cm되는 플라스

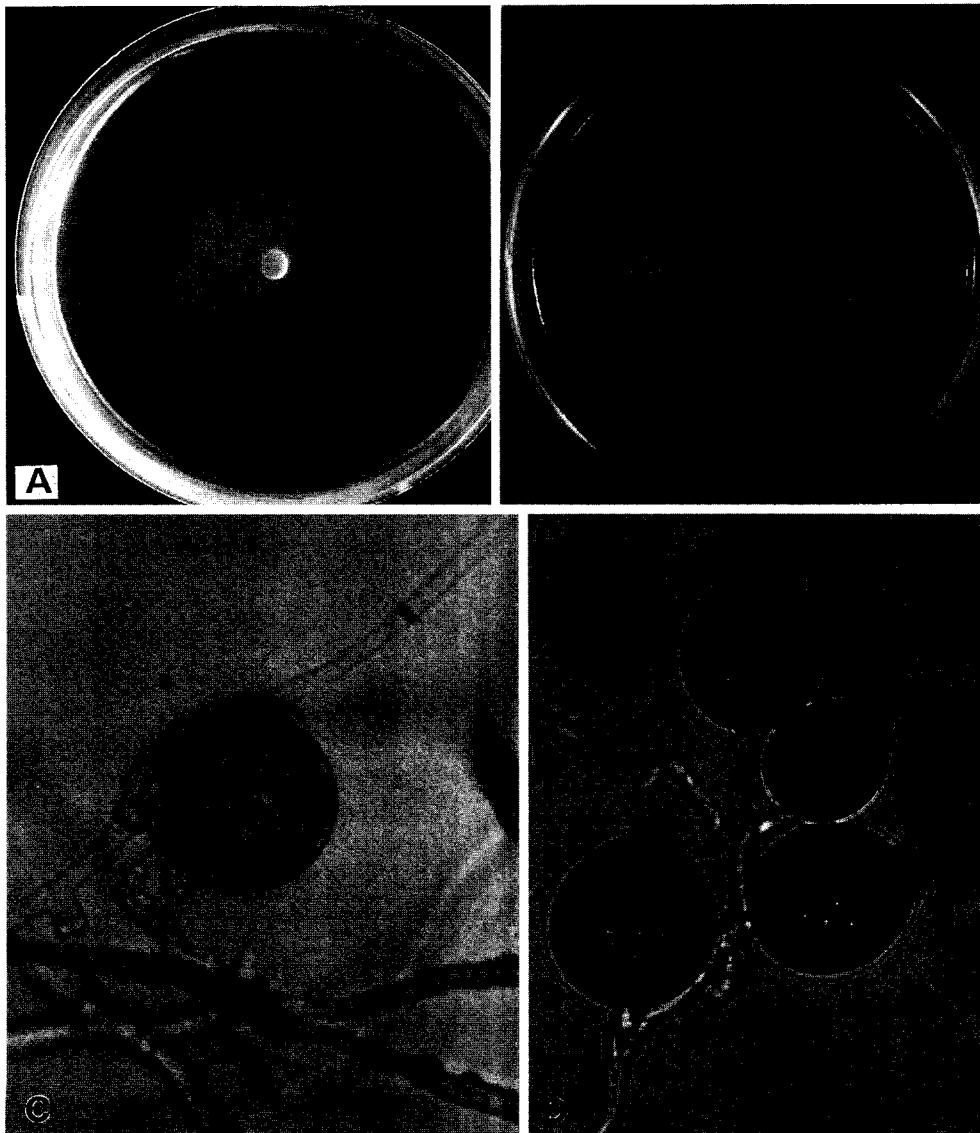


Fig. 1. Colony of *Phytophthora cactorum* on CMA(A) and V8 medium (B) at 5 days after incubation (25°C), oogonium with paragonous antheridium and oospore (C)×400, sympodial sporangia on agar stained by trypan in lactophenol (D).

텍 화분에 원예용상토를 채워서 정식한지 일주일 경과한 백합(품종명:카사블랑카, 르네브, 스타케이즈)의 지제부, 줄기, 잎에 침을 이용하여 상처를 만들고 분무접종하였다. 그후 25°C 접종상에서 24시간 동안 배양한 후 온도(25°C)와 광주기(주간:야간=10h:14h)가 조절된 온실에서 2주일 동안 생육시키며 병발현과정의 특징을 조사하였고 병징이 형성된 부위에서 병원균을 재분리하였다.

