

## 제주지역 감자더듬이병 발생 특성

홍순영\* · 강영길<sup>1</sup> · 함영일<sup>2</sup>제주도농업기술원, <sup>1</sup>제주대학교 농업생명과학대학, <sup>2</sup>고령지농업시험장

## Developmental Characteristics of Potato Common Scab in Jeju Island

Soon-Yeong Hong\*, Yong-Kil Kang<sup>1</sup> and Young-Il Hahm<sup>2</sup>

Jeju-do Agricultural Research &amp; Extension Service, Jeju 690-170, Korea

<sup>1</sup>Department of Plant Resource Science, Cheju National University, Jeju 690-756, Korea<sup>2</sup>Alpine Agricultural Experiment Station, RDA, Pyongchang 232-950, Korea

(Received on August 9, 2003)

This study was conducted to clarify developmental characteristics of scab in potato fields in Jeju island, Korea from 1995 to 1999. Occurrence of potato scab increased with repeated cultivation of potato and high soil pH in the fields. Incidence of the disease was as high as 54.8% in the repeatedly cultivated potato fields but relatively low as 20.8~26.3% in the non-cultivated fields and in the fields where barley and Chinese cabbage were formerly cultivated. A total of 66 isolates were obtained from the diseased potato tubers and identified as *Streptomyces scabies*, *S. turgidiscabies* and *S. acidiscabies*. The isolation frequency of each *Streptomyces* species was 37.7%, 14.8% and 18.0%, respectively. The optimum temperature for mycelial growth of the *Streptomyces* spp. was 28~30°C, and the optimum pH for that 6~7.

**Keywords :** potato scab, *Streptomyces acidiscabies*, *S. scabies*, *S. turgidiscabies*

감자 더듬이병을 일으키는 병원균은 *Streptomyces scabies*, *S. acidiscabies*, *S. turgidiscabies* 등 여러 종이 보고되었 다(Lambert와 Loria, 1989a, 1989b; Miyajima 등, 1998; Rich, 1983). 병원균의 포자는 환경 저항성이 강하고, 토 양입자, 농기구, 바람 등에 의하여 쉽게 이동하며, 동물의 배설물 속에서도 생존하는 것으로 알려져 있다(박 등, 1991). 松本(1981)는 더듬이병균은 호기성이며, 토양 pH 5~12 범위에서 자랄 수 있고, 포자형성은 온도 20°C, pH 8.0~8.5에서 잘 된다고 하였다. 제주도에서의 감자 더듬 이병은 조사포장의 82%에서 발생하였는데, 북제주군의 15~30%에 비해 남제주군은 15~75%로 높은 발생을 보였 다(이, 1999). 植松과 片山(1990)는 일본에서의 더듬이병 발병율은 1981년 이전까지는 10%이하였으나 1982년 이 후 급속히 증가하여 심하게 발생한 포장이 50%에 달한 다고 하였으며, 田代(1999)는 31.3~50.0%의 이병율을 보

고하였다. 감자 더듬이병균은 포자가 나선형인 것과 직파 상형인 것이 있으며(植松과 片山, 1990), 병징에서 균을 분리한 결과 38%는 *Streptomyces scabies*이었으며, 표면 형 병징에서는 나선형, 함몰형 병징에서는 직파상형이 많 았다고 보고된 바 있다(Faucher 등, 1992). Goyer 등(1996) 도 감자 괴경의 병징에서 병원균을 분리한 결과, *S. scabies* 가 52%, *S. acidiscabies*가 48%였다고 하였다. Miyajima 등(1998)은 일본의 北海道 동쪽지역에서 새로운 종의 더듬이병균을 발견하여 *S. turgidiscabies*로 명명하였는데, 田中(2000)는 북해도에는 *S. turgidiscabies*가 우점종이라고 하였다. 우리나라에서도 김 등(1998a, b)에 의하여 *S. acidiscabies*와 *S. turgidiscabies*가 분리되었으며, 대부분의 토양이 이미 더듬이병에 감염되었다고 추측된다. 특 히 제주도의 감자재배는 이모작이 많고, 주로 이병성 품 종인 대지가 재배되고 있어 더듬이병 발생을 더욱 확산 시키는 결정적 역할을 하고 있는 실정이다(김, 1999). 따 라서 본 연구는 제주지역의 더듬이병 발생특성을 조사 하여 효과적인 방제법을 확립하기 위한 자료로 사용하 고자 수행하였다.

