한국식물병리학회지 12(1) : 109-115(1996)
Korean J. Plant Pathol. 12(1) : 109-115(1996)

국내 감자 연작지대에서 분리한 더뎅이병원균의 특성

김주희 · 이왕휴*
전북대학교 농과대학 농생물학과

Characteristics of Potato Common Scab Pathogens from Continuous Cropping Fields in Korea

Ju-Hee Kim and Wang-Hyu Lee*
Department of Agricultural Biology, College of Agriculture, Chonbuk National University, Chonju 560-756, Korea

ABSTRACT : Isolates of *Streptomyces* species isolated from continuous cropping potato fields with the occurrence of common scab of potato (*Solanum tuberosum* L.) were examined for cultural, morphological and physiological characteristics, and tested for pathogenicity on potato tubers. Both pathogenic and nonpathogenic isolates were isolated from infected potatoes. Most pathogenic isolates showed typical characteristics of *S. scabies*, showing spiral spore chains, gray spore colors, and also the ability of producing melanoid pigments, which were identified as *S. scabies* and determined to be the causal organism of the disease. D-glucose, L-arabinose, D-fructose, D-mannitol, raffinose, rhamnose, sucrose, i-inositol, and D-xylose amended in culture medium as carbon source were utilized by the pathogenic isolates. *S. scabies* isolates (CH1 and CH2) were susceptible to 7% NaCl, antibiotics such as streptomycin sulfate (20 μg/ml) and oleandomycin (100 μg/ml), crystal violet (0.5 μg/ml), and thallium acetate (> 10 μg/ml).

***Key words* : common scab, potato, *Streptomyces scabies*.**

재배감자에서는 다양한 종류의 병이 생육초기부터 말기까지 발생하며(1, 5, 9, 12), 그 중 감자 괴경에 더뎅이 증상을 일으키는 감자 더뎅이병은 전세계적으로 발생하고 있다(11, 22, 25). 국내에서도 최근 품종에 따라 차이가 있기는 하지만, 평균 30~40%의 감자 더뎅이병 이병율을 나타내며 심한 경우 발생율이 60~70%에 이르러 상품성을 저하시키고, 전전 종서 생산 및 수량 감소를 초래하는 피해를 주고 있다(19).

더뎅이병에 걸리면 괴경에 담황갈색 - 갈색의 융기형, 흑갈색의 함몰형과 일반적으로 표면에 생기는 통상형의 병징을 나타내고, 그 병반 주위의 세포가 분열해서 코르크층을 형성한다(1, 2, 7, 27). 이 병의 병원균은 Waksman과 Henrici(1961)에 의해 *Streptomyces scabies*로 명명되었고(2, 16, 27, 29), Lambert와 Loria (17)는 산성토양에서도 발병하는 감자 더뎅이병원균을 *Streptomyces acidiscabies*로 동정 보고하였다.

국내에서도 1926년에 보고(6)된 바 있으나 연구는 매우 미흡하고 그 후의 연구도 대부분이 방제 및 생태연구(4, 18, 19)로, 병원균의 특성에 대한 연구는 거의 없는 실정이다. 따라서 본 연구에서는 이병조직 및 토양에서 분리된 병원균의 배양적, 형태적, 생리적 성질을 조사하였고, 우리나라 밭토양의 대부분이 산성이므로, *S. acidiscabies*의 분포 유무도 조사하였다.

재료 및 방법

병원균의 분리 및 보존. 1992년과 1993년에 걸쳐 시중에 유통되고 있는 더뎅이병 이병감자, 재배지(김제, 봉동, 진안, 해남)에서 표면에 더뎅이병 증상이 나타난 감자와 감자 연작지에서 더뎅이병 발병 감자의 주변 토양을 채집하여 병원균을 분리하였다.

감자 괴경에 밝은 회색이나 흰색의 포자가 있는 이병괴경은 NPPC 첨가 한천배지(agar 20 g, nystatin 0.05 g, polymixin B sulfate 0.05 g, penicillin G 0.01 g, cycloheximide 0.05 g, D.W. 1,000 ml) 평판에 직접 접종하였고, 외부 균사가 보이지 않는 경우는 1.5%

*Corresponding author.

