

석사학위논문

감자 양액재배시 발생하는 *Pythium* sp. 균의
특성 및 방제에 관한 연구



제주대학교 중앙도서관
제주대학교 대학원

농 학 과

양 영 문

110988

2001년 6월

감자 양액재배시 발생하는 *Pythium* sp. 균의
특성 및 방제에 관한 연구




지도교수 강 영 길

양 영 문

이 논문을 농학석사학위 논문으로 제출함

2001년 월


양영문의 농학석사학위 논문을 인준함

심사위원장	고 영 우	
위 원	천 오 권	
위 원	강 영 길	

제주대학교 대학원

2001년 6월

**Studies on Characteristics and Control of *Pythium* sp.
under Potato Hydroponic Conditions**

 **Young-Mun Yang**
(Supervised by Professor **Young-Kil Kang**)

**A THESIS SUBMITTED IN PARTIAL FULFILLMENT
OF THE REQUIREMENTS FOR THE DEGREE OF MASTER
OF AGRICULTURE**

**DEPARTMENT OF AGRICULTURE
GRADUATE SCHOOL
CHEJU NATIONAL UNIVERSITY**

2001. 6

목 차

Summary	2
I. 서 언	4
II. 연구 사	6
III. 재료 및 방법	8
IV 결과 및 고찰	
1. 병 발생 조사	11
2. 병원균의 특성	
가. <i>Pythium</i> sp. 균의 형태 및 배양적 특성	12
나. <i>Pythium</i> sp. 균의 약제 반응	15
3. 아인산염에 의한 방제	18
V. 적 요	20
인 용 문 헌	21

Summary

This study was conducted to clarify the characteristics of *Phythium* sp. causing root and brown stem rots of potatoes in aeroponics and to evaluate the efficacy of phosphorous acid for the control of the disease.

1. The incidence rate of the disease was 12.0% in January 2001 in a greenhouse of the Jeju City Agriculture Technology Center. The oogonium of the isolated fungi was globular and the diameter of the oogonium ranged from 20.0×20.5 to $25.0 \times 26.0 \mu\text{m}$. The diameter of hyphal swelling ranged from 18.5×18.0 to $22.5 \times 23.0 \mu\text{m}$ and the width of mycelium ranged from 3.4 to $5.0 \mu\text{m}$. Colony was white.
2. The optimum temperature for mycelial growth was 34°C in which the diameter of mycelial growth was 4.4cm. Among nine growth media, V-8 juice medium was best for mycelial growth and followed by nutrient agar medium, and potato dextrose agar medium. As pH of growth medium increased from 3 to 6, mycelial growth increased from 2.3 to 5.3. There was no difference for mycelial growth between pH 6 to 8. Mycelial growth slightly decreased at pH 9 and 10.
3. Mycelia growth was not observed on media containing metalaxyl, metalaxyl + mancozeb, metalaxyl + copper oxychloride, dimethomorph + copper oxychloride, dimethomorph + mancozeb, mancozeb, oxadixyl + copper hydroxide, copper hydroxide, famoxadone + cymoxanil, and $\text{H}_3\text{PO}_3 + \text{KOH}$.

4. The control value of preventive treatment of phosphorous acid at 200ppm in the aeroponics was 82.4% at 5 days after treatment and 60% at 11 days after treatment while those of application of phosphorous acid after inoculation of the fungi were 70.6 and 26.7%, respectively, at 5 and 11 days after the treatment. These results indicate that the application of phosphorous acid in nutrient solution of aeroponics is effective to prevent root rot in the potato seed production system.



I. 서 언

제주도의 감자(*Solanum tuberosum* L.) 재배 면적은 1990년도에는 2,799ha였으나 1999년도는 6,308ha로 2.3배 증가하였으며, 육지부와는 재배 작형이 다르게 본 도는 가을, 겨울 작형 위주로 재배하고 있다. 농가의 소득면에서도 연간 약 1,270억원의 조수입을 올리고 있어 감귤 다음으로 소득이 높은 제2의 작목으로 부상하였다(김, 2000).

일반 농가에서 생산된 종서는 virus에 감염되었을 가능성이 있어 생산성이 떨어지고 계속 재배하면 퇴화되는 등의 단점 때문에 우수한 virus free 종서를 주기적으로 공급하지 않으면 안된다. 따라서 재배 농가의 생산성 및 소득 향상을 위하여 제주도농업기술원과 제주시농업기술센터에서는 무병 우량 종서를 대량 생산하고자 감자의 성장점을 배양한 줄기(shoot)를 분무경식 양액재배 시설에서 virus 매개체인 진딧물이 침입하지 못하도록 하우스에 망사를 피복한 상태로 재배하여 많은 종서를 생산 농가에 보급하고 있다.

감자는 병이 많은 작물로 알려져 있는데 우리 나라와 여건이 비슷한 일본에서는 37종이 보고되었으며(일본식물방역협회, 1984), 우리 나라에는 17종이 보고되었다(한국식물병리학회, 1998). 그리고 제주도에서는 12종이 발생한다고 보고되어 있다(김 등, 1998).

이와 같이 보고된 것들은 일반 토양재배에서 발생하는 병들이며, 재배 역사가 오래지 않은 양액재배에서 발생하고 있는 병에 대한 조사는 전무한 실정이다.

양액재배는 토양재배와는 환경이 달라서 빨리 자라는 장점이 있는 반면, 식물체가 도장하기 쉽고, 연약하게 자란다. 또한, 계속 양액을 공급하기

때문에 수분을 좋아하는 병이 발생할 경우에는 급속하게 감염됨은 물론 지하부로 병이 침입할 경우 농약을 사용할 수 없는 어려움 등의 불리한 조건을 가지고 있다. ·

최근에 감자를 분무경식으로 양액재배하는 과정에 줄기와 뿌리가 갈변하면서 시드는 증상이 발생하였는데 균을 분리 동정한 결과 *Pythium* sp 균이었다.

