

딸기 역병균 *Phytophthora nicotianae* var. *nicotianae*의 균학적 특성 및 딸기 품종간 저항성

송주희 · 노성환 · 박현철¹ · 문병주*

동아대학교 생명자원과학대학 농생물학과, ¹밀양산업대학교 농학과

Mycological Characteristics of *Phytophthora nicotianae* var. *nicotianae* Causing *Phytophthora* Rot of Strawberry and Resistance of Strawberry Cultivars to the Pathogen

Ju Hee Song, Seong-Hwan Roh, Hyun Cheol Park¹ and Byung Ju Moon*

Department of Agricultural Biology, College of Natural Resources and Life Science,
Dong-A University, Pusan 604-714, Korea

¹Department of Agronomy, Miryang National University

ABSTRACT: Mycological characteristics of *Phytophthora nicotianae* var. *nicotianae* SPC10 (A1 type) causing *Phytophthora* rot of strawberry and the resistances of 11 strawberry cultivars against the pathogen were examined. Optimum temperature for the mycelial growth of the pathogen was obtained in the range of 30~35°C, and the growth was completely stopped under 13°C or over 42°C. Aerial mycelia were abundant on oatmeal agar (OMA), V-8 juice agar (V8A) and lima bean agar (LBA) medium, although there were slight differences, however, on cornmeal agar (CMA) medium, it was a shape of stellate without aerial mycelia. The colony shape on potato dextrose agar (PDA) medium was rough and irregular whereas the mycelial growth was slow, and some aerial mycelia were only produced in the middle of PDA medium. Optimum temperature for sporangial formation was 30°C, and zoospores were mostly released at 25°C from the sporangia. Sporangia were more produced in C/Z solution with pH 5.0~6.0 than sterilized distilled water (SDW) and distilled water (DW), and zoospores were also released much more than other solutions. Eleven strawberry cultivars such as Reiko, Hokowase, Eyeberry, Akaneko, Sistakara, Toyonaka, Nyoho, Suhong, Suhong, Myhong and Wonkyo #3104 revealed the disease incidence up to 88.9~100% by the leaf inoculation with mycelial disk. However, Nyoho and Suhong showed higher level of resistance against the pathogen by root inoculation.

Key words: pathogenicity, *Phytophthora nicotianae* var. *nicotianae*, *Phytophthora* rot, resistance cultivar, strawberry, zoospores.

작물, 수목, 과수, 채소, 화훼, 약초 등 많은 식물에 역병을 발생시키는 *Phytophthora*속 균중 대부분의 종은 다변성 토양전염성 병원균으로서 급속한 병의 진전, 광범위한 병의 확산 및 화학적 방제의 어려움 등으로 인해 그 피해가 심각한 병해로 알려져 있다(9, 12, 14, 18). *Phytophthora*속균의 기준종인 감자 역병균이 1876년에 *P. infestans*(Mont.) de Bary로 명명된 이래 전 세계적으로 59종과 5변종이 보고되어 있으며(5, 15, 16) 국내의 경우 15종의 역병균이 46개 작물에서 발생된 것으로 보고되고 있다(9). 이들중 딸기 역병균으로는 Suzui 등(18)과 Matsuzaki 등(14)에 의해 *P. nicotianae* var. *parasitica*가 1980년에 일본에서 처음 보고되었다.

국내에서는 수년전부터 경남 김해시 일대의 딸기 재배농가 포장에서 딸기의 뿌리 윗부분에서 아래쪽으로 갈변되어 뿌리 전체와 잎자루의 아랫쪽까지 퍼져 상부가 위축되어 잎마름증상을 나타내어 결국 묘 자체가 고사하게 되는데 병든뿌리의 윗부분을 잘라보면 껍질쪽에서 중심부를 향해 공동이 형성되어 있으며, 잎의 초기 병징은 흑갈색의 방추형 내지 타원형으로 진전되고 특히 고온시에는 병 진전이 빠르며 암갈색의 부정병반이 형성되는등 역병과 유사한 증상의 병해가 69.2%~83.6% 정도까지 발생하였다. 이에 1997년 8월에 필자 등은 이와 같은 포장에서 병원균을 분리하여 본균의 형태적 특성을 중심으로 Waterhouse 등에 의한 형태적 기준(6, 7, 11, 16, 19, 21, 22)에 따라 동정한 결과 *P. nicotianae* var. *nicotianae*에 의한 딸기 역병으로 밝혀져 이미 보고

*Corresponding author.