NaOCl에 1분간 표면살균 후 멸균수로 수세하여, 담황색 병반 조직을 140배액 phenol과 함께 마쇄한 후 10분간 정치하였다. 그 후 정치액 한 방울을 한천배지나 NPPC 첨가 한천배지에 접종 분리하였다. 또한 멸균수가 담긴 시험관에 이병조직편을 넣고, 50~60°C로 처리하여 NPPC 한천배지에서 분리하였다. 분리한 균은 yeast extract-malt extract agar 배지에 보존하였다.

병원균의 배양적 · 형태적 특성. ISP(International Streptomyces Project) 방법에 따라(8, 31), ISP 2, ISP 3, ISP 4, ISP 5 배지를 φ9 cm Petri-dish에 20 ml씩 분주하고 분리균주를 접종하여 7, 14, 21일 후에 포자색을 관찰하였다.

포자사슬의 형태는 ISP 2배지와 松本(23)의 배지를 이용하여 27±1°C 배양기에 10~14일 배양한 후 400배 광학현미경으로 관찰하였다. 또한 3% glutaraldehyde 용액에 2시간 전고정한 후 buffer로 수세한 다음 2% osmium tetroxide로 2시간 후고정하여 phosphate buffer로 수세한 시료를 에탄올로 탈수 · 치환시켜 건조한 후 금을 증착시켜 주사전자현미경(日立社, S-410S)으로 관찰하였다.

병원균 생리적 특성. 멜라닌 색소 생산성은 ISP 1 및 ISP 7배지에 균주의 포자 및 균사를 떼어 현탁액을 만든 후 현탁액 일부를 접종하여 2일, 4일 배양 후 갈색-흑색의 색소형성 유무를 관찰조사하였다.

pH의 영향을 조사하기 위해, 기본배지(dextrose 10 g, L-asparagine 0.5 g, agar 15 g, D.W. 1,000 ml)에 인산완충액으로 pH를 4.0과 5.0으로 조절하여, 분리된 균을 접종하여 생육여부를 조사하였다.

탄소원 이용성은 ISP 9배지에 각각의 탄소원을 1% 첨가하여 완전배지를 만들었고, 탄소원을 첨가하지 않은 기본배지(negative control)와 D-glucose를 첨가한 배지(positive control)를 대조구로 이용하였다. 배지에 접종한 균을 30°C 배양기에서 10~16일간 배양하여 D-glucose를 첨가한 배지와 생육상태가 유사하면 (+)로, 탄소원을 첨가하지 않은 것과 생육상태가 유사하면 (−)로 조사하였으며, 생육정도에 따라(±), (∓)로 구분하였다.

항생물질 내성을 조사하기 위해 modified Bennett agar 배지(16)에 각종 항생물질을 첨가하여 30°C에서 14일간 배양한 후 생육여부를 조사하였다.

병원성 조사. 병원성은 Loria와 Kemper(22)의 방법을 이용하여 포자현탁액 2 ml를 potato dextrose agar가 들어 있는 삼각 플라스크에 첨가하여 배양시킨 뒤 포자를 방출시켜 250 ml의 살균수를 첨가하여 포자현탁액을 만들어 사용하였다.

그 후 0.6% NaOCl에 10분 동안 표면 소독하여 증류수로 수세한 건전 감자(품종: 수미) 괴경에 이미 만든 포자현탁액(농도 3×10^6/ml)을 40 ml씩 3회 적신 후 멸균된 모래가 담긴 직경 13 cm의 비닐폿트에 심고 24±1°C의 온도와 12~18시간 광주기를 유지시켰다. 영양분은 Hoagland's 용액으로 공급하였다. 접종 30일 후 감자 괴경 표면을 관찰하여 병원성 유무를 조사하였고, 당근(*Daucus carota* var. *sativa* DC.)은 Janse(13)의 방법에 따라 120일 후 발병유무를 조사하였다. 또한 田代(28)의 방법에 따라 병원성 여부를 조사하였다.

