

*Streptomyces turgidiscabies*에 의한 감자 더덩이병

김점순¹ · 박덕환 · 임춘근* · 최용철² · 함영일¹ · 조원대²
강원대학교 농업생명과학대학 자원생물환경학부, ¹고령지농업시험장 감자과,
²농업과학기술원 작물보호부 병리과

Potato Common Scab by *Streptomyces turgidiscabies*

Jeom Soon Kim¹, Duck Hwan Park, Chun Keun Lim*, Yong Chul Choi²,
Young Il Hahm¹ and Weon Dae Cho²

Division of Biological Environment, College of Agriculture and Life Science,
Kangwon National University, Chuncheon 200-701, Korea

¹Potato Division, Alpine Agricultural Experiment Station, RDA, Pyongchang 232-950, Korea

²Plant Pathology Division, Department of Crop Protection,
National Agricultural Science and Technology Institute, Suwon 441-707, Korea

ABSTRACT: Bacterial species isolated from common scab lesion on potato (*Solanum tuberosum* L. cv. Dejima) tuber was identified as *Streptomyces turgidiscabies*. This organism had flexuous spore chains and grey spore mass color, produced melanin pigment on ISP 7, but did not produce on ISP 6. *S. turgidiscabies* grew on agar media at pH 4.5, used L-arabinose, D-fructose, D-glucose, D-mannitol, raffinose, rhamnose, sucrose, D-xylose and meso-inositol as carbon sources, and was susceptible to 7% NaCl, thalium acetate (10 µg/ml, 100 µg/ml), crystal violet (0.5 µg/ml), phenol (0.1%, wt/vol), oleandomycin (100 µg/ml), and streptomycin (20 µg/ml).

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

감자 더덩이병은 북미, 유럽, 남아프리카, 아시아 등 감자를 재배하는 거의 모든 곳에서 발생하는 병(2, 13, 14, 16)으로서, 감자괴경 표면에 평평하거나 움기 또는 함몰하는 코르크형의 병반을 일으키고 때에 따라서는 무, 당근 등의 근채류에도 병을 일으킨다(3). 이 병의 원인균에 대해서는 1891년에 Thaxter가 회색 포자덩이에 나선형 포자쇄를 형성하고 멜라닌 색소를 형성하는 균을 *Oospora scabies*로 최초로 보고하였으나, 이 균은 유지되지 않았다. 1961년에 Waksman(5)은 나선형 포자쇄를 형성하지 않고 멜라닌 색소를 생산하지 않는 새로운 형의 병원균을 *Streptomyces scabies*로 보고하였는데, 이 병원균은 Lambert와 Loria(10)에 의해 잘못된 것으로 밝혀졌다. 이후 1989년에 Lambert와 Loria는 포자덩이의 색이 회색이며 표면이 평탄(smooth)하고 나선형 포자쇄를 형성하며 멜라닌 색소를 생산하고, ISP(International Streptomyces Project) 분류 체계에 기록된 당을 모두 이용하는 균주 중 Thaxter의 보고와 일치하는 균들을 *S. scabies*로 재 명명하였다(10). 또한 pH 4.5 미만에서도 자라며 흰색 포자 덩이에 직파상형 포자쇄를 형성하며 raffinose를

이용하지 않는 균을 *S. acidiscabies*로 보고하였다(11).

최근 일본에서는 감자 주생산지대인 북해도(Hokkaido)에서 기존의 *S. scabies*, *S. acidiscabies*와는 다른 새로운 균주를 보고하였다(16). 이 균주는 *S. turgidiscabies*라고 명명되었는데, 포자덩이의 색이 회색이고, 직파상형의 포자쇄를 형성하며 멜라닌 색소를 생산하지 않는 것이 특징이고, 16s rRNA의 염기서열 분석결과 *S. scabies*, *S. acidiscabies*와는 다른 종임이 증명되었다(19). 일본에서는 이 균에 대한 동정(15), 발생 생태, 방제에 대한 연구가 활발히 이루어지고 있다(6, 18, 20).

