

## *Phytophthora nicotianae*에 의한 국내 미기록 화훼류 역병

지형진\* · 김완규 · 김재영<sup>1</sup> · 임성언<sup>2</sup>

농업과학기술원 식물병리과, <sup>1</sup>원예연구소 화훼 2과, <sup>2</sup>제주도농업기술원 농업환경과

### Unrecorded *Phytophthora* Diseases of Flowering Plants Caused by *Phytophthora nicotianae* in Korea

Hyeong-Jin Jee\*, Wan-Gyu Kim, Jae-Yeong Kim<sup>1</sup> and Seong-Eon Lim<sup>2</sup>

Div. of Plant Pathology, National Institute of Agricultural Science and Technology

<sup>1</sup>Floricultural Division II, National Horticultural Research Institute

<sup>2</sup>Dept. of Agricultural Environment, Cheju Province Agricultural Technology Institute

**ABSTRACT:** Thirty-eight isolates of *Phytophthora* sp. caused rots on roots and basal stems were collected from five flowering plants from 1992 to 1997 at eight cultivation areas in Korea. All the isolates were identified as *P. nicotianae* based on following characteristics. The fungus produced markedly papillate, not caducous and ovoid to spherical sporangia, abundant chlamydospores, and small oospores with amphigynous antheridia only when paired with either A1 or A2 mating type. All isolates grew well at 35 °C and showed distinct arachnoid colony patterns on CMA and PDA. Sizes of sporangia and chlamydospores of five representative isolates from each plant averaged 43-52×30-38 μm and 28-34 μm. Mating type of the isolates was either A1 or A2, and oogonia and oospores were measured as 28-31 μm and 21-25 μm. PCR-RFLP analysis of rDNA of the five isolates resulted that restriction band patterns of the small subunit and ITS regions were identical to a perilla isolate of *P. nicotianae*, but distinct from *P. cactorum* and *P. capsici*. Cross inoculation tests showed that the five isolates had pathogenicity to lily, christmas cactus, anthurium, baby's breath and carnation with different degrees. However, each isolate showed stronger pathogenicity to its corresponding original host than others. Among five lily cultivars Georgia and Quirina were more susceptible than Napoli and others. This is the first report of *Phytophthora* root and stem rot of lily, Christmas cactus, anthurium, baby's breath and monochoria in Korea.

**Key words:** flowering plant, identification, *Phytophthora nicotianae*, PCR-RFLP of rDNA.

국민 소득 수준의 향상으로 각종 화훼 및 관상식물의 수요가 높아지면서 최근에는 다양한 화훼작물들이 시설 하우스에서 연중 재배되고 있다(16, 17). 거의 모든 화훼 및 관상식물은 *Phytophthora*속 균의 침해를 받으며 세계적으로 10종 이상의 역병균이 발생되고 있다(3, 4). 이들 중, *P. nicotianae*와 *P. palmivora* 및 *P. cryptogea*가 가장 중요한 병원균으로 알려져 있으며, *P. cactorum*, *P. cambivora*, *P. cinnamomi*, *P. citricola*, *P. capsici*, *P. drechsleri* 등도 화훼작물에 발생하는 것으로 알려져 있다(3, 4). 지(13)에 의하면 이들 역병균은 국내에 모두 분포하고 있는 것으로 알려져 있는데, 국내에 보고된 화훼류역병은 *P. cryptogea*에 의한 거베라역병(17), *P. nicotianae*에 의한 카네이션역병(24), *P. palmivora*에 의한 아레카야자역병(16) 및 *P. cactorum*에 의한 국화역병(21)이 기록되어 있을 뿐이다(19).

국내에는 해마다 매우 다양한 화훼류가 외국에서 수입되고 있을 뿐만 아니라 이들은 생육에 부적합한 환경과 연작, 다비, 잦은 관수 등으로 인하여 연약하게 자라므로 각종 병해로 인한 피해가 증가되고 있는데, *Phytophthora*에 의한 역병 발생도 증가될 것으로 판단되고 있다. 하지만, 화훼 및 관상식물에 발생하는 역병의 종류와 피해정도 및 병원균의 동정 등에 관한 연구는 아직 미흡한 실정이다. 본 연구는 1992년부터 1997년 사이 농업과학기술원 식물병리과에서 수행한 병해 임상진단 및 발생 조사 자료 중 *Phytophthora nicotianae*에 의한 화훼류 미기록 역병을 공식적으로 보고하여 이들 병해의 진단과 방제 연구에 기초자료로 활용하고자 실시하였다.

#### 재료 및 방법

**병원균 수집 및 발생조사.** 1992년부터 1997년까지 농업과학기술원 식물병리과 병해진단연구실에 의뢰된 화훼류 및 관상식물 병해진단 시료와 재배포장에서 수집

\*Corresponding author.