결과 및 고찰

병원균 분리. 건조한 알칼리 토양에서 주로 발생하는 것으로 알려진 더뎅이병(1)은 최근 연작 재배지와 씨감자 생산지에서 감자의 괴경에 담황갈색-갈색인 원형의 융기된 모양을 나타내거나, 암갈색-흑색인 함몰형, 통상형의 병징을 나타내어 감자의 상품성을 떨어뜨리고 수량을 감소시키는 감자 더뎅이병이 심하게 발생되어 문제시되고 있는 바, 김제, 봉동, 진안, 해남 지역에서 수집한 이병감자와 유통되고 있는 이병

Table 1. Cultural and morphological characteristics of the isolates of *Streptomyces* species isolated from potato tubers with common scab and from infested potato field soils

Characteristic[a]	No. of positive isolates[b]	*S. scabies* (J-1)[c]
Spore chain		Spiral
Spiral	41	
Rectiflexous	22	
Not determined	6	
Spore color		Gray
Gray	62	
White	6	
Yellow	1	
Melanoid pigment		Producing on ISP 1, ISP 7 media
On ISP 1 medium	38	
On ISP 7 medium	17	
Growth at pH		Growing at pH 5.0
pH 4.0	40	
pH 5.0	67	
No growth on both pHs	2	

[a] Spore chain and spore color were examined on ISP 2 medium.
[b] A total of sixty-nine isolates were examined.
[c] Japanese isolate identified as *S. scabies*.

Table 2. Utilization of carbon sources by *Streptomyces* isolates isolated from diseased potato tubers and infested field soils

Isolate	Spore[a]		Carbon sources[b]									
	Chain	Color	NC	G	Rf	S	I	Rh	X	A	M	F
CH1	S	Gr	±	+	+	+	+	+	+	+	+	+
CH2	S	Gr	±	+	±	±	±	+	+	+	+	+
KWN634	S	Gr	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+
BWN532	S	Gr	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+
BWN535	S	Gr	±	+	+	+	+	+	+	+	+	+
WN1033	S	Gr	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+
WN522	S	Gr	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+
WG1022	S	Gr	−	+	+	+	+	∓	+	−	±	±
WNY636	S	Gr	∓	+	+	+	+	+	+	+	+	+
WNY637	S	Gr	∓	+	+	+	+	+	+	+	+	+
WNY621	S	Gr	−	+	+	+	+	+	+	+	+	+
PWN112	S	Gr	−	+	−	+	+	+	+	±	±	±
PWN135	S	Gr	−	+	+	+	+	+	±	∓	+	∓
PTN61	S	Gr	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+
CH41	S	Gr	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+
KH3	R	W	+	+	−	+	+	+	+	+	+	+
JH4	R	W	−	+	+	+	+	−	−	−	−	−
WN104	R	W	∓	+	∓	∓	∓	∓	−	∓	∓	−
WN523	R	W	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+
NW5241	R	W	−	+	+	−	+	+	+	−	+	+
WN1034	R	W	±	+	+	+	+	+	+	−	+	−
W104	R	W	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+
PTN72	R	W	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+
PTN92	R	W	−	±	−	−	−	+	+	∓	+	+
J-1[c]	S	Gr	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+

[a] Spore chain and spore color were indicated as spiral (S), rectiflexous (R), gray (Gr) and white (W), respectively.
[b] Each carbon source was added in ISP 9 medium. NC : no carbon, G : D-glucose, Rf : raffinose, S : sucrose, I : i-inositol, Rh : L-rhamnose, X : D-xylose, A : arabinose, M : mannitol, F : fructose. +, ±, ∓ and − indicate excellent, good, poor and no growth, respectively.
[c] Japanese isolate identified as *S. scabies*.

감자 및 이병토양에서 병원균을 분리하였다. 분리한 병원균은 이병토양에서 12균주, 외부균사가 있는 이병감자로부터 10균주, 온도처리한 외부균사가 없는 이병감자에서 34균주, 조직편에서 13균주로 총 69개 균주를 분리하였다.

병원균의 배양적 · 형태적 특성. 분리된 69 균주의 포자색, 포자사슬의 특징은 Table 1처럼 ISP 2배지나 松本(23)의 포자형성배지에서 회색이 대부분(62 균주)이었으며, 포자사슬의 형태는 *S. scabies*처럼 나선형이 대부분(41 균주)이었고, 22개 균주가 끝이 약간 휜 직선형이었다.