한바 있다(17).

그런데 본 병은 일본으로부터의 딸기 유묘 수입을 통해 국내에 유입되었을 것으로 추정되며 더욱이 UR협상 타결 이후 우리나라의 농업구조가 고부가가치 농산물의 생산 형태로 바뀌어 가고있는 시점에서 본 병에 대한 효과적인 방제법에 관한 연구가 국내에서는 전혀 이루어져 있지 않기 때문에 최근 국내 딸기 재배지역에서 심각한 피해가 발생되고 있어 그 방제대책의 수립이 시급한 실정에 있다.

따라서 본 연구에서는 본 군의 균학적 특성을 조사하고 현재 농가에서 주로 재배되고 있는 딸기 품종들의 본 병원균에 대한 저항성을 검정함으로써 생물적 방제 및 저항성 딸기 품종을 이용한 딸기 역병의 방제를 위한 기초자료로 활용하고자 실시하였다.

재료 및 방법

공시 균주. 본 실험에 사용된 *Phytophthora nicotianae* var. *nicotianae* SPC10 균주는 1997년 경남 김해시 일대의 딸기 포장에서 역병 증상을 나타낸 딸기 품종 여홍(Reiko)의 관부로부터 potato dextrose agar(PDA)와 *Phytophthora* 선택배지인 PAR(cornmeal agar 17 g, pimaricin 10 mg, rifampicin 10 mg, ampicillin 25 g, distilled water 1 l) 및 *Pythium* 속 균 억제배지인 BNPRA (PDA 39 g, benomyl 0.01 g, nystatin 0.025 g, PCNB 0.025 g, rifampicin 0.01 g, ampicillin 0.5 g, hymexazol 0.05 g, distilled water 1 l) 배지를 이용하여 분리되었으며(10, 13), *P. capsici* A₂ 균주와 대치배양으로 난포자를 형성시킴으로써 heterothallic A₁ type으로 확인된 균주이다(17).

균학적 특성. 균사 생장 최적온도는 직경 10 mm의 균사 절편을 PDA 평판배지 중앙에 이식하여 15~40°C 범위내에서 5°C 간격으로 조정된 항온기에 배양하면서 경시적으로 균총 직경을 측정하였다. 그리고, 최고, 최저 한계 온도를 조사하기 위해, 한계 온도 범위에서 2°C 간격(최저: 9°C, 11°C, 13°C, 15°C, 최고: 40°C, 42°C, 44°C)으로 재배양하여 조사하였다. 배지별 균사 생장 정도 및 균총 형태조사는 직경 6 mm의 균사절편을 PDA, cornmeal agar(CMA), V-8 juice agar(V8A), oatmeal agar(OMA) 및 lima bean agar(LBA) 배지에 각각 6 반복씩 이식하고, 이를 균사 생육 적온으로 확인된 30°C와 35°C에 각 3반복씩 온도를 달리하여 배양하였다. 배양 3일째에 균총의 직경을 측정하고 기증 균사량 및 균총의 형태는 달관 조사하였다. 유주자낭 형성 및 유주자 방출 최적 온도는 병원균을 V8A 배지에 이식하여 30°C에서 4~5일간 배양한 후 10 mm의 cork borer로 절취한 균사절편을 C/Z solution, pH 6.5(3)에 이식하여 15°C, 20°C, 25°C, 30°C의 각 온도에

서 24시간 정치배양하여 온도별로 유주자낭 형성량을 광학현미경($\times 200$)으로 조사하였다. 유주자 방출률 조사시에는 30°C에서 유주자낭을 형성 시킨 후 이것을 이 온도 보다 낮은 온도에서 5°C 간격(25°C, 20°C, 15°C, 10°C, 5°C)으로 1~2시간 재배양하여 유주자가 형성된 채 남아 있는 유주자낭의 수와 유주자가 방출된 유주자낭의 수를 광학현미경($\times 200$)으로 조사하여 백분율로 표시하였다. 배양액 및 pH에 따른 유주자낭 형성량조사는 유주자낭 형성용 배양액으로 C/Z solution(3)과 살균수 및 종류수 등 3종류의 배양액을 사용하였으며 각 배양액의 pH를 5, 6, 7, 8, 9로 각각 보정하였다. 병원균을 V8A 배지에 이식하여 30°C에서 4~5일간 배양한 후 10 mm의 cork borer로 절취한 균사절편을 각 배양액에 이식하여 24시간 정치배양한 후, 일부를 절취하여 광학 현미경상에서 시야당($\times 200$) 형성된 유주자낭의 수를 조사하였다(4).