이 병은 처음 발생한 곳에서 점차 확산되는 경향을 보였으며, 역병 전용 농약을 살포하여도 이병 후에는 방제 효과가 없었다. 이 균은 토양에서 재배할 때 작물의 질록병을 일으키는 경우도 있으나 양액 재배시 발생하였다는 보고는 없는 것으로 알려지고 있다.

따라서 이 연구는 감자의 생장점을 조직배양한 줄기(shoot)를 분무경식 양액재배시 문제가 되고 있는 *Pythium* sp 균의 특성을 구명하여 효과적인 방제 방법을 확립하고자 수행하였다.

II. 연구사

어린묘에 잘록병을 일으키는 *Pythium* 속균은 전세계적으로 널리 분포하고 있으며, 산간지, 산림토양 및 열대, 온대 그리고 온실에 발생하고, 종자, 유묘의 뿌리에 침입하는 것으로 알려져 있다(Agrios, 1978).

우리나라에서 *Pythium* 속균은 13종이 동정되었으며, 기주식물은 50여종이 되고있다(한국식물병리학회 1998). 조 등(1997)에 의하면 *Pythium* 속균은 Chromista 계의 난균문에 속하며, 균사는 잘 발달되어 있으나, 격막이 없고 포자낭, 난포자를 형성한다.

또한 수분을 매우 좋아하는 균으로 알려져 있는데 오이에서는 유묘기부터 생육 초기까지 발생하며, 병징은 식물체의 지체부가 잘록하게 되고 수침상으로 물러 썩는다고 하였다.

김 등(1998)은 꽃도라지 시설재배시 시들음 증상을 보인 개체의 뿌리에서 *Pythium* sp.을 분리하여 *P. spinosum* 에 의한 뿌리썩음병으로 동정하였다. 병든 개체들은 외관상 잎이나 줄기에 특징적인 병반은 형성하지 않고 처음에는 일시적인 시들음 증상을 나타내지만 시간이 지남에 따라 결국 고사된다고 하였다.

김 등(1999)은 우리 나라 골프장의 잔디에서 11종의 *Pythium* 속균을 분리하였고, 김 등(1998)은 토굴 저장 생강의 부패에 관여하는 미생물중에 수침상으로 썩게하는 것은 *P. spinosum*과 *P. ultimum*, *P. myriotylum* 이라고 하였다 .

홍 등(1996)은 제주도에서 오이 및 거베라 양액재배시 *Pythium* 속균에 의한 뿌리 썩음병이 발생한다고 보고하였으며, Kageyama 등(1982)은 콩 뿌리에서 *Pythium* sp., *P. myriotylum*, *P. paroecandrum* 및 *P. spinosum* 4종을 분리하였으며, 연작이 오래 될수록 *Pythium* 속 균이 뿌리에 감염되

있을 때 뿌리 발육을 억제시키고 죽게 만드는 요인이 된다고 하였다.

Maas(1987)는 딸기포장에는 *Pythium* 균이 널리 분포되어 있고 여러 종이 있는데 그 중에는 병원성이 있는 균도 있고 없는 균도 있으나 주로 피해를 주는 균은 *P. ultimum*로 20℃ 정도의 온도에서 병을 잘 일으킨다고 하였다.

Kubota 등(1998)은 양배추 플러그 묘에 발생한 묘 잘록병을 *P. megalacanthuon*로 동정하였는데 난포자는 구형으로 크기는 28.9~50.3 μ m 이고 25℃에서 균사 생장이 가장 좋았으며 균을 양배추에 접종한 결과 2주 후에 약 80%가 감염되었다고 하였다.

Naiki 등(1986)은 하우스에서 시금치를 재배할 때 발생하는 잘록병균은 *Pythium* 균으로 동정하였으며, Gold 등(1985)은 시금치 뿌리를 썩게 하는 *P. aphanidermatum*과 *P. dissotocum*은 17~27℃에서 유주자 형성이 잘되며, 병 감염은 21℃에서 잘된다고 하였다.

Kusakari 등 (1986)은 수경재배시 시금치에 잘록병을 일으키는 *P. butleri* 는 유주자의 농도와 발병율과는 상관이 인정되었다고 하였다.

Kobayashi 등(1996)은 비경작지에서 *P. aphanidermatum*과 *P. dissotocum*은 18개월 동안 생존하지만 8개월이 지나면서 환경이 나쁘면 급격히 감소한다고 하였다.

김 등(1998)은 *P. myriotyrum*에 의한 생강 뿌리썩음병의 방제를 위해 다조매 입제를 토양 처리시 무처리 17.5%에 비해 4.8%로 낮출 수 있었으며 메타실동을 3~4회 살포하면 병이 89.7% 감소되었다고 보고하였다.

Afek(1989)는 아인산염을 이용하여 감귤 역병을 방제하였으며, Hoy 등 (1988)은 사탕수수 재배시 methly bromide 토양소독과 metalaxy을 살포하면 무처리에 비해 생육이 좋았다고 하였다.

Agrios(1978)는 *Pythium* 속균 예방으로 metalaxyl이 효과적이었으며, 방제는 metalaxyl, chloranil, captan, 동수화제의 효과가 좋다고 하였다.

Ⅲ. 재료 및 방법

병원균 분리 2001년 1월 제주시농업기술센터 포장에서 무병 우량 종서를 생산하기 위하여 감자의 생장점을 조직 배양한 줄기(shoot)를 분무경식으로 양액재배하던 중 감자 뿌리가 갈변하고 줄기가 암갈색으로 변하며 시드는 증상이 발생하였다.