한편 감자 더덩이병은 최근 우리나라의 주요 감자 재배 지대에서도 발생이 점차 증가하고 있는데, 특히 대지 품종에서 그 피해가 크며(8) 농가 소득 감소의 원인이 되고 있다. 국내의 감자 더덩이병에 대해서는 발병 조사와 방제에 대한 연구가 몇 차례 이루어진 바 있으나(1, 7, 12), 원인균에 대해서는 김 등(9)에 의해 *S. scabies*가 보고되어 있을 뿐이다.

본 논문은 1995~1996년에 걸쳐 우리나라의 주요 감자 재배 지대에서 분리한 병원균을 동정하는 과정에서 *S. turgidiscabies*로 동정된 균주가 있어 그 결과를 보고하고자 한다.

*Corresponding author.

재료 및 방법

병원균의 분리 및 보존. 병원균은 1995년에 수원의 대지 품종 기본식물 생산 망실에서 생산된 이병피경으로부터 분리하였다. 이병피경을 1.5% NaOCl에 1분간 표면 살균 한 다음 멸균수로 수세하고, 병반조직을 5 ml 멸균수와 함께 마쇄하였다. 그후 마쇄액을 NPPC 첨가 한천배지(nystatin 50 mg, polymixin B sulfate 5 mg, sodium penicillin-G 1 mg, cycloheximide 50 mg, agar 20 g, 멸균 증류수 1,000 ml)에 도말하여 28°C에서 10~14일간 배양하였다. 분리한 균은 Yeast-malt-extract agar(YME; yeast extract 4 g, malt extract 10 g, dextrose 4 g, agar 20 g, 멸균증류수 1,000 ml) 배지를 이용하여 4°C에 냉장 보관하였다.

병원성 검증. Loria와 Kempter(13)에 의한 방법으로 실시하였다. 균주를 YME 사면배지에 일정기간 배양한 뒤 5 ml의 멸균수를 첨가하여 세균현탁액을 만들고, 이중 2 ml을 50 ml의 Potato-dextrose agar(PDA, Difco Laboratories, Detroit, MI)가 들어 있는 삼각 플라스크에 접종하고, 28°C에서 2주간 배양한 후 250 ml의 멸균수를 첨가하여 포자현탁액을 만들었다. 접종식물은 더덩이병에 대해 이병품종인 대지를 peat/vermiculiter가 채워진 직경 19 cm 화분에 심어 온실에서 6주 정도 키운 후, 식물체로부터 3개의 완전히 전개된 잎을 가진 삼수를 취해 제일 아래 잎을 제거하고 살균된 모래가 든 13 cm의 화분에 액아가 묻히도록 꽂았다. 한 화분에 2개의 삼수를 꽂고 3개의 화분에 포자현탁액 40 ml씩을 삼수기부에 붙고 3주 후에 조사하였다.

병원균의 형태적·배양적 특성. 포자사슬의 형태는 ISP 2배지(17)를 이용하여 28°C에서 2주 동안 배양시킨 후, 형성된 균총(colony)을 광학현미경으로 관찰하였으며, 포자덩이색과 영양균사의 색도 관찰하였다.

병원균의 생리적 특성. 멜라닌 색소형성은 포자현탁액을 만들어 ISP6, ISP7배지(17)에 접종하고 7일 후에 갈색-흑색의 색소가 형성되면 양성(+)으로, 색소가 형성되지 않으면 음성(-)으로 하였다. 산도(pH)에 대한 반응을 알아보기 위해, 기본배지(dextrose 10 g, L-asparagine 0.5 g, agar 15 g, 멸균증류수 1,000 ml)에 인산완충액으로 산도를 3.5~7.0까지 8단계로 조절한 후 균을 접종하여 생육여부를 조사하였다.

탄소원 이용성을 조사하기 위한 배지는 ISP 9배지(17)에 각각의 탄소원을 1%(wt/vol) 농도로 첨가하였으며, 탄소원을 첨가하지 않은 기본배지를 음성대조구로 D-glucose를 첨가한 배지를 양성대조구로 하였다. 배지에 접종한 균을 28°C에서 2주일간 배양하여 D-glucose를 첨가한 배지와 생육이 비슷하면 양성(+)으로, 탄소원을 첨가하지 않은 배지와 생육이 비슷하면 음성(-)으로 하

였다.