결 과

배양적 특성. 병원균은 PDA에서 치밀하게 자랐고 CMA 배지에서는 방사형으로 자랐다. 병원균은 6°C 이하 그리고 34°C 이상에서는 균사생육이 멈추는 특징이 나타났고, 균사생장을 위한 최적온도는 25°C이었다. 그리고 5°C에서 생육이 정지한 배양균주는 25°C조건에서

재배양했을때 다시 균사생장을 하였지만, 35°C에서 배양한 병원균은 균사가 불활성화되어 있었다. 병원균은 균사 일일생장량이 배지에 따라 다르게 나타났으며 CMA와 PARP 배지에서 8.4 mm/day로 가장 왕성한 생육을 하였고(Fig. 1-A), V8 배지를 사용하였을 때도 7.7 mm/day로 비교적 생장이 양호했으나 PDA 배지에서는 4.7 mm/day로 생장이 늦은 경향을 보였다(Fig. 1-B). 백합에 줄기썩음병을 일으키는 병원균은 고온에 대한 저항력이 비교적 낮은 것으로 생각된다.

형태적특성. 이병식물에서 분리한 병원균은 배양초기부터 많은 유주자낭이 기본배지에서 관찰되었으며 유주자낭은 유주자낭병에서 잘 떨어지는 특성을 가지며, 떨어진 유주자낭은 4~5 μm 길이의 짧은 자루(pedicel)를 부착하고 있었다. 유주자낭 형태는 구형 또는 난형으로 눈에 띄게 돌출되어 있는 유두돌기가 대부분 한 개였으

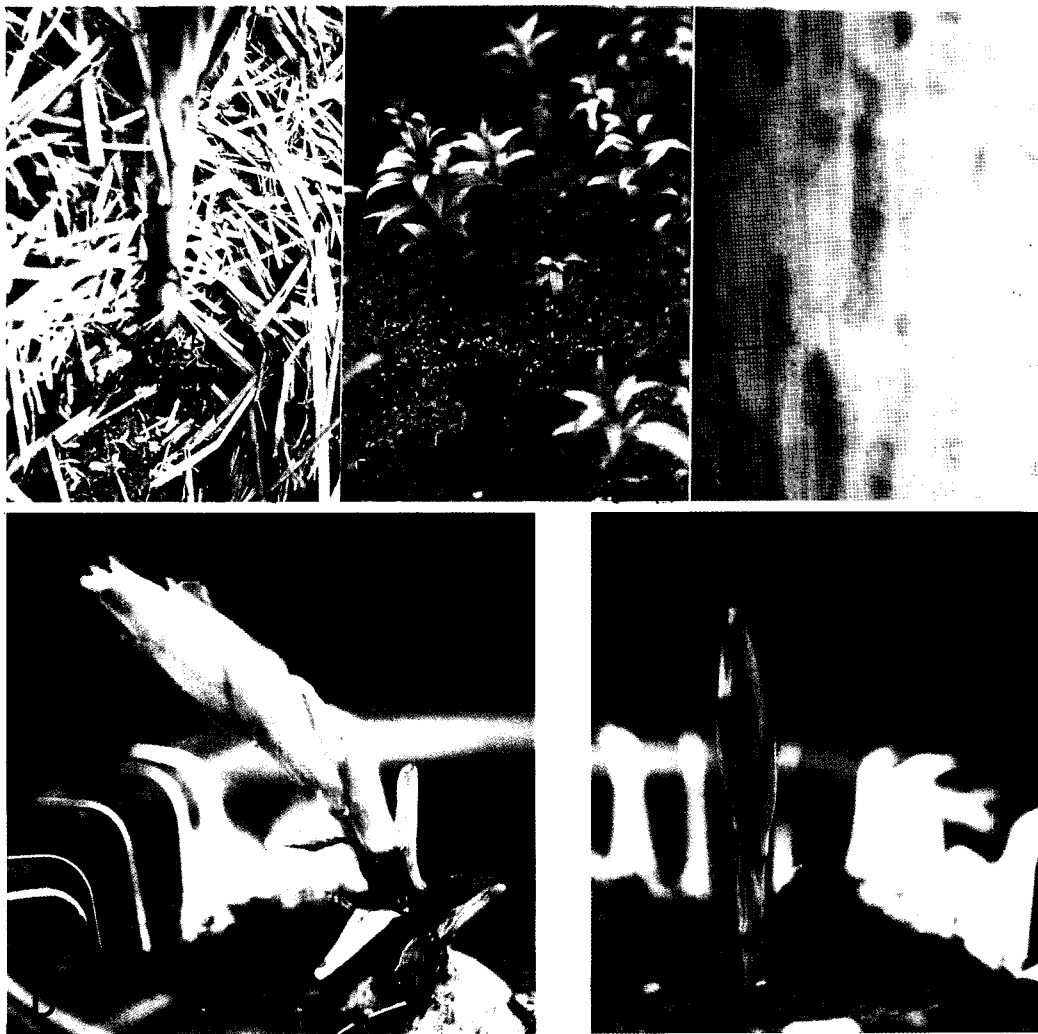


Fig. 2. Symptoms of stem rot (A) and wilting of lilies (B) caused by *Phytophthora cactorum*. Abundant oospores of *P. cactorum* were formed inside of naturally infected leaves (C). Brown discoloration (arrow) was produced on lily stem at 4 days after artificial inoculation (D). Uninoculated control (E).