\*\*농업과학기술원 승인번호: 98-3-1-73

된 이병시료에서 역병균을 분리하였다. 병원균은 물한천 배지(water agar)와 역병균 반선택배양기를 이용하여 분리하였는데, 역병균 반선택 배양기는 옥수수배지(CMA, 17 g/l)를 멸균한 후 약 50°C로 식히고 pimaricin 10 ppm, rifampicin 10 ppm, ampicillin 100 ppm, PCNB 50 ppm을 첨가하여 조성하였다. 발병을 조사는 역병 발생 포장에서 달관조사 하였는데 조사면적과 조사포장 수는 작물별로 달랐으나 지역 및 작물별로 최소 2개 이상의 포장에서 조사하였다. 분리된 역병균은 10%V8배지에서 약 7일간 순수 배양한 다음 균사 절편을 내어 멸균수에(7 ml DW/screw cap tube, 길이 13 cm) 보존하면서 시험에 사용하였다.

**병원균 동정.** 분리된 *Phytophthora*속 균 중 5개 작물에서 분리된 38균주의 형태 및 배양적 특성은 매우 유사하여 동일 종으로 판단되었는데, 이들 중 각각의 작물에서 1균주씩 5개 대표균주를 선발하여 시험에 사용하였다. 유주자낭의 형태를 관찰하기 위하여 10%V8배지에서 3~4일간 자란 균총의 가장자리를 수술용 칼로 절편을(약 10×10 mm) 만들어 새로운 Petri dish로 옮기고 살균수 1.0 ml를 그 위에 떨어뜨려 균사 절편이 물방울에 완전히 잠기도록 한 다음 형광등이 조사된 24°C 항온기에서 24~48시간 배양하여 유주자낭을 형성시켰다. 온도별 균사생장속도는 CMA에서 5°C 간격으로 5~35°C 사이에서 조사하였으며 균총의 형태는 10%V8배지, 감자배지(PDA), CMA, 귀리배지(OMA)상에서 7일간 배양한 후 관찰하였다.

유성생식형과 난포자 관찰을 위해서 10%V8 주스배지에 4일간 자란 균총을 직경 7 mm의 cork borer로 agar disk를 만들어 새로운 Petri dish에 6개씩 옮기고 그 위에 polycarbonate membrane(PC MB 90 mm, 0.2 µm, Nucleopore Co., USA)을 덮었다. Dr. Ko(Dept. of Plant Pathology, University of Hawaii at Manoa)로부터 분양 받은 유성생식형 표준균주인 *P. parasitica*(=*P. nicotianae*) 991(A1)과 6134(A2)를 위와 같은 방법으로 agar disk를 만들어 각각 3개씩 PC membrane이 덮힌 실험균주의 agar disk 위에 뒤집어 올려놓고 빛이 없는 20°C 항온기에서 2주간 배양하였다. PC membrane과 표준균주의 agar disk를 제거한 다음 Petri dish 바닥에 있는 실험균주의 agar disk 표면에 형성된 난포자로 유성생식형과 형태를 조사하였다(18).

**PCR-RFLP에 의한 ribosomal DNA 분석.** 5개 화해 작물의 대표균주와 농업과학기술원 식물병리과에서 보존 중인 *Phytophthora*속 균주 중(13) 참가에서 분리된 *P. nicotianae*(P-9660), 사과에서 분리된 *P. cactorum*(Pb-9), 고추에서 분리된 *P. capsici*(Pa-11) 등 8개 균주를 시험에 사용하였다. 각 균주의 DNA 분리는 Lee와 Taylor(20)의 방법을 변형하여 사용하였다. 5% clarified V8

broth(1.0 ml/microtube 1.5 ml 용)에 이틀간 진탕 배양한 균사체를 수확하여 400 µl의 DNA 추출용액(3% SDS, 50 mM EDTA, 50 mM Tris-HCl pH 7.2, 1% 2-mercaptoethanol)을 첨가하고 유리막대로 균사를 마쇄한 다음 65°C에서 1시간 동안 열처리하였다. 여기에 동량의 phenol:chloroform(1:1)을 첨가하고 원심분리(13,000×g, 10분)하여 상층액을 모았다. 상층액에 isopropanol(54%, v/v)을 첨가하여 다시 원심분리(12,000×g, 5분)하고 침전된 핵산을 70% ethanol로 세척한 다음 진공건조 시키고 100 µl의 TE buffer(10 mM Tris-Cl pH 8.0, 1 mM EDTA)에 녹인 후 RNase를 첨가하여 37°C에서 30분간 처리하고 -20°C에 보존하면서 사용하였다.