감자를 양액재배 시설에 정식한지 1개월 후에 임의로 1개의 지점을 지정하고 그곳으로부터 300 주를 대상으로 이 병주울을 조사하였다.

이병된 줄기를 깨끗한 물로 씻은 다음 무균상내에서 0.5cm 정도의 길이로 자르고 차염소산나트륨 용액 1%에서 1분간 표면 살균하였다.

살균 후 멸균수로 씻고 No. 2 여과지로 물기를 깨끗이 제거하였다. 직경이 8.7cm인 페트리접시에 부어서 굳혀 둔 물한천배지(water agar medium)위에 대칭되도록 8개씩 이식하고 20℃에서 3일간 배양하여 출현된 균총(colony)을 감자한천배지(potato dextrose agar medium)에서 배양하였다.

병원균의 형태적 특성조사 배양된 균을 감자한천배지(potato dextrose agar medium: 감자 200g, 포도당 20g, 한천 15g, 물 1 l, 120℃/20분간 살균)에 이식하여 10일간 광을 쬐면서 배양한 후 광학 현미경 200배에서 균사 및 포자 형태를 관찰하였다.

생육적온 조사 본 균을 온도별로 배양한 결과 27~34℃에서 생육이 좋아서 27, 34℃의 온도를 중심으로 2℃ 간격인 26, 28, 30, 32, 34, 36℃에서 배양하여 같은 방법으로 균사 성장 길이를 측정하였다.

배지별 생육조사 공시된 배지는 감자한천배지, N.A배지(nutrient agar medium), tryptone yeast extract agar배지, rose bagal agar 배지, yeast malt agar 배지, V-8 주스 agar 배지, oatmeal agar 배지, king's 배지,

conmeal agar 배지였으며 감자한천배지에서 배양한 *Pythium* sp. 균의 균총을 코르크 보리로 띄워서 각각의 배지에 올려놓고 실온에서 10시간 배양한 후 30℃ 항온기에서 10시간 동안 배양하여 균사의 생장 길이를 측정하였다.

pH에 따른 생육조사 H₃PO₃과 KOH를 이용하여 감자한천배지의 pH를 각각 3.0, 4.0, 5.0, 6.0, 7.0, 8.0, 9.0, 10.0으로 조정하였고, 배지별 생육조사와 같은 방법으로 균사의 생장 길이를 측정하였다.

역병 적용농약의 *Pythium* sp. 균 억제능력 조사 시중에서 판매중인 표 1의 역병 적용 농약 16종을 기준회석배수로 각각 감자한천배지에 첨가한 후 균총을 올려놓고 28℃ 항온기에서 10일간 배양하여 균사의 생장 길이를 측정하였다. 그리고 배지 시험 결과 균사 자라지 않았던 농약에 대해서는 약량을 1/2과 1/4로 줄여서 다시 위와 같은 시험을 반복하였다.

Table 1. Details of fungicides used.

Fungicide	a. i.(%) and formulation	Dilution(X) with water
Metalaxyl	25 WP	1,000
Metalaxyl + mancozeb	7.5 + 56 WP	500
Metalaxyl + copper oxychloride	15 + 35 WP	1,000
Dimethomorph	25 WP	1,000
Dimethomorph + dithianon	8 + 30 WP	500
Dimethomorph + copper oxychloride	15 + 35 WP	500
Dimethomorph + mancozeb	7.5 + 66.7 WP	500
Mancozeb	75 WP	500
Fluazinam	50 WP	2,000
Chlorothalonil	75 WP	600
Oxadixyl + copper hydroxide	8 + 62 WP	500
Azoxystrobin	10 WP	1,000
Copper hydroxide	77 WP	500
Famoxadone + cymoxanil	9 + 12 SC	1,000
Cyazofamid	10 WP	1,000
H ₃ PO ₃ + KOH	97 + 85	500

* WP, wettable powder; SC, suspension concentrate

병원성 조사 제주시농업기술센터에서 배양한 감자묘 30개를 뚜껑에 구멍을 뚫은 스트로폼 상자(70×40×15cm)에 정식하여 양액을 공급하였다.

감자한천배지에서 3일간 자란 균총을 화염소독한 메스를 이용하여 5mm×5mm 정도로 자른 후 상자당 직경 8.7cm의 페트리 접시 3개 분량을 양액 속에 넣었으며 3일 간격으로 병증을 조사하고 병징이 나타난 감자 묘를 병원균 분리 방법으로 배양하여 광학현미경 200배로 관찰한 결과 본 균임을 확인하였다.

아인산염에 의한 방제 양액재배를 할 경우 농약을 양액에 희석하면 약해가 발생되기 때문에 농약을 사용하여 방제하기는 매우 곤란하다. 따라서 최근 상추, 토마토, 오이 양액재배시 역병을 방제하고 있으며 인축에 무해하고 가격이 저렴한 아인산염(H_3PO_3+KOH , 1 : 0.83)을 이용한 방제 시험을 하였다. 아인산염 처리로는 균 접종 전에 처리한 예방구와 균 접종 후 처리한 방제구, 그리고 대조구로 무처리구를 두었다. 아인산염의 농도는 200ppm 이었다.

균 접종 2, 5, 9 11일 후에 이병주율을 조사하였다. 육안으로 관찰하여 지제부가 갈변 증상을 보인 식물체를 이병주로 보았으며, 이병율과 방제가는 다음 공식을 이용하여 산출하였다.

$$\text{이병주율(\%)} = (\text{이병주수} / \text{조사총수}) \times 100$$

$$\text{방제가(\%)} = [(\text{무처리이병주율} - \text{처리구이병주율}) / \text{무처리이병주율}] \times 100$$

IV. 결과 및 고찰

1. 병 발생조사

2001년 1월 제주시농업기술센터 포장에서 무병 우량 종서를 생산하기 위하여 성장점을 조직 배양한 감자의 줄기를 분무경식 양액재배하던중 감자의 뿌리가 갈변하고 줄기가 암갈색으로 변하며 시드는 증상이 발생하였다(그림. 1).