Table 1. Mycelial growth of *Phytophthora* isolated from lily on different media at five days after incubation under different temperature

Temperature (°C)	Mycelial growth (mm/day)			
	CMA	PARP	PDA	V8
5	-	-	-	-
10	3.8	3.4	2.0	3.4
15	5.0	4.8	2.6	5.2
20	7.5	8.0	3.5	6.8
25	8.4	8.4	4.7	7.7
30	5.7	3.0	3.0	5.6
35	-	-	-	-
40	-	-	-	-

나 유두돌기가 두개인것도 확인되었다(Fig. 1-D). 그리고 유주자낭의 L/B의 비율은 1.1~1.5(평균 1.2)이고 크기는 28~44×20~28(평균 36×24) μm였다. 병원균 유성생식형은 자동동주로 사용한 모든 배지에서 유성생식기관을 쉽게 형성하였으며 장난기는 얇은 노란색을 띠는 구형으로 균질한 물질들로 채워져 있었고 크기는 28~32(평균 30) μm, 세포벽 두께는 2 μm이었다. 장정기는 구형 또는 곤봉형이며 크기는 8~10 μm로 하나의 세포로 구성되어 있었으며 대부분 측착성 특징을 보였다. 난포자는 20~25(평균 23) μm, 세포벽은 무색으로 2 μm이었다(Fig. 1-C). 후막포자는 아주 드물게 확인되었으며 형태는 구형이고, 크기는 32~38(평균 35) μm였다. 균사는 불규칙한 형태로 방사형으로 자라는 균사용기 현상을 나타냈으며 균사의 폭은 4~6 μm였다(Fig. 3-C). 이와 같은 병원균의 배양적, 형태적 특징은 Erwin와 Riberio(9), Stamps(9), Waterhouse와 Waterston(10) 등이 기술한 *P. cactorum*과 일치하여 *P. cactorum*으로 동정하였다.

병원성검정. 백합에서 분리한 병원균의 병원성을 확인하기 위하여 접종한 백합 3품종 가운데 르네브에서 최

Table 2. Mycological characteristics of asexual and sexual reproduction structures of *Phytophthora* causing the stem rot of lily

Character	Mycological characteristics
Sporangium	Abundantly produced on the basal medium and in water, prominently papillate, caducous with short pedicel (4 μm), ovoid to spherical, lateral attached, size : 28~44×20~28 (av. 36×24) μm
Sporangiophore	Unichasial sympodia
Sexuality	Homothallic
Oogonium	Spherical, 28~32 (av. 30) μm, slightly yellow
Oospore	Spherical, 20~25 (av. 23) μm
Antheridium	Paragynous, 1-celled, spherical or irregular club shape, size : 8~10 μm
Chlamydospore	Rare, spherical, 32×38 (av. 35) μm,
Others	Hyphae irregular, swelling, slightly radiate Temperatures : opt. 25~27°C, min. 6°C, max. 34°C

Table 3. Pathogenicity of *Phytophthora cactorum* to lily cultivars at different days after inoculation with suspension of zoospores

Cultivar	Disease severity				
	0	4 day	8 day	12 day	14 day
Casablanka	-	-	+	+	++
Lenerve	-	+	++	++	+++
Starcase	-	-	+	++	+++
Control	-	-	-	-	-

Symptom size : +; weak (10 mm), ++; moderate (11~50 mm), +++; severe (over 51 mm).

초 병징이 4일 경과후 나타났으며 카사브랑카와 스타케이즈에서는 8일 경과후 10 mm 크기의 수침상병반이 접종부위에서 나타났다(Fig. 2-D,E). 병반면적은 급속하게 진전하여 접종후 14일 경과하였을 때 지상부 줄기의 5~10 cm 이상으로 확대되어 고사하였다. 병원균에 의한 병진전 정도는 품종간 큰 차이가 없었으나 카사브랑카는 다른 품종에 비하여 비교적 완만한 병진전이 있었으나 결국에는 모두 고사하였다. 한편 병원균은 접종 부위에 따른 병발생에 차이가 없었으며 지제부, 줄기 앞에서 같은 경향으로 병이 진전됨을 알 수 있었다.

고 찰

백합줄기썩음병을 일으키는 병원균은 배양적 형태적 특징이 Erwin과 Riberio(2), Stamps 등(9), Waterhouse and Waterson(10)이 기술하였던 *Phytophthora cactorum*과 일치하였다.