rDNA의 small subunit와 ITS 영역을 증폭하기 위해서 White 등(28)이 개발한 primer NS1과 ITS4를 사용하였다. PCR 반응은 1X buffer[50 mM KCl, 10 mM Tris-HCl(pH 9.0), 0.1% triton X-100], dNTP 각각 0.1 mM, primer 각각 1 pM, MgCl<sub>2</sub> 1.5 mM에 template DNA 100 ng, Taq Polymerase 2 units(Promega)를 첨가하여 전체량을 100 µl로 하였다. PCR 반응 조건은 denaturation(95°C, 1분), annealing(58°C, 1분), extension(72°C, 2분)으로 하였는데, 첫 번째 denaturation은 4분, 마지막 extension은 8분으로 연장하여 총 35 cycle을 실시하였다. PCR 증폭여부는 1% agarose gel에서 전기영동으로 확인하였다.

증폭된 rDNA의 small subunit과 ITS 영역의 단편을 ethanol로 침전시킨 후 TE25 µl에 녹이고 1.0 µg되게 정량한 후 MSPI과 HaeIII로 절단하였다. 반응은 제조회사(Takara, Japan)의 권장조건에 따랐으며 절단된 단편들은 2~3% MetaPhor™ agarose(FMC Bioproducts), TBE buffer에서 전기영동하여 다형성을 관찰하였다.

**병원성 검정.** 전염원으로 사용할 유주자를 대량으로 형성시키기 위하여 병원균을 10%V8배지당 4개 지점에 접종하고 25°C에서 3일간 배양한 다음 균사절편(약 10×10 mm)을 내어 새로운 Petri dish에 20~40개씩 옮기고 멸균수를 20 ml씩 첨가하여 빛이 조사된 25°C 항온기에서 24~48시간 배양하였다. 유주자낭이 충분히 형성된 후 4°C에 약 30분간 저온 처리하여 유주자를 유출시켰으며 유출된 유주자는 4점의 가아제로 걸러서 접종원을 만들었다. 이때의 유주자 농도는 10<sup>4</sup>~10<sup>5</sup>/ml가 되게 조절하였으며, 원형 포트(직경 11 cm, 높이 10 cm)에서 60~90일간 자란 백합, 선인장, 카아네이션, 안개초, 안스리움에 20 ml씩 관주하였다. 작물별로 3주씩 접종실험에 공시하였으며 접종 7일과 14일 후에 이병정도를 조사하였다.

## 결 과

**역병 발생 및 증상.** 백합 역병은 1992년 제주도와

**Table 1.** Survey on *Phytophthora* diseases on flowering plants and collection of isolates

Host plant (Scientific name)	Location	Disease rate (%)	No. of isolates collected	Collection date
Lily ( <i>Lilium longiflorum</i> )	Cheju	15~40	7	Sep. 1992
	Seosan	3~22	12	1996~1997
Christmas cactus ( <i>Epiphyllum truncatum</i> )	Hwasung	1~10	4	Oct. 1995
	Pusan	<1	2	Feb. 1996
Baby's breath ( <i>Gypsophila elegans</i> )	Suwon	ND <sup>a</sup>	3	Aug. 1996
	Namwon	1~10	2	Aug. 1994
Anthurium ( <i>Anthurium andraenum</i> )	Koyang	>90	7	July 1996
Monochoria ( <i>Monochoria korsakowii</i> )	Namyangju	ND	1	July 1994

<sup>a</sup>ND: Not determined.

1996~1997년 충남 서산에서 조사되었는데 역병 발생율 각각 15~40%와 3~22%로 피해가 심하였다(Table 1). 발병 초기에는 아랫잎이 황화되고 시드는데 병이 진전되면 잎은 떨어지고 지체부 줄기는 썩어 쉽게 뽑힌다(Fig. 1-A, B).

개발선인장역병은 1995년 경기도 화성과 수원에서 발생이 처음으로 조사되었으며 1996년 부산에서도 발병이

확인되었다. 발병율은 1~10% 정도였으며 이병주의 뿌리는 썩고 아랫잎에 수침상 병반이 형성되는데 잎이 쉽게 떨어지는 특징을 보였다(Fig. 1-C, D).