Fig. 1. Brown symptoms in the shoots of potato grown in hydroponics.

줄기가 갈변하고 시드는 증상을 보인 감자의 이병을 조사 결과는 표 2와 같다. 330m²의 온실에서 300주를 조사한 결과 이병율이 12.0%였다.

Table 2. Incidence of potato root rot under hydroponic conditions in a greenhouse.

Area	No. of plants		% of diseased plants
	Total	diseased	
330m ²	300	36	12.0

2. 병원균의 특성

가. *Pythium* sp. 균의 형태 및 배양적 특성

병원성 검정 및 형태 특성 줄기에 갈변증상이 나타난 감자 36주에서 병원균을 분리한 결과 모두 *Pythium* sp.균이었다. 분리된 균을 배양한 후 간이 양액재배 시설을 만들어 감자줄기 30주를 꺾꽂이한 후 균을 접종시킨 결과 접종 1일 후부터 본 증상과 똑같은 모습으로 병이 발생하였으며, 10일이 지나자 30주 모두 줄기가 갈변하였고, 갈변한 줄기에서 다시 *Pythium* sp.균이 분리되었다.

본 균은 처음 물한천배지(water agar medium)에서는 난포자가 형성되었으나, 감자한천배지와 V-8주스배지에 이식 한 후에는 난포자가 형성되지 않았으며, 균총의 균사를 끊어낸 후 10일간 항온기에서 광을 쬐면 난포자와 팽창균사가 형성되었다(그림. 2).

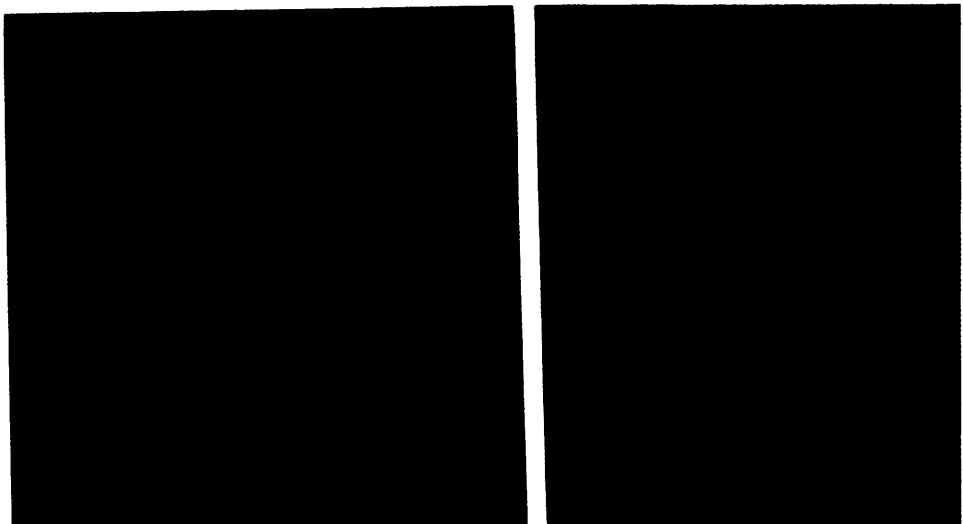
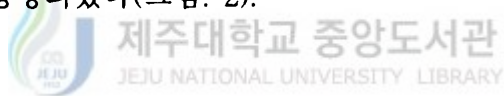


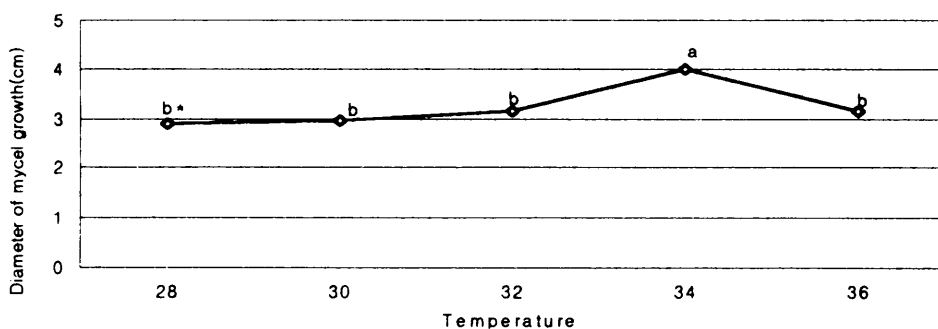
Fig 2. Oogonium, and hyphal swellings of *Pythium* sp. causing potato shoots rot.

본 균의 형태적 특성은 표 3과 같다. 본 균의 난포자는 타원형으로 크기는 $20.0 \times 20.5 \sim 25.0 \times 26.0 \mu\text{m}$ 이었으며, 타원형 포자낭 형태의 팽창균사는 $18.0 \times 18.5 \sim 22.5 \times 23.0 \mu\text{m}$ 이었다. 균사의 폭은 $3.4 \sim 5.0 \mu\text{m}$ 이고 균총은 흰색이었다.

Table 3. Morphological characteristics of *Pythium* sp. isolated from root rot of potato.