딸기 품종간 저항성 검정. 본 실험에 사용된 딸기 품종은 국내 딸기재배 농가에서 많이 재배되고 있는 여홍(Reiko)을 비롯하여 수입 품종인 보교조생(Hokowase), 아이베리(Eyeberry), 아까네코(Akaneko), 정보(Sistakara), 토요노까(Toyonoka) 및 여봉(Nyoho)과 개량 육성 품종인 설홍(Sulhong), 수홍(Suhong), 미홍(Myhong), 원교 #3104(Wonkyo #3104) 등 총 11품종을 공시하였다. 이 상의 딸기품종은 원예시험장 부산지장으로부터 분양 받았다.

품종별 저항성정도를 조사하기 위하여 병원균의 균사 절편(품종별 6반복) 및 유주자 부유액(품종별 5반복)을 이용하여 병원성을 검정하였다. 균사절편 접종은 Matsuzaki 등(14)의 방법에 따라 병원균을 PDA 평판배지에 이식하여 28~30°C에서 4~5일간 배양한 후 직경 10 mm의 cork borer로 절취한 균사절편을 딸기 잎의 끝 부분에 유상과 무상으로 접종하였으며 유상 처리는 carbendazim #150으로 잎뒷면을 살짝 문질러서 처리하였다. 유주자 부유액 접종은 Suzui 등(18)과 Chen 등(3)의 방법에 따라 병원균을 V8A 배지(16)에 이식하여 28~30°C에서 4~5일간 배양한 후 10 mm의 cork borer로 절취한 균사절편 5개 이상을 C/Z solution, pH 6.5(3)에 정치하여 29~30°C로 24시간 배양한 후 정치한 균의 일부를 절취하여 광학 현미경상에서 유주자낭의 형성유무를 관찰하고 이 부유액을 다시 24~25°C에서 1~2시간 배양하여 유주자의 형성과 유주자낭에서의 방출여부를 관찰하였다. 이렇게 형성된 유주자 부유액에 수세한 딸기묘의 뿌리를 2시간 동안 침지시킨 후 멸균 토양을 넣은 pot에 심고, 남은 유주자 부유액을 심겨진 딸기묘 뿌리 주위에 뿌린 후 흙을 덮었다(5, 15, 16). 접종된 식물은 25~30°C, 상대습도 80~100%의 식물 생육상 내에서 각 12시간씩 광암처리하여 생육시켰으며 접종 15일째와 20일째에 이병주률을 조사하였다.

결 과

균학적 특성. 본 균의 PDA 배지상에서의 균사생장 최적온도는 30~35°C였으며, 13°C 이하와 42°C 이상에서는 생장이 완전히 정지되었다(Fig. 1).

배지별 균사 생장 정도 및 균총 형태를 5종류의 배지를 사용하여 균사 생장 적온인 30°C와 35°C에서 조사한 결과 양 온도간에 큰 차이없이 OMA 배지에서 균사 생장이 가장 빨랐으며, 다음은 V8A, LBA, CMA, PDA 배지의 순이었다. 또한 각 배지별 기중균사량 및 균총형태는 OMA, V8A 및 LBA 배지에서 기중균사량이 배지별 다소 차이는 있으나 대체로 풍부하였고 cotton이 뭉쳐진 것과 같은 형태의 균총으로 나타났으며, CMA 배지상에서는 방사상 형태(settlate colony pattern)로 균총이 자라고 기중균사는 거의 형성되지 않았다. PDA 배지상에서는 거칠고 불규칙한 형태(arachnoid colony pattern)의 균총으로서 생장속도도 느릴 뿐만 아니라 기중균사는 중앙 부위에만 약간 형성되었다. 30°C와 35°C간에 기중균사량의 차이가 없었다(Table 1).