멜라닌 색소생산성을 조사한 바 ISP 1 배지에서는 38균주가, ISP 7배지에서 17균주가 갈색 - 흑갈색의 멜라닌 색소를 생성하였다(Table 1). 또한 최저 생육가능 pH를 조사하고자 pH 4.0으로 조절한 배지에서는 40균주가, pH 5.0으로 조절한 배지에서는 67균주가 생육가능하였으며, pH 5.0 이상에서만 생육이 가능한 균주는 24균주였고, 일본에서 분양받은 *S. scabies*는 멜라닌 색소생성과 pH 5.0 이상에서만 생육이 가능하였다 (Table 1).

병원균의 생리적 특성. *S. scabies* 또는 *S. acidiscabies*와 배양적 · 형태적 특성이 비슷한 24균주를 선발하여 탄소원 이용성 여부를 측정한 결과는 Table 2와 같다.

탄소원을 전혀 첨가하지 않은 배지에서 17균주가 생육하였고, D-glucose는 전체 균주가, raffinose는 21균주, sucrose는 22균주, i-inositol는 23균주, L-rhamnose는 23균주, D-xylose는 22균주, L-arabinose는

Table 3. Growth status of *Streptomyces* isolates isolated from diseased potato tubers and infested field soils in the presence of chemicals in modified Benette agar medium

Isolate	Chemicals[a]								
	NaCl (7%)	P	Ph	S	C	O_{25}	O_{100}	T_{10}	T_{100}
CH1	−[b]	+	+	−	−	∓	−	−	−
CH2	−	+	+	−	−	∓	−	−	−
KWN634	+	+	+	−	+	+	+	−	+
BWN532	±	+	+	∓	+	+	+	∓	−
BWN535	+	+	±	−	+	+	+	+	−
WN1033	+	+	−	+	+	+	+	+	−
Wn522	+	+	+	−	+	+	+	+	−
WG1022	+	+	+	−	+	−	−	+	−
WNY636	+	+	+	−	+	−	−	−	−
WNY637	+	+	+	−	+	−	−	−	−
WNY621	+	±	+	−	−	−	−	−	−
PWN112	+	+	+	−	+	+	+	+	−
PWN135	−	+	+	±	±	+	−	−	−
PTN61	+	+	+	−	+	+	−	+	−
CH41	+	+	+	−	+	−	+	+	−
KH3	+	+	+	−	+	+	+	+	−
JH4	−	∓	−	∓	−	+	+	∓	−
WN104	+	∓	−	−	+	+	−	∓	−
WN523	+	+	+	−	+	+	+	+	−
WN5241	+	+	+	−	+	+	+	∓	−
WN1034	±	+	±	−	+	−	−	−	−
W104	+	+	−	+	+	+	+	+	−
PTN72	+	+	+	−	+	+	+	+	−
PTN92	+	+	−	−	+	+	−	±	−
J − 1[c]	−	+	+	−	−	∓	−	−	−

[a] P : Penicillin G, Ph : Phenol, S : Streptomycin sulfate, C : Crystal violet, O_{25} : Oleandomycin (25 μg/ml), O_{100} : Oleandomycin (100 μg/ml), T_{10} : Thallium acetate (10 μg/ml), T_{100} : Thallium acetate (100 μg/ml).

[b] +, ±, ∓, − : Excellent, good, poor, no growth, respectively.

[c] Japanese isolate identified as *S. scabies*.

20균주, D-mannitol는 23균주, D-fructose는 21균주가 이용하였다. 대조균주인 *S. scabies*처럼 모든 탄소원을 이용한 균주는 16균주(CH1, CH2, KWN634, BWN 532, BWN535, WN1033, WN522, WNY636, WNY 637, WNY621, PTN135, PTN61, CH41 WN523, W 104, PTN72)였다.

NaCl 및 항생물질 내성을 조사한 결과 Table 3처럼 100ppm첨가 thallium acetate에서는 대체적으로 감수성을 보였으나 0.1% phenol과 penicillin G를 첨가한 배지에서는 내성을 보였고, 7% NaCl 첨가배지에서는 20균주가 내성을 보였다. 대조균주인 일본산 *S. scabies*와 생육이 유사한 균주는 2균주(CH1, CH2)였다.

병원성. 대조 균주, *S. scabies* 및 *S. acidiscabies*와 유사한 특성을 가진 균주를 선발하여 감자와 당근에 대한 병원성 검정 결과는 Table 4와 같다.