Morphological characteristics	Diameter(μm)
Oogonium	$20.0 \times 20.5 \sim 25.0 \times 26.0$
Hyphal swellings	$18.0 \times 18.5 \sim 22.5 \times 23.0$
Width of mycelium	$3.4 \sim 5.0$
Colony color	White

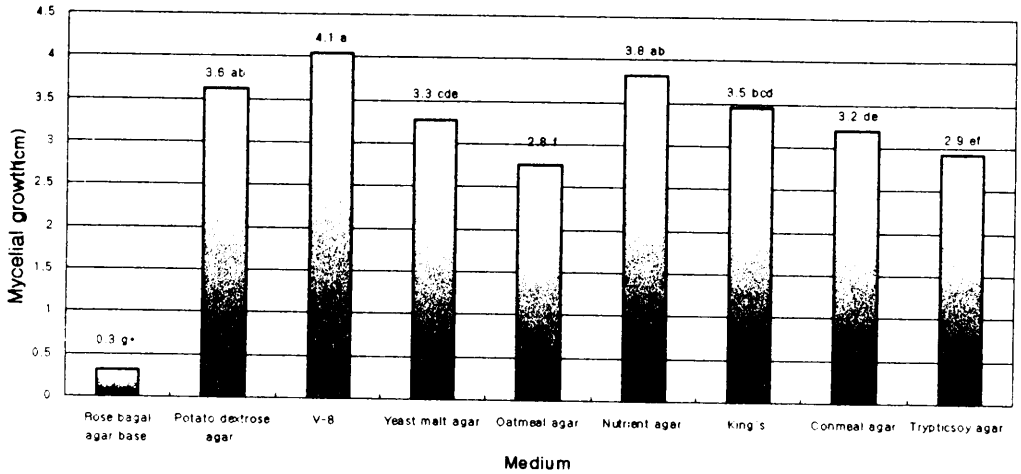
Pythium sp. 균의 배양적 특성 본 균의 균사 생육 적온을 조사한 결과는 그림 3와 같다. 34°C 에서 4cm로 생육이 가장 좋았다. 32°C 와 36°C 에서는 3.2cm 생육하였으며 온도가 낮을수록 균사 생장이 적었다. 따라서 본 균은 34°C 내외에서 가장 잘 자라는 것으로 생각된다.



* Mean separation by Duncan's multiple range test at the 5% level; CV(%), 11.2.

Fig 3. Optimum temperatures for the mycelial growth of *Pythium* sp. during 24 hour incubation

감자한천배지 및 N.A배지, tryptin soy agar배지 등 9종의 배지에서 *Pythium* sp. 균의 성장 길이를 조사한 결과는 그림 4 같다.



* Mean separation by Duncan's multiple range test at the 5% level; CV(%), 5.5.

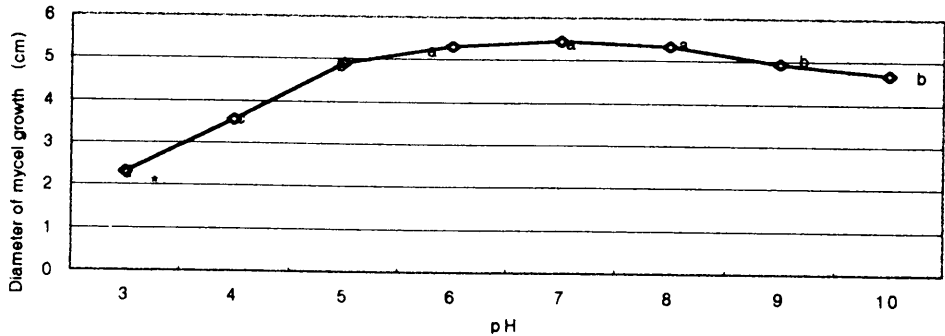
Fig 4. The mycelial growth of *Pythium* sp. on various media at 24 hours after incubation.

V-8주스배지에서는 4.1cm로 가장 좋았으며, N.A배지, 감자한천배지, king's 배지에서 각각 3.8, 3.6, 3.5cm로 좋은 편이었으나, rose bengal agar base 배지에는 0.3cm로 생육이 가장 부진하였다.

V-8 주스배지는 주로 역병균을 배양할 때 사용되는데, 역병균과 유사한 본 균을 배양하여도 균사 생육이 가장 좋았다.

Vander(1981)는 cornmeal agar 배지에서 *Pythium* sp. 균이 생육이 좋다고 하였으나 본 균의 균사 생육은 다소 떨어졌다.

pH에 따른 *Pythium* sp. 균의 생육을 조사한 결과는 그림 5와 같다.



* Mean separation by Duncan's multiple range test at the 5% level; CV(%), 3.9.

Fig 5. Effect of pH on the mycelial growth of *Pythium* sp. at 24 hours after incubation

pH 3.0에서 2.3cm, 4.0에서 3.5cm, 5.0에서 4.9cm, 6.0에서 5.3cm, 7.0에서 5.5cm, 8.0에서 5.3cm, 9.0에서 4.9cm, 10.0에서 4.7cm 자랐으며, pH 7에서 가장 균사 자람이 좋았지만, pH 6~8 은 유의차가 없었다.

따라서 본 균은 중성에서 약알칼리 범위에서 잘 자라는 것으로 생각되며, 감자를 양액 재배 할 경우 재배 작물의 생육에 지장이 없는 한 pH를 낮추는 것도 본 균의 피해를 다소 줄일 수 있을 것으로 생각된다.

나. *Pythium* sp. 균의 약제반응 본 균의 역병 농약에 대한 약제 반응을 검토한 결과는 표 4와 같다. 대부분의 농약을 혼합한 배지에서는 균이 자라지 못하였으나 dimethomoph, fluazinam, chlorothalonil, azoxystrobin, cyazofamid에서 5.0cm이상 자랐으며, dimethomoph + dithianon과 famoxadone + cymoxanil 에서는 0.7cm 자랐다.

Table 4. Mycelial growth of *Pythium* sp. on media with different fungicides.