항생물질에 대한 내성을 조사하기 위해 Modified Bennett agar(beef extract 1 g, yeast extract 1 g, tryptone 2 g, glycerol 10 g, agar 15 g, 멸균증류수 1,000 ml)배지에 각종 항생물질을 첨가하여 28°C에서 14일간 배양한 후 생육여부를 조사하였다.

결과 및 고찰

병원균 분리 및 병원성. 감자 더덩이병은 품종에 따라 발병양상이 크게 차이가 나는데 특히 대지 품종에서 심각한 발병을 보였다. 본 균주는 대지 품종의 이병된 피경을 채집하여 표면이 약간 융기되고 별모양으로 갈라지며 갈색을 나타내는 병반(Fig. 1A)으로부터 분리하였다. 인공접종에 의해 형성된 병반은 표면이 약간 융기한 갈색을 나타내었다. 피경표면은 코르크화되어 갈라졌으며 분리피경에 나타난 증상과 매우 유사하였다(Fig. 1B).

병원균의 형태적·배양적 특성. 광학현미경 250배로 조사한 포자사슬의 형태는 파상형(Fig. 1C)이었으며 포자덩이의 색은 회색(Fig. 1D), 영양균사의 색은 옅은 갈색이었다.

병원균의 생리적 특성. 멜라닌 색소생성은 ISP 7배지에서는 생산하나 ISP 6배지에서는 생산하지 않았다. 최저 생육가능 산도는 4.5였으며, ISP에 기록된 모든 탄소원인

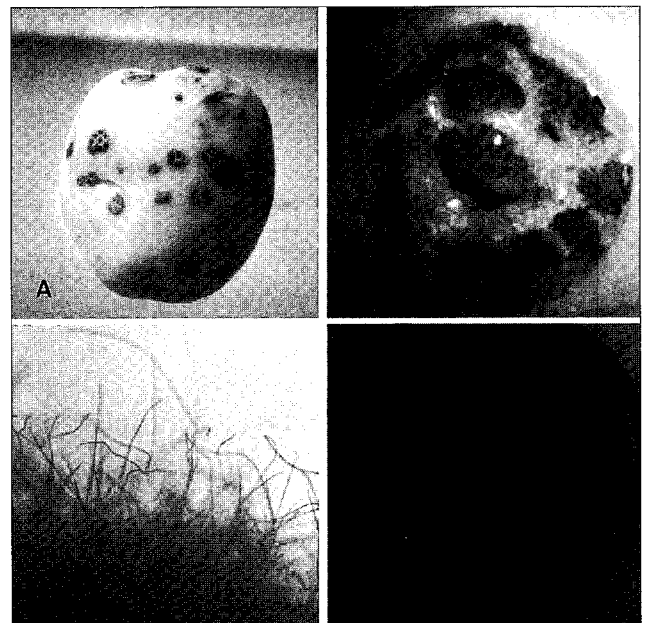


Fig. 1. A: Raised scab symptom produced on potato tuber in the field. B: Scab symptom of potato tuber produced by isolate SW27 of *S. turgidiscabies* 21 days after inoculation in the pot. C: Flexuous spore chains of isolate SW27 grown on yeast malt extract agar at 28°C for 14 days. D: Spore mass color of isolate SW27 grown on yeast malt extract agar.

L-Arabinose, D-Fructose, D-Glucose, D-Mannitol, Raffinose, Sucrose, D-Xylose 그리고 meso-Inositol을 이용하였다. 또한 5%, 6%, 7% NaCl 및 Thallium acetate, Crystal violet, Phenol, Oleandomycin(100 µg/ml) 그리고 Streptomycin에서 감수성을 보이거나 penicillin G (10 IU/ml)와 oleandomycin(25 µg/ml)에는 내성을 보였다(Table 1).