병원균은 눈에 띄는 돌출된 유두돌기가 생성되었고 장정기는 대부분이 측착성의 특징을 보이며 Stamps 등이 분류한 역병균 그룹 I에 속하였다(9). *Phytophthora cactorum*은 유주자낭이 대부분 구형 또는 난형으로 탈락성이 있으며 배양기에서 대량의 난포자가 형성되고 대부분이 측착성의 장정기를 갖는다는 점이 다른 종과 쉽게 구분할 수 있는 특징이 된다.

*P. cactorum*은 온대지방에서 많이 발생하는 것으로 알려져 있고 병징으로 뿌리와 지제부썩음, 과실부패, 궤양, 잎마름 및 유묘마름증이 나타난다. 또한 기주 범위도 다양해서 60개과 150개속의 220종 식물에 피해를 주는 것으로 알려져 있으나(2) 우리나라에서는 인삼, 사과, 배, 복숭아와 딸기에서 *P. cactorum*에 의한 병이 보고되었다(3-7).

백합생산을 위협하고 있는 병원균은 바이러스 이외에도 잎마름병, 잎반점병 줄기썩음병이 보고되었으나 *P. cactorum*은 많은 재배지에서 커다란 문제를 야기시킬 수 있을 것으로 생각된다. 그러므로 백합의 역병에 대한 구체적인 방제 및 저항성 품종 육종에 관련한 연구가 진행

되어야 하고 병원균에 대한 적절한 조기진단체계를 수립하는 것은 백합생산의 안정성 확보에 중요한 자료가 되리라고 생각된다.

적 요

1997년 9월 하순 경북 칠곡지방 백합재배지에서 지제부가 암갈색으로 부패되어 말라죽거나, 지제부의 부패증상이 지상부줄기로 확대, 진전되어 잎이 황변하고 식물체 전체가 시드는 병이 발생하였다. 그리고 *Phytophthora*의 특성과 유사한 난포자가 형성되어 있는 이병조직에서 병원균을 분리하여 균학적 특성을 조사한 결과 *Phytophthora cactorum*으로 동정되었다. 유주자낭은 배지에서나 물속에서 형성이 잘되며 유두돌기가 뚜렷하게 돌출되어 있고, 크기는 $28\sim44\times20$ (av. 36×24) μm 였고, 형태는 구형 및 난형으로 유주자낭경으로부터 쉽게 이탈되었다. 유성생식형은 자웅동주로 배지에서 다량의 유성생식기관을 형성하였으며, 장난기 크기는 $28\sim32$ (av. 32) μm , 구형이고 엷은 노란색을 띠며, 장정기는 측착성(paragynous)이었다. 분리균주는 6°C 이하와 34°C 이상에서는 균사신장이 정지하였으며 난포자도 형성되지 않았다. *Phytophthora cactorum*에 의한 백합역병은 국내에서는 아직 보고된 바 없기에 미기록병으로 보고하는 바이다.

참고문헌

1. 岸國平. 1988. 作物病害事典. 全國農科教育協會. pp.605~610.
2. Erwin, D. D. and Riberio, O. K. 1996. *Phytophthora* disease worldwide. APS Press St. Paul Minnesota, USA, 562pp.
3. Jee, H. J., Cho, W. D. and Kim, W. G. 1997. *Phytophthora* disease of apple in korea; I. Occurrence of a destructive collar rot caused by *P. cactorum*. *Korean J. Plant Pathol.* 13: 139-144.
4. Jee, H. J., Cho, W. D. and Kim, W. G. 1997. *Phytophthora* disease of apple in korea; II. Occurrence of an unusual fruit rot caused by *P. cactorum* and *P. cambivora*. *Korean J. Plant Pathol.* 13: 145~151.
5. 지형진. 1998. *Phytophthora*속 균의 특성 및 분류. 한국식물병리학회 식물병과 농업 4(1): 79-89.
6. 한국식물병리학회. 1997. 한국식물병명목록. 제3판 436pp.
7. 임양숙, 정기채, 지형진, 김진수, 여수갑. 1998. *Phytophthora cactorum*에 의한 복숭아 과일역병. 한국식물병리학회지 14(1): 99~101.
8. 국립식물검역소. 1996. 식물검역연보. 365pp.
9. Stamps, D. J., Waterhouse, G. M., Newhook, F. J. and Hall, G. S. 1990. Revised tabular key to the species of *Phytophthora*. *Mycological paper.* No. 162.
10. Waterhouse, G. M. and Waterston, J. M. 1966. *Phytophthora cactorum*. *CMI Descriptions of Pathogenic Fungi and Bacteria.* No. 111.

(Received August 31, 1998)