Fungicide	a. i.(%) and formulation	Dilution(X) with water	Mycelial growth after 10 days of incubation(cm)
Metalaxyl	25 WP	1,000	0.0 a *
Metalaxyl + mancozeb	7.5 + 56 WP	500	0.0 a
Metalaxyl + copper oxychloride	15 + 35 WP	1,000	0.0 a
Dimethomorph	25 WP	1,000	>5.0 c**
Dimethomorph + dithianon	8 + 30 WP	500	0.7 b
Dimethomorph + copper oxychloride	15 + 35 WP	500	0.0 a
Dimethomorph + mancozeb	7.5 + 66.7 WP	500	0.0 a
Mancozeb	75 WP	500	0.0 a
Fluazinam	50 WP	2,000	>5.0 c
Chlorothalonil	75 WP	600	>5.0 c
Oxadixyl + copper hydroxide	8 + 62 WP	500	0.0 a
Azoxystrobin	10 WP	1,000	0.7 b
Copper hydroxide	77 WP	500	0.0 a
Famoxadone + cymoxanil	9 + 12 SC	1,000	0.7 b
Cyazofamid	10 WP	1,000	>5.0 c
H ₃ PO ₃ + KOH	97 + 85	500	0.0 a
Control	-	-	>5.0 c
CV(%)			2.9

* Mean separation by Duncan's multiple range test at the 5% level

그러나 Ryo 등(1999), Jin 등(1992), 최 등(1992), Koh 등(1994), 이 등(1994), 김 등(1993)등이 역병균에 내성이 있다는 metalaxyl에서 본 균이 자라지 못하여 아직까지는 내성이 생기지 않은 것으로 생각된다.

배지 시험 결과 metalaxyl + mancozeb 등 9종의 농약은 균이 자라지 못하였으며 효과가 인정된 9종의 농약에 대해서 약량을 1/2, 1/4로 줄여서 다시 위와 같은 시험을 반복한 결과는 표 5와 같다.

Table 5. Mycelial growth of *Pythium* sp. on media with 9 fungicides of different concentrations.

Fungicide	a. i.(%) and formulation	Mycelial growth after 10 days of incubation(cm)	
		50% conc.	25% conc.
Metalaxyl	25 WP	0 a*	0 a
Metalaxyl + mancozeb	7.5 + 56 WP	0 a	0 a
Metalaxyl + copper oxychloride	15 + 35 WP	0 a	0 a
Dimethomorph + copper oxychloride	15 + 35 WP	0 a	0 a
Dimethomorph + mancozeb	7.5 + 66.7 WP	0 a	0 a
Mancozeb	75 WP	0 a	0 a
Oxadixyl + copper hydroxide	8 + 62 WP	0 a	>5.0c
Copper hydroxide	77 WP	>5.0b	>5.0c
Famoxadone + cymoxanil	9 + 12 SC	0 a	0 a
H ₃ PO ₃ + KOH	97 + 85	0 a	1.2 b
CV(%)		0.0	2.2

* Mean separation by Duncan's multiple range test at the 5% level

약량을 1/2로 줄인 결과 copper hydroxide에서 5.0cm 이상 자랐으며, 1/4로 줄여서 혼합한 배지에서는 copper hydroxide, oxadixyl + copper hydroxide 에서 5.0cm 이상 자랐다. 또한 H₃PO₃ + KOH 에서는 1.2cm가 자랐다.

그러나 metalaxyl등 8종은 약량을 1/4로 줄여도 효과적이었으나 아인산염인 경우 농도를 1/2이하로 줄였을 경우는 효과가 떨어질 것으로 생각된다.

3. 아인산염에 의한 방제

아인산염 처리에 따른 이병주율을 조사한 결과는 그림 6과 같다. 2일후에는 예방구와 방제구의 이병주율이 모두 3.3%이었던 반면 무처리구의 이병주율은 13.3%이었다. 5일후에는 예방구의 이병주율이 10.0%으로 증가되었고, 방제구의 이병주율은 16.7%로 다소 증가되었다. 한편 무처리의 이병주율은 56.7%로 급격히 증가되었다.

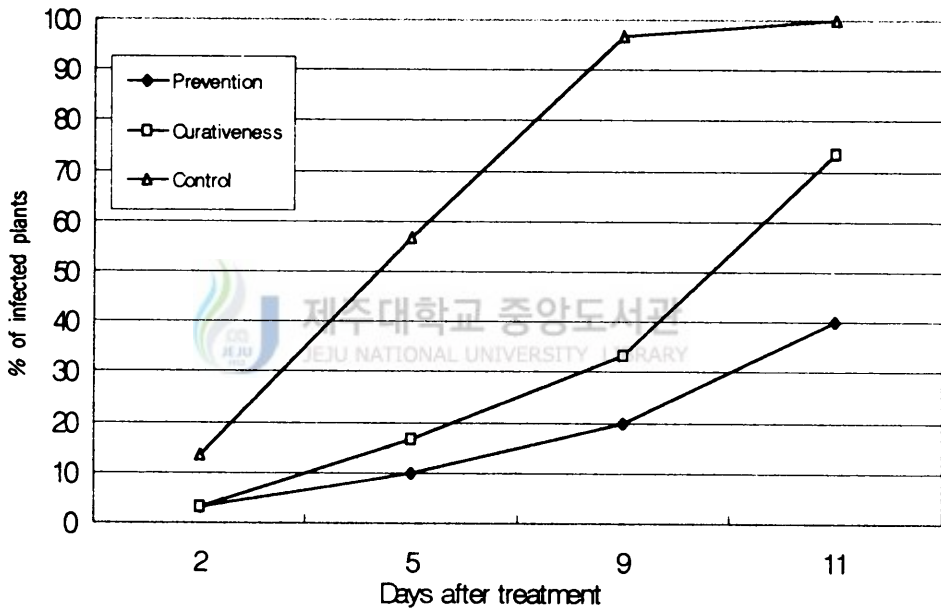


Fig 6. Effect of H_3PO_3 treatment on infection rates of *Pythium* sp. for the potato grown in hydroponics.