온도에 따른 유주자낭의 형성량 및 유주자낭으로부터의 유주자 방출률을 조사한 결과 유주자낭 형성량은 30°C에서 시야당 평균 84.3개로 가장 많은 수의 유주자낭이 형성되었고 유주자 방출률은 이보다 5°C 낮은 25°C에서 평균 83.9%로 가장 높았으며, 유주자낭 형성과 유주자 방출을 위한 배양온도 사이의 차이가 클수록 유주의 방출률이 낮았다(Fig. 2).

유주자낭 형성시 배양액의 종류 및 pH에 따른 유주자낭의 형성량을 조사한 결과 pH 5~6의 무기화합물이 함유된 C/Z solution에서 가장 많은 수의 유주자낭이 형성되었으며 유주의 방출도 많이 관찰되었다. 다음으로는 pH 5~6의 살균수보다 증류수에서 더 많은 유주자낭이 형성되었다(Table 2).

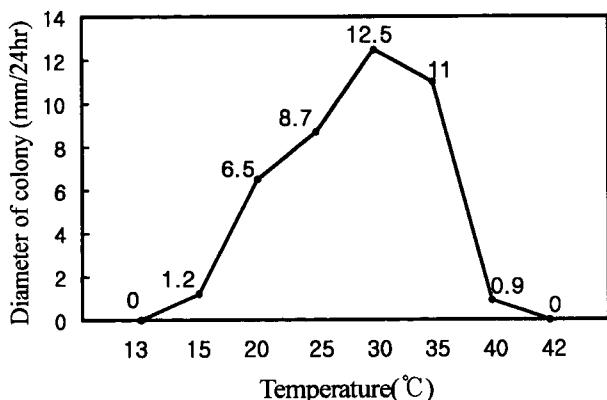


Fig. 1. Mycelial growth of *Phytophthora nicotianae* var. *nicotianae* SPC10 on PDA according to the incubation temperature.

딸기 품종간 저항성 검정. 11품종의 딸기를 공시하여 *P. nicotianae* var. *nicotianae* SPC10에 대한 품종간 저항성 정도를 조사하기 위해 균사 절편 및 유주자 부유액을

Table 1. Effects of media on mycelial growth of *Phytophthora nicotianae* var. *nicotianae* SPC10 after incubation for 3 days at 30°C and 35°C

Media	Linear growth (mm) ^a		Aerial mycelia ^b		Colony pattern
	30°C	35°C	30°C	35°C	
PDA	43.0e	39.3e	+	+	arachnoid
CMA	44.0de	44.7de	-	-	stellate
V8A	65.0b	64.3b	++	++	cottony
LBA	54.3c	50.7cd	++	++	cottony
OMA	72.7a	70.3ab	+++	+++	cottony

^aEach value represents the mean of 5 replications. Means within the column followed by the same letter are not significantly different ($P<0.05$) according to the Duncan's multiple comparison test.

^bThe formation was inspected with the naked eye. + to +++; denotes increasing formation, -; no formation.

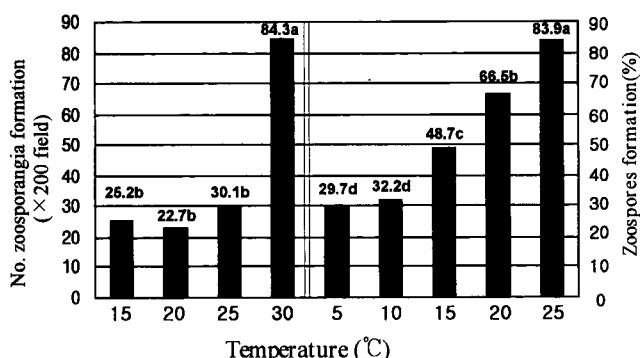


Fig. 2. Number of zoosporangia and rate of zoospores formation of *Phytophthora nicotianae* var. *nicotianae* SPC10 according to the incubation temperature. The isolate was pre-cultured on V-8 juice agar for 4 or 5 days at 30°C, and incubated in C/Z solution adjusted to pH 6.5 for 24 hours at the various temperatures.