이병감자와 이병토양에서 분리한 69균주 중 7개 균주가 병원성 시험에서 더뎅이병의 전형적인 병징을 나타냈는데(Table 4), 감자에서는 일본균주처럼 2개 균주(CH1, CH2)가 전형적인 병징을 나타냈고 5개 균주(BWN535, WNY637, PWN135, PTN61, CH41)가 미약한 병원성을 나타냈으며, 당근에 대해서는 2개 균주가 일본 균주처럼 병원성을 나타냈고, 1개 균주가 약한 병원성을 나타냈다.

전형적인 병징을 나타내는 2개 균주(CH1, CH2)는 대조 균주 및 Lambert와 Loria(16)의 결과를 비교한 것은 Table 5와 같다. 배지상에서 회색 포자와 나선형태의 포자사슬을 형성하였으며, 멜라닌 색소를 생성하고 공시한 9개의 탄소원을 모두 이용하였다. 또한

Table 4. Pathogenicity of *Streptomyces* isolates on potato tuber and carrot

Isolate	Potato tuber	Carrot
CH1	++[a]	++
CH2	++	++
BWN535	+	−
WNY637	+	+
PWN135	+	−
CH41	+	+
J-1[b]	++	++

[a] ++, +, − : Severe, mild, not pathogenic (not producing symptoms), respectively.
[b] Japanese isolate identified as *S. scabies*.

항생물질 내성에 있어서도 phenol, penicillin G, oleandomycin(25 μg/ml)을 제외한 공시한 항생물질 모두에 감수성을 나타냈다.

이들 균주의 형태적, 배양적, 생리적 특성을 조사한 결과(Table 1, 3)는 배지상에서 회색 포자와 나선상의 포자사슬을 형성하지만, 멜라닌 색소는 생성하지 않는다고 보고(15, 26, 29)하여 분류학적으로 논란이 되었던 결과와는 다르나, 일반적인 특성은 Lambert와 Loria(16)의 보고와 일치하였다. 또한 생육이 가능한 최저 pH가 5.0이었으며, 탄소원 중에(Table 2) i-inositol, sucrose, raffinose를 이용하지 않는다는 Nonomura(24)의 결과와는 달랐지만 Lambert와 Loria(16)가 보고한 것과는 일치하였다.

이들 균주의 항생물질 내성정도를 조사하였을 때, 병원성이 강한 2균주(CH1, CH2)는 Lambert와 Loria (16)의 보고와 마찬가지로 7% NaCl 및 streptomycin sulfate, crystal violet, oleandomycin(100 μg/ml), thallium acetate(10 μg/ml, 100 μg/ml) 등의 항생물질에 감수성을 나타냈으나, 일본산 *S. scabies*처럼 oleandomycin(25 μg/ml), penicillin G와 0.1% phenol에 대해서는 내성으로 Lambert와 Loria의 결과와는 달랐으나, 이 연구에서의 여러 가지 특성에 비추어 볼 때 본 실험에서 분리한 7균주를 *S. scabies*로 동정할 수 있었다.

또한 산성토양에서 발병한다고 보고된 *S. acidiscabies*(3, 15, 17)는 본 실험에서 최저 생육 pH, 배양적, 형태적 특성상 유사한 균주로 선발된 몇 균주(KH 3, JH4, WN104, WN523, WN5241, WN1034, W104, PTN72, PTN92)가 있으나, 전체적인 특성을 고려할 때, *S. acidiscabies*의 일관적인 특성을 갖는 균주는 분리되지 않았다. 그러나 우리 나라 토양이 대부분 산성화되어 가는 실정이므로, 이 부분에 대해서도 계속적인 연구가 요구된다.