접종 9일후의 이병주율은 예방구에서 20.0%, 방제구에서 33.3%였으나, 무처리구에서는 96.7%로 거의 대부분 본 병에 이병되었다. 접종 11일후에는 예방구에서 40.0%, 방제구에서 73.3%가 이병되었으며, 무처리구에서는 100%가 이병되었다.

그림 6의 아인산염 처리에 따른 이병주율을 기초로하여 방제가를 산출한 결과는 그림 7과 같다.

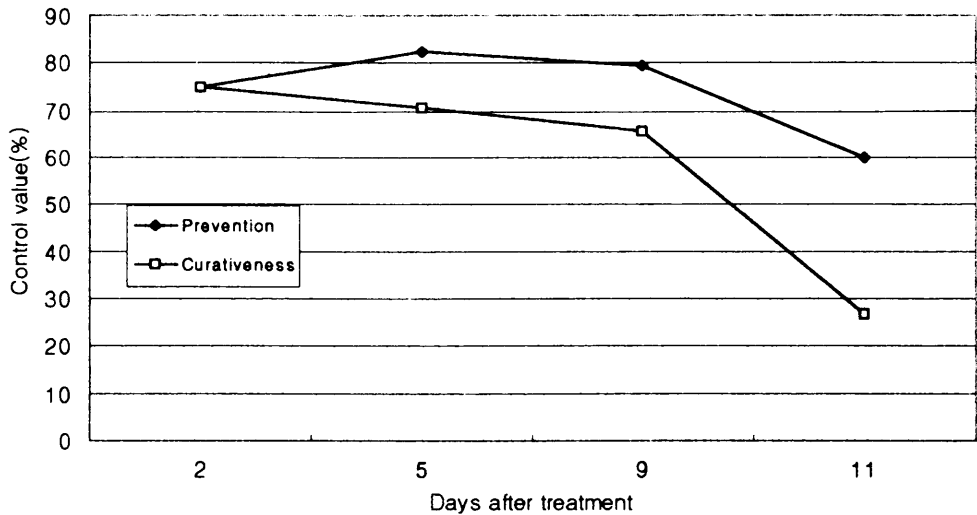


Fig 7. Effect of H_3PO_3 treatment on infection rates of *Pythium* sp. for the potato grown in hydroponics.



균 접종 2일 후 아인산염의 방제가는 예방구와 방제구에서 모두 75.0%의 방제가를 나타냈으나, 접종 5일 후에는 예방구에서는 82.4%, 방제구에서는 70.6%의 방제가를 보였다. 그리고 접종 9일 후에는 예방구에서는 79.3%, 방제구에서는 65.5%의 방제가를 보였다.

11일 후의 방제가는 예방구에서 60.0%, 방제구에서 26.7%로 매우 낮아졌다. 이는 접종 11일후에는 무처리 이병주율이 100%로 더 이상 발병이 없었던 반면 예방구와 방제구에서는 계속 발병했기 때문이다.

이상의 결과로 보면 일반 작물과 양액재배시 역병 방제 용도로 사용하고 있는 아인산염을 가지고 양액재배 정식전에 양액에 혼합하여 공급한다면 감자양액 재배시 문제가 되고 있는 *Pythium* sp. 균에 의한 뿌리썩음병의 피해를 줄일 수 있을 것으로 생각된다.

IV. 적 요

감자 우량 무병 종서 다량 생산 체계인 분무경식 감자 양액재배시 문제가 되는 *Pythium* sp. 균에 대한 특성 및 아인산염에 의한 방제효과를 조사한 결과는 다음과 같다.

1. 양액재배시설에서 본 균에 의한 이병율은 12.0%이었다. 본 균 난포자는 $20.0 \times 20.5 \sim 25.0 \times 26.0 \mu\text{m}$ 로 타원형이었으며, 팽창균사는 $18.0 \times 18.5 \sim 22.5 \times 23.0 \mu\text{m}$ 이었고, 균사의 폭은 $3.4 \sim 5.0 \mu\text{m}$ 이었고 균총은 흰색이었다.
2. 본 균을 24시간 배양시 34℃에서 4.4cm, 32℃와 36℃에서 3.2cm 자랐으며, V-8배지에서 4.1cm, N.A배지에서 3.8cm, 감자한천배지에서 3.6cm 순으로 균사가 성장하였으며, pH에서는 7.0에서 5.5cm로 생장이 가장 좋았다.
3. metalaxyl, metalaxyl + mancozeb, metalaxyl + copper oxychloride, dimethomorph + copper oxychloride, dimethomorph + mancozeb, mancozeb, oxadixyl + copper hydroxide, copper hydroxide, famoxadone + cymoxanil, H_3PO_3 + KOH을 포함한 배지에서 균사가 자라지못하였다.
4. 감자 양액재배시 아인산염 200ppm을 균 접종 전에 처리한 예방구의 방제가가 5일째 82.4%, 11일후에는 60.0%로 5일째 70.6%, 11일후에는 26.7%의 방제가를 보인 균 접종 후 처리한 방제구보다 훨씬 높았다.