Table 2. Effects of culture solutions and pHs on zoosporangia formation of *Phytophthora nicotianae* var. *nicotianae* SPC10

pH	No. zoosporangia formation (200× field) ^a		
	C/Z sol.	Sterilized water	Distilled water
5	56.4a	2.9cd	12.7bc
6	54.2a	2.4d	13.6b
7	13.6b	1.7d	6.3bcd
8	6.2bcd	2.4d	4.9bcd
9	8.4bcd	4.1bcd	9.7bcd

^aEach value represents the mean of 10 replications. Means within the column followed by the same letter are not significantly different ($P<0.05$) according to the Duncan's multiple comparison test.

Table 3. Resistance of 11 strawberry cultivars to infection by *Phytophthora nicotianae* var. *nicotianae* SPC10

Cultivar	% Rate of diseased plants by		
	Mycelial disk ^a	Zoospore suspension ^b	Control
Reiko	100	100	0
Hokowase	94.4	80	0
Eyeberry	94.4	100	0
Akaneco	100	100	0
Sistikara	100	100	0
Toyonoka	88.9	100	0
Nyoho	94.4	0	0
Sulhong	100	100	0
Suhong	94.4	0	0
Myhong	100	100	0
Wonkyo #3104	94.4	100	0

^aValues were examined after leaf inoculation for 15 days with mycelial disk, and indicate means of 6 replicates.

^bValues were examined after root inoculation for 20 days with zoospore suspension, and indicate means of 5 replicates.

각각 잎 및 뿌리에 접종한 결과 군사 절편 접종에서는 접종 후 3일째부터 설홍, 토요노끼를 제외한 모든 품종에서 발병되기 시작하여, 접종 후 15일째에는 전 품종에서 88.9~100%까지 역병증상이 나타났다. 대체적으로 접종 부위를 중심으로 갈변하여, 중륵을 따라 진전되었으며, 병반둘레에 나타난 yellow 현상이 엽면적에 비례해 정도의 차이는 있었으나 품종간의 큰 차이는 없었다.

유주자 부유액 접종에서는, 접종 2주 후부터 증상이 나타기 시작하여 접종 후 20일에는 수홍과 여봉을 제외한 모든 품종이 80~100%의 높은 발병률을 나타냈다. 이들 9품종은 처음에는 시들음 증상을 보이다가 관부에 인접한 잎자루에서부터 갈변하기 시작하여 잎의 중륵을 따라 진전되었으며 결국 잎이 전체적으로 황갈색 내지 암갈색으로 변하여 식물 전체가 고사 하였으나 수홍과 여봉은 접종 5주 후까지도 전혀 발병되지 않는 강한 저항성을 나타내었다(Table 3).

고 찰

OMA, V8A, LBA, CMA 및 PDA배지를 사용하여 딸기 역병균 *Phytophthora nicotianae* var. *nicotianae* SPC 10 군주의 군사생장 및 군총형태를 조사한 결과 OMA 배지에서 생장이 가장 양호했으나 배지의 불투명성 때문에 다양한 군학적 특성을 관찰하기에 부적당하였다. 한편 V8A 배지는 이러한 측면에서 우수한 배지로 확인되었으나 지 등(9)의 지적과 같이 V-8 쥬스는 미국산으로 가격 및 일정한 공급이 때로는 문제되는바 국내산 쥬스의 대체이용 가능성에 대하여 검토해 볼 필요가 있을 것으로 판단되어 본 연구에서도 예비실험을 통해 (주)가야농산의 토마토 쥬스를 비롯해 수종의 국내산쥬스를 본

공시균에 대하여 시험해 본 결과 V-8쥬스와 거의 대등한 효과를 확인할 수가 있었다.

본 공시균의 유주자낭 형성 및 유주자 방출은 $\text{Ca}(\text{NO}_3)_2 \cdot \text{H}_2\text{O}$, $\text{MgSO}_4 \cdot 7\text{H}_2\text{O}$ 등의 무기화합물을 함유한 C/Z solution(3), pH 5~6에서 가장 높은 것이 확인되었는데 이는 Ca 등과 같은 무기화합물이 유주자낭의 형성에 영향을 미친다는 보고와 일치하였다(4, 8, 12, 20). 또한 살균수보다 증류수에서 더 많은 유주자낭이 형성 되었는데 이는 유주자낭 형성 및 유주자 방출은 토양용액중의 세균이 관련하고 있으며 유주자낭에 대한 세균의 주화성 발생 때문이라는 Broadbent 등의 보고로 보아서(1) 증류수중에 함유된 세균의 영향 때문인 것으로 생각되나 추후 상세한 연구가 있어야 하겠다.