Table 5. Comparison of characteristics of pathogenic *Streptomyces* isolates (CH1 and CH2) with *S. scabies* isolates

Characteristic	Pathogenic isolates (CH1 and CH2)	J-1[a]	*S. scabies*[b]
Spore mass color on:			
Salt starch medium	gray	gray	gray
Oatmeal medium	gray	gray	gray
Glycerol asparagine medium	gray	gray	gray
Yeast malt medium	gray	gray	gray
Spore chain morphology	spiral	spiral	spiral
Melanin from pigment	+[c]	+	+
Diffusible pigment	−	−	−
Carbon source usage:			
L-Arabinose (1%, w/v)	+	+	+
D-Fructose (1%, w/v)	+	+	+
D-Glucose (1%, w/v)	+	+	+
D-Mannitol (1%, w/v)	+	+	+
Raffinose (1%, w/v)	+	+	+
Rhamnose (1%, w/v)	+	+	+
Sucrose (1%, w/v)	+	+	+
D-Xylose (1%, w/v)	+	+	+
i-Inositol (1%, w/v)	+	+	+
Minimum pH for growth	5.0	5.0	5.0
Growth in the presence of			
Thallium acetate (100 μg/ml)	−	−	−
Thallium acetate (10 μg/ml)	−	−	−
Sodium chloride (7%, w/v)	−	−	−
Crystal violet (0.5 μg/ml)	−	−	−
Phenol (0.1%, wt/vol)	+	+	−
Penicillin G (10 IU/ml)	+	+	−
Oleandomycin (100 μg/ml)	−	−	−
Oleandomycin (25 μg/ml)	∓	∓	−
Streptomycin (200 μg/ml)	−	−	−

[a] Japanese isolate identified as *S. scabies*.
[b] Characteristics of *S. scabies* reported by Lambert & Loria (16).
[c] +, ∓, − : Good, poor, no growth, respectively.

그 외에 분리된 균들은 조사된 특성이 Healy와 Lambert(10), Keinath와 Loria(14), Williams 등(30)이 보고한 바에 따라 *S. cyaneus, S. diastaticus, S. rochei, S. albidoflavus*의 그룹에 속하는 것으로 추정되고 있으나, 여기에 대해서는 추후 검토가 되어야 할 것으로 생각된다.

또한 분리한 균들의 병원성 검정 방법에는 Archuleta와 Easton(2), Janse(13), Loria와 Davis(21)와 Loria와 Kemper(22)의 방법이 있으나 위 방법들은 시

간 및 노력이 소요되며, 田代(28)의 방법은 괴사 여부를 판단하는데 모호한 점이 있었으므로, 이것이 보완된 간이 병원성 검정방법이 연구되어야 할 것으로 생각된다.

요 약

국내 감자 연작 재배지에서 수집하여 분리동정한 더뎅이병원균인 *Streptomyces scabies*의 배양적, 형태적, 생리적 특성을 조사한 결과는 다음과 같다. 이병감자에서 분리된 균들은 병원성 균주와 비병원성 균주들로 구분되었고, 이들 간에는 뚜렷한 차이를 보였는데, 전형적인 병징을 나타내는 병원성균주는 비병원성균주와는 달리, 나선형의 포자사슬, 회색 포자, 멜라닌 색소를 생성하고 D-glucose, L-arabinose, D-fructose, D-mannitol, raffinose, rhamnose, sucrose, i-inositol, D-xylose 등의 탄소원을 이용하였으며, 또한 7% NaCl 및 streptomycin sulfate, crystal violet, oleandomycin(100 μg/ml), thallium acetate(10 μg/ml, 100 μg/ml) 등의 항생물질에 감수성을 나타내었다.