감자 더듬이병을 일으키는 균에 대해서는 세계적으로 가장 널리 알려지고, 병원성이 강한 균인 *S. scabies*(10)와 *S. acidiscabies*(11) 외에도 병원성이 비교적 약한 *S. griseus*, *S. olivaceous*, *S. aureofaciens*, *S. flaveolus* 등이 보고되었다. 이밖에 캐나다에서 깊은 함몰증상을 나타내는

S. caviscabies(4)와 일본에서 보고된 *S. turgidiscabies*(16)가 있다. 본 실험에 공시된 균주 SW27의 경우, 나선형 포자쇄와 생육 최저산도가 5.0인 *S. scabies*와는 분명히 달랐으며, 흰색의 포자색을 나타내며 raffinose를 이용하지 않고 생육 최저산도가 4.0인 *S. acidiscabies*와도 많은 차이를 나타내었다. 반면, 파상형 포자쇄, 회색 포장당이 그리고 생육 최저산도 4.5의 특성을 나타내는 *S. turgidiscabies*와 가장 유사한 특징을 보였으며, 멜라닌 색소 생산에서만 약간의 차이를 나타내어 본 균주를 *S. turgidiscabies*로 동정하였다. *S. turgidiscabies*는 가장 널리 분포되어 있는 *S. scabies*보다 낮은 산도에서 생육이 가능하였는데, 이는 집약적인 감자 재배로 인하여 토양이 척박해지고 산성화됨에 따라, 균이 산도가 낮은 토양에 적응하는 쪽으로 분화하고 있음을 시사해 준다고 할 수 있다. 따라서, 국내 감자재배지의 경우, 지금과 같이 연작이 계속되고, 토양이 산성화되고 있는한 *S. turgidiscabies*의 밀도도 점차 증가할 것으로 생각된다.

요 약

이병된 감자로부터 분리한 더듬이병원균의 형태적, 배양적 특징 및 병원성 검정을 실시한 결과 *Streptomyces turgidiscabies*로 동정되었다. 균주는 파상형 포자쇄와 회색의 포장당을 형성하였으며 ISP 7배지에서는 멜라닌 색소를 생산하나 ISP 6배지에서는 생산하지 않았다. 최저생육 pH는 4.5였으며 L-arabinose, D-fructose, D-glucose, D-mannitol, raffinose, rhamnose, sucrose, D-xylose, meso-inositol 등의 당을 모두 이용하였고 7% NaCl 및 thallium acetate(10 µg/ml, 100 µg/ml), crystal violet(0.5 µg/ml), phenol(0.1%, wt/vol), oleandomycin (100 µg/ml), streptomycin(20 µg/ml) 등의 항생물질에 감수성을 보였다.

감사의 말씀

본 연구는 1997년도 농림수산 특정연구과제의 연구비 지원으로 수행되었으며 이에 감사드립니다.

참고문헌

1. 차광홍, 김영옥, 조백호. 1993. 감자 더듬이병의 생태 및 방제에 관한 연구. 전남도원 시험연구보고서. pp. 453-457.
2. Faucher, E., Savard, T. and Beaulieu, C. 1992. Characterization of actinomycetes isolated from common scab lesions on potato tubers. *Can. J. Plant Pathol.* 14:197-202.
3. Goyer, C. and Beaulieu, C. 1997. Host range of streptomycetes strains causing common scab. *Plant Dis.* 81: 901-904.

Table 1. Characteristics of pathogenic *Streptomyces* isolate SW27

Characteristics	SW27	<i>S. turgidiscabies</i> ATCC 700248 ^a	<i>S. scabies</i> ^b	<i>S. acidiscabies</i> ^b
Spore chain morphology ^c	Rf	Rf	S	Rf
Spore mass color ^d	Gy	Gy	Gy	W
Substrate mycelium	Br	Y	Br	Br
Melanin on tyrosine agar	+ ^e	-	+	-
Pigment on peptone iron medium	-	-	+	-
Carbon source usage				
L-Arabinose (1%, wt/vol)	+	+	+	+
D-Fructose (1%, wt/vol)	+	+	+	+
D-Glucose (1%, wt/vol)	+	+	+	+
D-Mannitol (1%, wt/vol)	+	+	+	+
Raffinose (1%, wt/vol)	+	+	+	-
Rhamnose (1%, wt/vol)	+	+	+	+
Sucrose (1%, wt/vol)	+	+	+	+
D-Xylose (1%, wt/vol)	+	+	+	+
meso-Inositol (1%, wt/vol)	+	+	+	+
Minimum pH for growth	4.5	4.5	5.0	4.0
Growth in the presence of				
5% NaCl	-	-	+	ND
6% NaCl	-	-	+	-
7% NaCl	-	-	-	-
Thallium acetate (100 µg/ml)	-	-	-	-
Thallium acetate (10 µg/ml)	-	-	-	+
Crystal violet (0.5 µg/ml)	-	-	-	+
Phenol (0.1%, wt/vol)	-	-	-	+
Penicillin G (10 IU/ml)	+	ND ^f	-	+
Oleandomycin (100 µg/ml)	-	-	-	-
Oleandomycin (25 µg/ml)	+	ND	-	+
Streptomycin (20 µg/ml)	-	-	-	+