딸기 품종간 저항성 검정에 있어서는 군사 절편을 입에 접종 했을 경우 공시 11품종 모두에서 높은 발병률을 나타내었으나, 유주자 부유액을 뿌리에 접종했을 경우 여봉과 수홍의 2품종에서는 접종 5주 이후까지도 전혀 발병이 되지않는 강한 저항성을 나타내었다. 이는 접종원의 종류 및 감염부위에 따른 병원성 및 저항성의 차이를 나타낸 것으로서 실제 본병의 주된 감염경로가 유주자에 의한 뿌리감염인 것을 고려해 볼 때 이 2품종은 본병의 피해를 줄이기 위한 효과적인 품종으로 생각되었으며, 특히 여봉 품종은 다수성 품종으로 농가에 권장할만한 품종일 뿐만 아니라 저항성품종 육종을 위한 유전자원으로써의 활용도 가능할것으로 생각되었다.

한편, 실제 딸기포장에서의 역병발생은 한더위를 고비로 강우시 가장 많이 발생되는 데 이는 본 연구결과에서와 같이 유주자낭의 형성 및 유주자 방출 적온이 각각 30°C와 25°C인것과 일치되는 것으로 일단 형성된 유주자낭으로부터 방출된 수 많은 유주자에 의한 2차전염이 반복되어 만연한 것으로 생각되었다. 따라서 역병방제에 있어서는 우수한 저항성 품종 선발과 함께 당해연도의 역병 발생뿐만 아니라 내년도의 전염원을 최소화하기 위해 초기에 발생된 이병주를 신속히 제거하여 완전히 소각처분하는 것이 효과적일 것이다. 또한 본 병은 그 발병 시기와 증상이 탄저병과 유사하고, 두 병이 동시에 발생하는 예도 있어 육안에 의한 진단이 어렵기 때문에(2, 18) 정확한 진단에 의한 효과적인 방제를 위해서는 탄저병과 함께 이들의 발병 비율, 상호간의 관계 및 발병 생태 등에 관한 체계적인 연구가 필요할 것으로 생각되었다.

요 약

딸기 역병균 *Phytophthora nicotianae* var. *nicotianae* SPC10 군주(A1 type)의 군학적 특성 및 11품종의 본 병 원균에 대한 저항성정도를 조사하였다. 본 병원균의 군사생장 적온은 30~35°C이었으며 13°C 이하와 42°C 이

상에서는 생장이 완전히 정지되었다. oatmeal agar(OMA), V-8 juice agar(V8A) 및 lima bean agar(LBA) 배지에서 기증균사량이 배지별로 다소 차이는 있으나 대체로 풍부하였고, CMA 배지상에서는 방사상 형태로 균총이 자라고 기증균사는 거의 형성되지 않았다. PDA 배지상에서는 거칠고 불규칙한 형태의 균총으로 생장속도도 느릴 뿐만 아니라 기증균사는 중앙 부위에만 약간 형성되었다. 유주자낭 형성 최적온도는 30°C였고 유주자 방출률은 25°C에서 가장 많이 방출되었다. 배양액의 종류 및 pH에 따른 유주자낭의 형성량은 pH 5~6의 C/Z solution에서 가장 높았으며 유주자의 방출도 많이 관찰되었다. 다음으로는 살균수보다 증류수에서 더 많은 유주자낭이 형성되었다. 딸기 품종간 저항성 검정 결과 균사 절편을 앞에 접종 했을 경우 공시 11품종 여홍(Reiko), 보교조생(Hokowase), 아이베리(Eyeberry), 아까네꼬(Akane-ko), 정보(Sistikara), 도요노카(Toyonoka), 여봉(Nyoho), 설홍(Sulhong), 수홍(Suhong), 미홍(Myhong), 원교 #3104 (Wonkyo #3104) 모두에서 88.9~100%의 높은 발병률을 나타내었으나, 유주자 부유액을 뿌리에 접종했을 경우 여봉과 수홍의 2품종에서는 접종 5주 이후까지도 전혀 발병이 되지 않는 강한 저항성을 나타내었다.