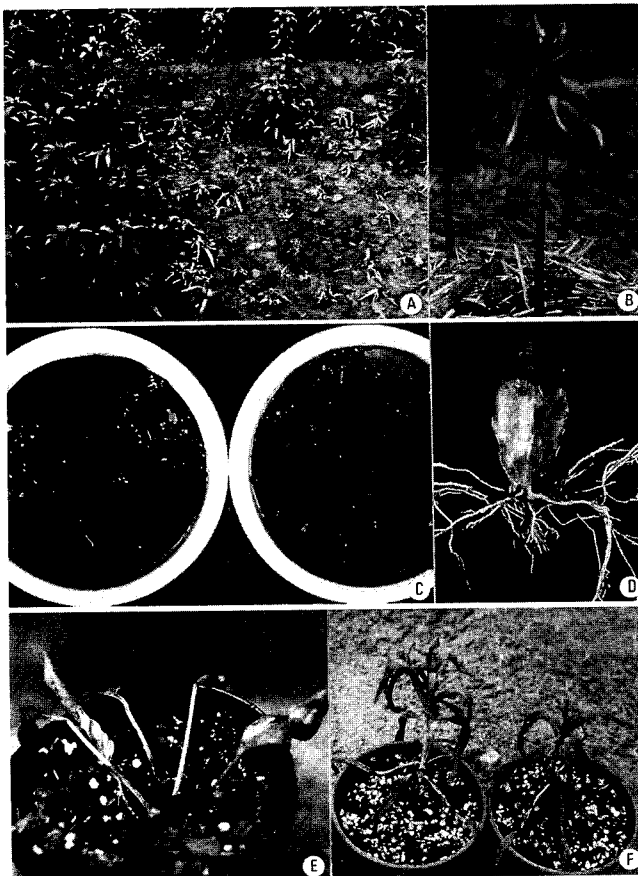
안스리움역병은 1996년 경기 고양의 일부 재배농가에서 대 발생하였는데 발병율이 90% 이상으로 피해가 극심하였다. 뿌리가 썩고 잎자루에 수침상의 병반이 생기는데 심한 경우에는 잎에도 병반이 진전되고 포기전체가 말라 죽는다(Fig. 1-E).

안개초역병은 남원과 수원에서 조사되었는데 발생율은 10% 이하로 피해가 낮았으나 유묘기에 과습하면 발생이 심한 것으로 조사되었다(Fig. 1-F). 병증상은 처음에 아랫잎부터 시들고 약간 황화되는데 진전되면 뿌리와 아랫줄기가 썩고 죽는다.

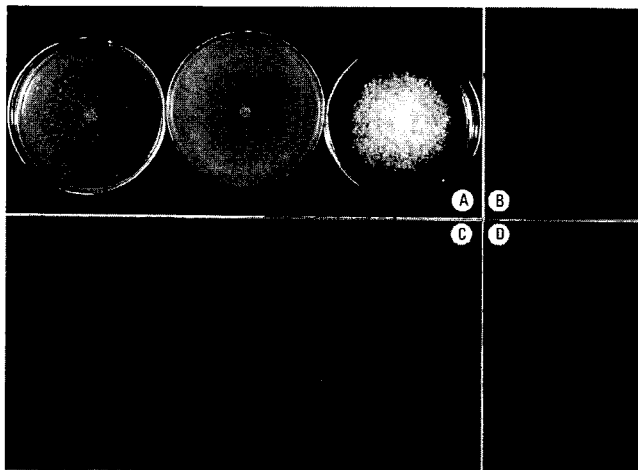
물옥잠 역병은 1994년 남양주의 한 민원인에 의해 확인되었는데 뿌리 및 지체부가 수침상으로 썩는 증상을 나타내었다.

병원균의 특성. 공시 역병균은 10%V8A, CMA, PDA, OMA 등 모든 배양기에서 다소의 기중균사를 형성하며 자랐는데, 10%V8와 OMA에서는 특별한 균총 형태를 나타내지 않았으나 CMA와 PDA에서는 특이한 거미집형태(arachnoid type)로 자랐는데 균주에 따라 다소 상이하였다(Fig. 2-A). 생육적온은 28°C 내외였으며 5°C에서는 생장하지 않았으나 35°C에서는 24시간 동안 약 2~4 mm 정도로 왕성하게 생장하였다(Table 2).

10%V8배지에서 유주자낭을 형성하였는데 물속에서 대량의 유주자를 더욱 쉽게 형성하였으며 유주자낭에는 대부분은 1개 간혹 2개의 뚜렷한 돌기가 있었고 탈락 정도는 낮았다. 유주자낭의 형태는 다양하게 나타나기도 하지만 대부분은 계란형이거나 구형에 가까웠다(Fig. 2-B, C). 유주자낭의 크기는 균주에 따라 다소 차이가 있으나 길이는 28~66, 폭은 20~48  $\mu\text{m}$  사이였으며 평균 43~52 $\times$ 30~38  $\mu\text{m}$ 였다(Table 2). 조사한 모든 균주들은 오래된 균사의 중간이나 끝에 구형인 후막포자를 쉽게 형성하였는데(Fig. 2-D, E), 크기는 18~50  $\mu\text{m}$ , 평균 28~34  $\mu\text{m}$  정도였다(Table 2). 모든 균주는 자웅이주균으로 안스리움과 안개꽃의 대표균주는 A1형, 백합과 개발선인



**Fig. 1.** Symptoms of *Phytophthora* rots on various flowering plants caused by *P. nicotianae*. A heavily infected lily field (A) and an infected plant under a greenhouse (B). Severely infected Christmas cactus (C, D), anthurium (E) and baby's breath (F).