^aDetails of *S. turgidiscabies* were as described in Miyajima *et al.* (16).

^bDetails of *S. scabies* and *S. acidiscabies* were as described in Loria *et al.* (11).

^cS, spiral; Rf, rectiflexuous.

^dBr, brown; Gy, grey; W, white; Y, yellow.

^e+, positive reaction; -, negative reaction.

^fND, not determined

4. Goyer, C., Faucher, E. and Beaulieu, C. 1996. *Streptomyces caviscabies* sp. nov., from deep-pitted lesions in potatoes in Quebec, Canada. *Int. J. Syst. Bacteriol.* 46(3): 635-639.
5. Goyer, C., Otrysko, B. and Beaulieu, C. 1996. Taxonomic studies on streptomycetes causing potato common scab: a review. *Can J. Plant Pathol.* 18: 107-113.
6. 北海道澱粉工業協會. アメリカカナダ馬鈴薯事情調査報告書. 1996. pp.20-22.
7. Kim, C. H., Lee, H. S. and Ahn, S. B. 1993. Disease incidence pattern on rice and upland crops in paddy-upland rotation system. *Korean J. Plant Pathol.* 9: 280-285.
8. 김점순, 최용철, 함영일. 1997. 감자 더덩이병의 발생생태에 관한 연구. 고흥지농업시험장 시험연구보고서. pp. 245-254.
9. 김주희, 이왕휴. 1996. 국내 감자 연작지대에서 분리한 더덩이병원균의 특성. *한국식물병리학회지* 12: 109-115.
10. Lambert, D. H., and Loria, R. 1989. *Streptomyces scabies* sp. nov. nom. rev. *Int. J. Syst. Bacteriol.* 39: 387-392.
11. Lambert, D. H., and Loria, R. 1989. *Streptomyces acidiscabies* sp. nov. *Int. J. Syst. Bacteriol.* 39: 393-396.
12. 임명순, 김승열, 류연하, 최영하. 1989. 감자 더덩이병 생태 및 방제에 관한 연구. 원예시험장시험연구보고서. pp. 319-335.
13. 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.
14. Loria, R., Bukhalid, R. A., Fry, B. A., King, R. R. 1997. Plant pathogenicity in the genus *Streptomyces*. *Plant Disease* 81: 836-846.
15. 宮島 邦之. 1996. ジャガイモそうか病菌の病原菌. 農業低溫科學 研究室生産環境整備部會第9回セミナー.
16. Miyajima, K., Tanaka, F., Takeuchi, T. and Kuninaga S. 1998. *Streptomyces turgidiscabies* sp. nov. *Int. J. Syst. Bacteriol.* 48: 495-502.
17. Shirling, E. B. and Gottlieb, D. 1966. Methods for characterization of *Streptomyces* species. *Int. J. Syst. Bacteriol.* 16: 313-340.
18. 高橋賢司, 中尾, 敬, 小原明子, 梅村芳樹. 1997. ジャガイモそうか病の病斑型に對する品種, 菌の種類, 土壤pHおよび土壤水分の影響. 北日本病蟲研報 48: 59-62.
19. Takeuchi, T., Sawada, H., Tanaka, F., and Matwuda, I. 1996. Phylogenetic analysis of *Streptomyces* spp. causing potato scab based on 16s rRNA sequences. *Int. J. Syst. Bacteriol.* 46: 476-479.
20. 田中 文夫, 宮島 邦之. 1997. ジャガイモそうか病の防除の現状と問題點. 植物防役 51(6): 10-14.

(Received September 30, 1998)