인 용 문 헌

- Afek. U. and A. Szejnberg. 1989. Effects of fosetyl-AI and phosphorus acid on scoparone, a phytoalexin associated with resistance of citrus to *Phytophthora citrophthora*. *Phytopathology* 79:736~739.
- Agrios, G. N. 1978. *Plant pathology*(2). Academic press. 207~213.
- Avery, E. R. 1982. *Potato disease*, APSS. 14~18.
- 최경자, 김병섭, 정영륜, 조광연, 1992. 감자재배포장에서 Metalaxyl 저항성인 감자역병균의 발생. *한국식물병리학회지* 8(1):34-40.
- Gold. S. E. and M. E. Stanghellini. 1985. Effects of temperature on root rot of spinach grown under hydroponic condition. *Phytopathology*. 75:333~337.
- 홍순영, 임성연, 강상훈, 문재현. 1996. *Pythium* sp. 균에 의한 오이, 거베라의 뿌리썩음병 발생. *한국식물병리학회지* 12:268.
- 조원대, 김완규, 지형진, 최홍수, 이승돈, 최용철. 1997. 채소병해원색도감. 농업과학기술원. pp.447.
- Kageyama. K., T. Ui, Y. Narita and H. Yamaguchi. 1982. Relation of *Pythium* sp. to monoculture injury of soybean. *Ann. Phytopathol. soc. Japan* 48:333~335.
- 김병섭, 정영륜, 조광연 1993, Metalaxyl 저항성 및 감수성 감자역병균의 적응력 비교 및 dimethomorph와 chlothanonil에 의한 방제효과. *한국식물병리학회지* 9(1):31-35.
- Kim, J. W. and E. W. Park. 1999. Occurrence and pathogenicity of *Pythium* species isolated from leaf blight symptoms of turf grasses at golf courses in Korea. *Plant Pathol. J.* 15(2):112-118.
- 김진원, 김성기, 박은우, 홍순성, 양장석. 1998. *Pythium spinosum* Sawada에 의한 꽃도라지 뿌리썩음병의 발생. *한국식물병리학회지* 14(2):103~108.
- 김충희, 양종문, 양성석. 1998. 토굴저장 생강의 부패에 관여하는 미생물의 동정 및 병원성. *한국식물병리학회지* 14(5):484-490.

- 김충희, 양성석, 한기돈. 1998. *Pythium myriotyrum*에 의한 생강뿌리썩음병의 포장 내 발병진전에 미치는 토양소독, 살균제 시용, 좁은 이랑재배 효과. 한국식물병리학회지. 14(3): 253-259.
- 김석만. 2000. 최근 주요작물 재배면적 변화와 앞으로의 전망과 과제. 새로운 제주 농업 45(12): 29~32.
- Koh, Y. J., H. J. Chung and W. E. Fry. 1994. Changes in frequencies of A2 mating type and metalaxyl-resistant isolates of *Phytophthora infestans* in Korea. Korea. Plant Pathol. J. 10(2):92-98.
- 한국식물병리학회. 1998. 한국식물병명목록. 3. pp.436.
- Kubota. M. and K. Abiko. 1998. Damping-off cabbage plug seedlings caused by *Pythium megalacanthuon* de Bary. Ann. Phytopathol. Soc. Japan 64:323~327.
- Kusakari. S. and Y. Tanaka. 1986. Effects of high concentrations of a hydroponic cultural solution on motility of *Pythium butleri* zoospores and the occurrence of spinach damping-off. Ann. Phytopathol. Soc. Japan 52:1~7.
- 지형진, 조원대, 김충희. 2000. 아인산염을 이용한 역병 방제. 한국의 식물 역병. pp.191-197.
- 이왕휴, 소만서, 최인영. 1994. 감자역병균의 약제저항성 및 교배형. 한국식물병리학회지 10(3):192-196.
- Maas, J. L. 1987. Compendium of strawberry diseases. APS press. p. 90~91.
- Nishimura. Ryo., K. Sato., W. H. Lee., U. P. Singd., T. T. Chang., E. Suryaningsih, S. Suwonakenee., P. Lumyang., C. Chamswarang., W. H. Tang., S. K. Shrestha., M. Kato., N. Fujii., S. Akino., N. Kondo., K. Kobayashi. and A. Ogoshi. 1999. Distribution of *Phytophthora infestans* populations in seven Asian countries. Ann. Phytopathol. Soc. Japan. 65:163-170.
- Oh, J. S. and C. H. Kim. 1992. Varying sensitivity to metalaxyl of Korean isolates of *Phytophthora capsici* from red pepper fields. Korea J. Plant Pathol. 8(1):29-33.
- Vander Plaats-Niterink. 1981. Monograph of the genus *Pythium*. studies in mycology 21. Institute of the Royal Netherlands Academy of Sciences and Letters. pp.242.

감사의 글

부족함이 많은 저에게 감자 양액 재배시 문제가 되고 있는 병해라는 테마를 통해 다시 한번 어려운 학문에 관심을 갖게 해 주신 강영길 교수님께 먼저 깊은 감사를 드리며 논문을 쓰는 과정에서 물심양면으로 도와 주시고 길을 열어 주신 권오균, 고영우 교수님을 비롯한 ^{박양문}오현도, 김한림, 조남기, 송창길 교수님께도 감사를 드립니다.

그리고 논문이 탄생하기까지 설계에서부터 실험과정에 이르기까지 자료 정리, 문헌 및 논문 검토에 열과 성의를 다해 주신 동료 홍순영 연구사에게 각별한 고마움을 전합니다.

또한 어려운 여건속에서도 학업을 계속할 수 있도록 도움을 주신 지도 기관의 선배 그리고 동료 여러분께도 감사를 드립니다.

아울러 오늘이 있기까지 큰 힘이 되어 주신 어머니와 내조를 아끼지 않았던 아내와 시준, 혁준, 그리고 아우들과 함께 이 영광을 같이 하고 싶으며 먼저 가신 아버님께 이 소서를 받칩니다.