**Fig. 2.** Morphological features of *Phytophthora nicotianae* caused rots on roots and stems of flowering plants. Colony patterns (A) on CMA (left), 10% V8A (center) and PDA (right), oospore (B), sporangia (C), and chlamydospores (D).

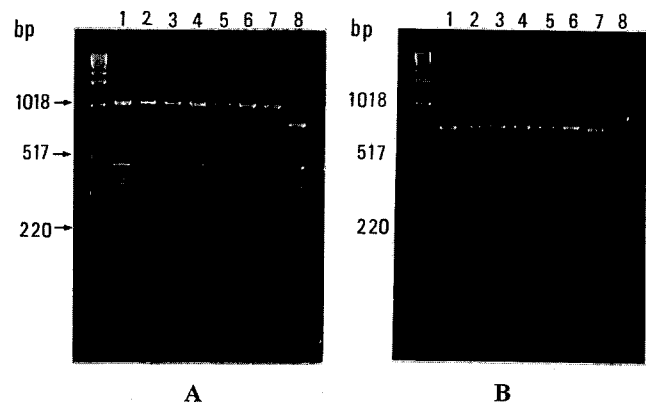
장 및 물속잠에서 분리된 균주는 A2형으로 조사되었다. 장난기와 난포자는 원형으로 표면은 매끈하였으며 무색으로 비충만형이(apterotic) 많았다(Fig. 2-F, G). 장정기는 모두 저착형(amphigynous type)으로 단세포였으며 원형이거나 짧은 원통형인 것이 많았다. 장난기의 크기는 24~34  $\mu\text{m}$  사이로 평균 28~30  $\mu\text{m}$  정도였으며 난포자는 평균 21~25  $\mu\text{m}$  정도였다(Table 2).

**PCR-RFLP에 의한 rDNA 분석.** 증폭된 *Phytophthora* 8균주의 rDNA ITS 영역과 small subunit의 크기는 약 2,600 bp로 조사되었다. 증폭된 rDNA의 영역을 MSPI로 절단하여 단편을 비교한 결과 참깨역병균인 *P. nicotianae*(P-9660)와 5종의 화훼류에서 분리된 대표균주들의 밴드형태는 일치하였으며 *P. cactorum*(Pb-9, lane 7)과 *P. capsici*(Pa-11, lane 8)와는 뚜렷이 구별되었는데, 이들 2종의 밴드형태도 서로 상이하게 나타났다(Fig. 3A). 하지만, HaeIII로 절단하였을 때는 *P. nicotianae* 및 화훼류 균주와 *P. cactorum*의 밴드 형태가 서로 구별되지 않았다(Fig. 3B).

**Table 2.** Size of reproduction structures of the five representative isolates of *Phytophthora* sp. collected from flowering plants in comparison with *P. nicotianae*

Host plant (Isolate no.)	Size of reproduction structures ( $\mu\text{m}$ )				Mating type	Growth at 35 °C (mm/24h)
	Sporangium (L×B)	Chlamydospore	Oogonium	Oospore		
Lily (P-9695)	32-54×24-36 av. 43.1×30.4	(20-)32.2(-40)	(26-)28.2(-30)	(-20)21.7(-24)	A2	3.3±0.2
Christmas cactus (P-9516)	40-48×20-42 av. 44.0×29.5	(22-)33.5(-46)	(24-)28.0(-30)	(20-)22.7(-26)	A2	4.1±0.4
Baby's breath (P-9538)	28-52×20-44 av. 47.7×32.5	(18-)28.5(-50)	(28-)29.5(-32)	(18-)24.2(-30)	A1	1.8±0.2
Anthurium (P-9640)	40-52×24-48 av. 45.3×34.4	(24-)29.1(-34)	(28-)30.2(-34)	(20-)24.0(-34)	A1	3.6±0.2
Monochoria (P-9545))	36-66×30-45 av. 51.8×38.0	(20-)32.6(-40)	(24-)28.8(-32)	(20-)23.5(-28)	A2	3.5±0.3
Erwin & Ribeiro <sup>a</sup>	11-60×20-45 av. 40.2×28.5	(13-)28.0(-60)	(15-)26.8(-64)	(13-)22.6(-35)	A1, A2	Grow well
Ho & Jong <sup>b</sup>	47.5±5×35±4	av. 33±4	av. 29±2	23±2	A1, A2	All grow

<sup>a, b</sup> Refer reference numbers 5 and 11.