참고문헌

1. Agrios, G. N. 1988. *Plant Pathology*, 3rd. ed., pp. 574-576. Academic Press. 830pp.
2. Archuleta, J. G. and Easton, G. D. 1981. The cause of deep-petted scab of potatoes. *Am. Potato J.* 58 : 385-392.
3. Bonde, M. R. and McIntyre, G. A. 1968. Isolation and biology of a *Streptomyces* sp. causing potato scab in soils below pH 5.0. *Am. Potato J.* 45 : 273-278.
4. 최연일, 조철래. 1965. 감자 창가병 방제에 의한 시험. 농촌진흥청 시험 연구 사업 보고서: 212-223.
5. 조재영, 이은웅, 김기준, 김영진. 1987. 작물학개요, pp. 141-152. 향문사.
6. 조선 총독부 권업모범장. 1926. 창가병. 조선 총독부 권업모범장연구보고 15 : 94.
7. Davidon, R. M. 1976. Pototo scab (*Streptomyces scabies*). Extension Bulletin of Washington State University, p. 1243.
8. 浜田雅, 眞部まゆみ. 1985. 放線菌の同定實驗法. 日本放線菌研究會編, pp. 35-57.
9. 한국식물보호학회. 1986. 한국식물병 · 해충 · 잡초 명감. 2판, pp. 11-12.
10. Healy, F. G. and Lambert, D. H. 1991. Relationships among *Streptomyces* spp. causing potato scab. *International Journal of Systematic Bacteriology* 4 : 479-482.
11. 北海道澱粉工業協會. 1984. そうか病. 馬鈴しょの減收と品質の低下をもたらす細菌病と生理障害の防除と對策, pp. 16-21.
12. Hooker, W. J. 1990. Common scab. In : *Compendium of Potato Disease*, pp. 33-34. APS Press.
13. Janse, J. D. 1988. A *Streptomyces* species identified as the cause of carrot scab. *Neth. J. Pl.* 94 : 303-306.
14. Keinath, A. P. and Loria, R. 1989. Population dynamics of *Streptomyces scabies* and other *Actinomycetes* as related to common scab of potato. *Phytopathology* 79 : 681-687.
15. Korn-Wendisch, F. and Kutzner, H. J. 1991. The family Streptomycetaceae: In: *The Prokaryotes*, Vol. I, pp. 921-995, ed. by A. Balows, H. G. Trüper, M. Dworkin, W. Harder and K. H. Schleifer. Springer-Verlag.
16. Lambert, D. H. and Loria, R. 1989. *Streptomyces scabies* sp. nov. nom. rev. *International Journal of Systematic Bacteriology* 4 : 387-392.
17. Lambert, D. H. and Loria, R. 1989. *Strèptomyces acidiscabies* sp. nov. *International Journal of Systematic Bacteriology* 4 : 393-396.
18. 임명정, 김승렬, 유언하, 최영하. 1989. 감자 더뎅이병 생태 및 방제에 관한 연구. 원예작물시험장보고서: 319-335.
19. 임명정, 김승렬, 유언하, 최영하. 1990. 감자 더뎅이병 생태 및 방제에 관한 연구. 원예작물시험장보고서: 324-329.
20. Locci, R. 1984. *Streptomyces* and related genera: In *Bergey's Mannual of Systematic Bacteriolgy*, Vol. 4, pp. 2451-2497, ed. by S. T. Williams, M. E. Sharpe and J. G. Holt. G. Williams & Wildins Co.
21. Loria, R. and Davis, J. R. 1988. *Laboratory Guide for Identification of Plant Pathogenic Bacteria*, pp. 114-119. APS Press.
22. Loria, R. and Kempter, B. A. 1986. Relative resistance of potato tubers produced from stem cuttings and seed-piece-propagated plants to *Streptomyces scabies*. *Plant disease* 70 : 1146-1148.
23. 松本和夫. 1979. ジャガイモそうか病菌の胞子形成培地と菌の長期保存法. 植物防疫 33 : 461-463.
24. Nonomura, H. 1974. Key for classification and identification of 458 species of the Streptomycetes included in ISP. *J. Ferment. Technol.* 52(2) : 78-92.
25. 農漁村文化協會. 1987. ソウカ病. 原色野菜病害蟲百科(診斷と防除) 5 : 285-289.
26. Pridham, T. G. and Gottlieb, D. 1948. The utilization of carbon compounds by some Actinomycetalase as an acid for species determination. *J. Bacteriol.* 56 : 107-114.
27. Rich, A. E. 1983. Common scab. In : *Potato Disease*, pp. 14-18. Academic Press.
28. 田代暢哉. 1986. ジャガイモそうか病に關與する

*Streptomyces*屬放線菌の類別と生態. 日本植物病理學會九州部會 第11回シソポジウム講演集, pp. 1-16.

29. Tashiro, N., Miyashita, K. and Suzui, T. 1990. Taxonomic studies on the *Streptomyces* species, isolated as casual organisms of potato common scab. *Ann. Phytopath. Soc. Japan* 56 : 73-82.
30. Williams S. T., Goodfellow, M., Alderson, G., Wellington, E. M. H., Sneath, P. H. A. and Sackin, M. J. 1983. Numerical classification of *Streptomyces* and related genera. *Journal of General Microbiology* 129 : 1743-1813.
31. 윤봉식. 1988. *Streptomyces*의 분류, 분포 및 항생물질 생산특성. 충남대학교 대학원 석사학위논문. 68pp.