감사의 말씀

딸기 품종을 분양하여 주신 부산 원예시험장 강광운
지장장님께 깊이 감사 드립니다.

참고문헌

- Broadbent, P. and Baker, K. F. 1974. Association of bacteria with sporangium formation and breakdown of sporangia in *Phytophthora* spp. *Aust. J. Agric. Res.* 25 : 139-145.
- 최귀문, 한만종, 김병수, 유승현, 정순주, 정범윤. 1995. 시설채소의 생육 장해와 병해충 방제. 한국원예기술정보센터. 서울 종묘 출판부. pp. 424-425.
- Chen, D. W. and Zentmyer, G. A. 1970. Production of sporangia by *Phytophthora cinnamomi* in axenic culture. *Mycology* 62 : 397-402.
- Converse, R. H. 1962. Some Factors Influencing Zoosporangium Production by *Phytophthora fragariae*. *Rev. Appl. Mycology* 41 : 762.
- Draper, D. D., Scott, D. H. and Maas, J. L. 1970. Inoculation of Strawberry with *Phytophthora fragariae*. *Plant Disease Reporter* 54(9) : 739-740.
- Erwin, D. C. and Ribeiro, O. K. 1996. *Phytophthora* diseases worldwide, APS PRESS.
- 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.
- Hitoshi Morita. 1975. Studies on red stele root disease of strawberry. Shizuoka Agricultural Experiment Station Special Bulletin No. 11.
- 지형진, 조원대, 최용철. 1998. 국내산 야채쥬스의 역병균 영양생장 및 생식생장용 배양기 이용. *한국식물병리학회지* 14(4) : 299-302.
- 桂琦一. 1946. 植物の疫病 -理論と實際-. 誠文堂新光社.
- Khan, A. J., Weber, D. J. and Husain, A. 1988. Morphology of *Phytophthora nicotianae* variety *nicotianae*. *Indian J. Plant Pathol.* 6 : 1-7.
- Maas, J. L. 1976. Stimulation of Sporulation of *Phytophthora fragariae*. *Mycologia* 68 : 511-522.
- Masago, H., Yoshikawa, M., Fukada, M. and Nakanishi, N. 1977. Selective inhibition of *Pythium* spp. on a medium for direct isolation of *Phytophthora* spp. from soils and plants. *Phytopathology* 67 : 425-428.
- Matsuzaki, M., Kan, M. and Kiso, A. 1980. *Phytophthora* Rot of Strawberry in Kyushu, Japan. *Ann. Phytopath. Soc. Japan* 46 : 179-184.
- Rattink, H. 1981. Characteristics and Pathogenicity of six *Phytophthora* isolates from pot plants. *Neth. J. Plant Pathol.* 87 : 83-90.
- Singleton, L. L., Mihail, J. D. and Rush, C. M. *Methods for Research on Soilborne Phytopathogenic fungi*. APS PRESS.
- 송주희, 노성환, 하주희, 정연화, 문병주. 1998. *Phytophthora nicotianae* var. *nicotianae*에 의한 딸기 역병의 발생. *한국식물병리학회지* 14(5) : 445-451.
- Suzui, T., Makino, T. and Ogoshi, A. 1980. *Phytophthora* rot of strawberry caused by *Phytophthora nicotianae* var. *parasitica* in Shizuoka. *Ann. Phytopath. Soc. Japan* 46 : 169-178.
- Tunker, C. M. 1931. Taxonomy of the Genus *Phytophthora* de Bary. *Univ. Mo. Agric. Exp. Stn. Res. Bull.* 153 : 207.
- von Broembsen, S. L. and Deacon, J. W. 1997. Calcium interference with zoospore biology and infectivity of *Phytophthora parasitica* in nutrient irrigation solutions. *Phytopathology* 87 : 522-528.
- Waterhouse, G. M. and Waterston, J. M. 1964b. *Phytophthora nicotianae* var. *nicotianae*. Commonw. Mycol. Inst. Descriptions of Pathogenic Fungi and Bacteria No. 34 : pp. 2.
- Waterhouse, G. M. and Waterston, J. M. 1964d. *Phytophthora nicotianae* var. *parasitica*. Commonw. Mycol. Inst. Descriptions of Pathogenic Fungi and Bacteria No. 35 : pp. 2.

(Received December 5, 1998)