**Fig. 3.** Restriction patterns of the small subunit and ITS regions of ribosomal DNA of *Phytophthora* digested with MSPI (A) and HaeIII (B). Lane no. and original host: 1; lily P-9695, 2; Christmas cactus P-9516, 3; Baby's breath P-9538, 4; Anthurium P-9640, 5; Monochoria P-9545, 6; *P. nicotianae* (P-9660), 7; *P. cactorum* (Pb-9), 8; *P. capsici* (Pa-11).

**병원성 검증.** 쿠킹 등 5개 백합 품종은 백합에서 분리된 두 균주의 유주자낭 접종 14일 후에 모두 발병되었는데, 그 중 나폴리가 다른 품종에 비하여 다소 저항성으로 나타난 반면 조오지아와 퀴리나는 다소 감수성으로 나타났다. 두 균주간의 병원성 차이는 인정되지 않았다(Table 3). 계발선인장, 안스리움, 안개초, 물속잠의 대표 균주들을 선인장 2품종, 안스리움, 안개초 및 카아네이션

**Table 3.** Pathogenicity of two lily isolates of *Phytophthora* sp. to lily cultivars by artificial inoculation

Lily cultivar	Inoculated isolate and disease severity		
	L-2	L-3	Control
Cooking	+ <sup>a</sup>	++	-
Apalton	++	+	-
Georgia	++	++	-
Quirina	++	++	-
Napoli	+	+	-

<sup>a</sup> Degree of stump rot: -, none, +, weak, ++, severe recorded at 14 days after inoculation.

**Table 4.** Pathogenicity of *Phytophthora* isolates collected from flowering plants by cross inoculation

Original host (Isolate no.)	Tested plant and the disease severity <sup>a</sup>				
	Cactus		Baby's breath	Anthurium	Carnation
	Christmas	Denmark			
Christmas cactus (P-9516)	0.7 <sup>b</sup>	4.0	3.7	4.0	1.3
Baby's breath (P-9538)	0.3	2.3	4.0	3.0	3.3
Anthurium (P-9640)	0.3	0.7	3.7	4.0	1.7
Monochoria (P-9545)	0.3	1.3	4.0	3.3	3.7
Control	0	0	0	0	0

<sup>a</sup>Degree of the disease severity: 0; healthy, 1; mild wilt 2; wilt and stem rot, 3; severe stem rot, 4; death.

<sup>b</sup>Values are means of three plants recorded at 14 days after inoculation.

에 교차로 접종하였을 때 전 균주가 모든 접종 작물에 병원성을 나타내었다. 접종 작물 중 안개초와 안스리움이 감수성이었으며 계발선인장이 가장 저항성으로 나타났고 균주간 병원성 차이는 인정되지 않은 반면 각 균주는 분리된 기주작물에 대해 다소 강한 병원성을 나타내는 경향이였다(Table 4).

## 고 찰

백합 등 5개 화훼작물에서 수집된 38균주의 균학적 특성은 여러 연구자에 의해 기술된 *Phytophthora nicotianae*(=*P. parasitica*)와 거의 일치하였다(2, 3, 5, 10-12, 14, 23, 25). *P. nicotianae*는 자웅이주체로 유두돌기가 뚜렷한 비탈락성의 유주자낭을 다량 형성하고, 24 μm 이하의 작은 난포자와 저착형인 장정기를 형성하며, 35°C에서도 잘 성장하고, 배양기에서 거미집 형태로 자라는 특성으로 다른 종과 쉽게 구별된다(5, 10, 11, 15). *P. nicotianae*는 1896년 Breda de Haan가 처음으로 담배에서 분리하여 명명하였는데 장정기를 측착형(paragynous)로 잘못 기술하였기 때문에 1913년에 Daster가 보고한 *P. parasitica*와 동일종이면서 현재까지 서로 혼용되고 있다(5, 11). 세계적으로 후자가 전자보다 자주 사용되는 종명임에도 불구하고 많은 연구자들은 국제식물명명규약(International Code of Botanical Nomenclature)의 우선권에 따라 *P. nicotianae*로 명명하는 것이 옳다고 주장하고 있으므로(5, 11, 27), 본 연구자들도 이들 균을 *P. nicotianae*로 명명하고자 한다.

Waterhouse(27)와 Stamps 등(25)은 이들 균을 *P. nicotianae* var. *parasitica*와 *P. nicotianae* var. *nicotianae*로 구분하였는데, 실제로 이들 변종은 형태적으로 서로 구분되지 않으며(9, 11, 26), 여러 가지 생화학적 유전적 분석결과에 의해서도 이들은 동일 종으로 밝혀져(5, 7, 8, 22), 현재는 이들 균주간의 사소한 형태적 차이로 인한 변종은 인정되지 않고 있다. 본 연구에서도 *P. nicotianae*로 동정된 화훼류 역병균은 균주에 따라 유주자낭 및 난포자의 형태와 크기가 다소 상이하게 조사되었는데

(Table 2) rDNA의 PCR-RFLP 분석 결과로는 모든 균주가 동일한 밴드형태를 나타내어 서로 구분할 수 없었다.

*Phytophthora*속 균 중 *P. nicotianae*는 *P. cinnamomi*와 함께 기주범위가 가장 넓은 병원균으로 1,000여종의 각종 식물을 침해하며 전 세계적으로 분포하고 있다(5, 23). 지(13)에 의하면 국내에도 *P. nicotianae*는 참깨, 유자, 화훼류, 약초류 등 15개 작물에서 분리되어 국내 발생 역병균 중 가장 넓은 기주를 가지고 있는 것으로 조사되었는데 실제로는 이보다 훨씬 많은 기주를 침해할 것으로 판단된다. 세계적으로는 10종 이상의 역병균이 각종 화훼류 및 관상식물을 침해하는 것으로 보고되어 있는데, 그 중 *P. nicotianae*, *P. cryptogea* 및 *P. palmivora*가 가장 중요한 병원균으로 알려져 있다. 외국의 경우에도 *P. nicotianae*는 백합, 안개꽃, 선인장, 안스리움 등 대부분의 화훼류에 발생하는 것으로 보고되어 있으며(1, 2, 6), 국내에는 카네이션 역병균으로 보고된 바 있다(24).

역병 발생을 조사 결과 안개꽃과 계발선인장에서는 10% 이하로 비교적 피해가 적었으나 제주도 백합과 경기 고양의 안스리움 재배 포장에서는 역병 발생율이 각각 15~40%와 90% 이상으로 피해가 아주 심하였는데, 역병은 발생 환경이 적당하면 급속히 번져 대 발생할 수 있기 때문에(5, 23) 화훼류 재배에서 경계해야할 병해이다. 실험에 사용한 5 균주는 다른 작물보다 분리기주에 대해 다소 강한 병원성을 나타내었지만 모든 접종작물에 교차 병원성을 나타내었으므로 기주 특이성은 없는 것으로 조사되었다. 이상의 결과로 *P. nicotianae*에 의한 백합, 계발선인장, 안스리움, 안개초 및 물옥잠역병은 국내에서 처음으로 보고하는 바이다.

## 요 약

1992년부터 1997년 사이 전국 8개 지역에서 역병 미기록 기주인 백합, 계발선인장, 안스리움, 안개초 및 물옥잠 등 5개 화훼 작물에서 *Phytophthora*속 균 38균주를 수집하였다. 이들은 모두 유두돌기가 뚜렷하고 비탈락성인 구형 혹은 계란형의 유주자낭과 다량의 후막포자를 형성

하였다. 공시균 들은 유성생식형이 서로 다른 균주와 교배시 저착형의 장정기를 가진 작은 난포자를 형성하였으며 35°C에서 잘 성장하고, CMA와 PDA에서 특이한 거미집 형태로 자라는 특성을 나타내어 *Phytophthora nicotianae*로 동정되었다. 각 작물에서 분리한 5개 대표균주의 유주자낭 및 후막포자의 평균 크기는 각각 43-52×30-38 μm와 28~34 μm였고, 장난기와 난포자 평균 크기는 28~31 μm와 21~25 μm였으며 유성생식형은 A1형이거나 A2형 이었다. PCR-RFLP에 의한 rDNA 분석 결과 이들 5균주는 참깨에서 분리된 *P. nicotianae*와 동일한 밴드형태를 나타낸 반면 사과와 고추에서 분리된 *P. cactorum*과 *P. capsici*와는 완전히 구별되었다. 이들 균은 백합, 계발선인장, 안스리움, 안개초 및 카아네이션 등 모든 공시 화훼작물에 병원성을 나타냈으며 각 균주는 분리기주에 대해 다소 강한 병원성을 나타내는 경향이 있었다. 백합 5품종은 백합에서 분리된 두 균주에 모두 발병되었는데 이들 중 조오지아와 퀴리나는 나폴리 등 다른 품종보다 다소 감수성이었으며 두 균주간의 병원성 차이는 없었다. 국내에서는 *P. nicotianae*에 의한 백합, 계발선인장, 안스리움, 안개초 및 물옥잠역병이 처음으로 보고되는 바이다.

### 참고문헌

- Ann, P. J. 1992. New disease and records of some important flower plants caused by *Phytophthora parasitica* in Taiwan. *Plant Pathology Bulletin* 1: 166-173.
- Cacciola, S. O. and Lio, M. D. S. 1988. Foot rot of prickly pear cactus caused by *Phytophthora nicotianae*. *Plant Disease* 72: 793-796.
- Chase, A. R. 1987. *Compendium of ornamental foliage plant diseases*. APS press, St. Paul Minn. USA. 92pp.
- Daughtrey, M. L., Wick, R. L. and Peterson, J. L. 1995. *Compendium of flowering potted plant diseases*. APS press, St. Paul Minn. USA. 90pp.
- Erwin, D. C. and Ribeiro, O. K. 1996. *Phytophthora diseases worldwide*. APS press, St. Paul, Minnesota, USA. 562pp.
- Far, 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 USA. 1252pp.
- Forster, H. and Coffey, M. D. 1991. Approaches to the taxonomy of *Phytophthora* using polymorphism in mitochondrial and nuclear DNA. Pages 164-183 in: *Phytophthora*. Cambridge Univ. Press, Cambridge, UK.
- Forster, H., Oudemans, P. and Coffey, M. D. 1990. Mitochondrial and nuclear DNA diversity within six species of *Phytophthora*. *Exp. Mycol.* 14: 18-31.
- Hall, G. 1993. An integrated approach to the analysis of variation in *Phytophthora nicotianae* and a redescription of the species. *Mycol. Res.* 97: 559-574.
- Ho, H. H. 1981. Synoptic keys to the species of *Phytophthora*. *Mycologia* 73: 705-714.
- Ho, H. H. and Jong, S. C. 1989. *Phytophthora nicotianae* (*P. parasitica*). *Mycotaxon* XXXV(2): 243-276.
- Ho, H. H., Ann, P. J. and Chang, H. S. 1995. The genus *Phytophthora* in Taiwan. *Institute of Botany, Academia Sinica Monograph Series* No. 15.
- 지형진. 1998. *Phytophthora*속 균의 특성 및 분류. *식물병과 농업* 4: 79-89.
- Jee, H. J., Cho, W. D. and Kim, W. G. 1997. *Phytophthora* diseases of apple in Korea: I. Occurrence of a destructive collar rot caused by *P. cactorum*. *Korean J. Plant Pathol.* 13: 139-144.
- Jee, H. J., Cho, W. D., Kim, K. S. and Kim, Y. S. 1997. Occurrence of yuzu (*Citrus junos*) gummosis caused by *Phytophthora nicotianae*. *Korean J. Plant Pathol.* 13: 442-445.
- Jee, H. J., Kim, W. G. and Cho, W. D. 1997. First report of *Phytophthora palmivora* isolated from Areca palm and soil in Korea. *Korean J. Plant Pathol.* 13: 438-441.
- Jee, H. J., Kim, W. G., Lee, S. Y. and Cho, W. D. 1996. *Phytophthora cryptogea* causing the foot rot of *Gerbera jamesonii* in Korea. *Korean J. Plant Pathol.* 12: 374-376.
- Ko, W. H. 1978. Heterothallic *Phytophthora*: Evidence for hormonal regulation of sexual reproduction. *J. Gen. Microbiol.* 107: 15-18.
- 한국식물병리학회. 1998. 한국식물병명목록. 제3판. 436pp.
- Lee, S. B. and Tayler, J. W. 1990. Isolation of DNA from fungal mycelia and single spores. 282-287pp. in *A guide to methods and applications*. APS press, St. Paul Minn. USA. 92pp.
- 이은중, 이영희, 조원대, 김원규, 류화영. 1989. 화훼병해 원색도감. 농업기술연구소(현 농업과학기술원). 201pp.
- Oudemans, P. and Coffey, M. D. 1991. A revised systematics of twelve papillate *Phytophthora* species based on isozyme analysis. *Mycol. Res.* 95: 1025-1046.
- Ribeiro, O. K. 1978. A source book of the genus *Phytophthora*. J. Cramer, Lehre, Germany. 420pp.
- 류경열, 진경식, 이영희. 1998. *Phytophthora nicotianae*에 의한 카아네이션 역병. *한국식물병리학회지* 14: 115-119.
- Stamps, D. J., Waterhouse, G. M., Newhook, F. J. and Hall, G. S. 1990. Revised tabular key to the species of *Phytophthora*. *Mycological Papers* No. 162.
- Tsao, P. H. and Sisemore, D. J. 1978. Morphological variability in *Phytophthora parasitica* (*Phytophthora nicotianae*) isolates from citrus, tomato, and tobacco (Abstr.). *Phytopathol. News* 12: 213.
- Waterhouse, G. M. 1963. Key to the species of *Phytophthora* de Bary. *Mycol. Pap.* 92. 22pp. Commonw. Mycol. Inst. Kew, U.K.
- White, J. J., Bruns, J., Lee, S. B. and Taylor, J. 1990. Amplification and direct sequencing of fungus ribosomal RNA genes for phylogenetics. pp. 315-322, in *A guide to methods and applications*. APS press, St. Paul Minn. USA. 92pp.

(Received October 14, 1998)