\*Corresponding author

Phone)+82-64-741-6554, Fax)+82-64-796-9156

E-mail)ipmhong@provin.jeju.kr

## 재료 및 방법

### 더댕이병의 발생 조사

**농가포장에서 더댕이병의 발생 조사.** 가을감자에서의 더댕이병 발생 조사는 감자재배를 하고 있는 남제주군 대정읍 상모리에서 1995년 2월 13일~24일에 수행하였다. 조사방법은 감자 수확작업을 하고 있는 15포장을 무작위로 선정하여 감자 재배년수와 유휴시용량, 전(前)작물 등을 청취 조사하였으며, 포장의 가운데 지점에서 수확된 감자를 무작위로 100개를 채취하여 이병율을 조사하였는데 조사방법은 각 처리구 반복별 시험구 중앙부분의 10주를 수확하여 100 g 이상의 괴경 30주를 깨끗한 물로 씻고 조사하였으며, 이병율은 조사괴경수와 이병괴경수를 조사하여 백분율로 산출하였다. 토양의 화학적 성분은 포장의 3개 지점에서 지표면으로부터 깊이 약 20 cm 지점까지 골고루 토양을 채취하여 제주도농업기술원 토양 분석실에서 pH, 유기물, 유효인산, 칼륨, 마그네슘, 칼슘을 분석하였으며, 토양분석 결과 및 농가 청취조사 결과를 이용하여 이들 각 요인들에 대한 상관분석을 실시하였다.

봄감자에서의 더댕이병 발생 조사는 1995년에 제주도 전역 일주도로 주변 18개 포장을 무작위로 선정하여 6월 5일~20일에 가을감자 발생조사 방법과 동일한 방법으로 조사하였다. 토양 분석과 상관분석 역시 가을감자의 조사 방법과 동일하게 실시하였다.

**토양 pH와 더댕이병 발생과의 상관 관계.** 1997년 제주도농업기술원 종합시험포장 비닐하우스에서 시험을 실시하였다. 유휴분말과 고토석회를 흙과 혼합하여 포트에 담고 감자를 파종하여 수확시 더댕이병 발병도를 조사하였으며, 포트별로 토양 pH를 측정하여 상관관계를 조사하였다.

**씨감자 이병정도별 더댕이병 발생.** 1997년~1998년 2년간 남제주군 대정읍 무릉리 제주도농업기술원 씨감자 생산포장과 북제주군 애월읍 상귀리 제주도농업기술원 종합시험포장에서 각각 실시하였다. 씨감자의 이병정도는 무병씨감자, 외관상 건진 씨감자, 이병씨감자로 나누었다. 무병씨감자는 제주도농업기술원에서 조직 배양한 감자줄기를 양액 재배하여 얻어진 씨감자를 사용하였고, 외관상 건진 씨감자는 감자 수확시 더댕이병이 발생한 포장 농가에서 감자표면에 더댕이 증상이 없는 씨감자를 사용하였으며, 이병씨감자는 씨감자 표면에 더댕이병의 병반면적율이 10%내외인 것을 각각 사용하였다. 본 시험은 가을감자를 대상으로 1997년에는 8월 25일, 1998년에는 8월 27일에 감자를 파종하였다. 시험구 면적은 반복당 20 m<sup>2</sup>였으며, 난괴법 3반복으로 배치하였으며 조사방법과

이병율은 농가포장 더댕이병 발생포장 조사방법과 같으며 병반 면적율은 조사괴경 표면의 병반면적율을 0(괴경에 더댕이병반 없음), 1(병반면적율 0.1~5%), 2(병반면적율 5.1~10%), 3(병반면적율 10.1~20%), 4(병반면적율 20.1% 이상)로 구분하여 산출하였다.

$$\text{병반면적율(\%)} = \frac{(0n) + (1n) + (2n) + (3n) + (4n)}{\text{조사총괴경수} \times 4} \times 100$$

\*n: 발생괴경수

그리고 상품율은 병반면적율이 '0', '1'인 괴경수를 조사하여 백분율로 산출하였다.

$$\text{상품율(\%)} = \frac{\text{병반면적율 5\%이하 괴경수}}{\text{조사총괴경수}} \times 100$$

### 더댕이병균의 특성조사

**병원균 분리 및 동정.** 1997~1998년 제주도내 8개 읍면 18개리에서 봄과 가을감자 수확시기에 채취한 괴경에서 Scholte(1998)의 방법에 따라 NPPC 물한천 배지에서 균주를 분리한 후 시험에 사용하였다. 감자 괴경에 발생한 병징은 Loria 등(1997), Lambert와 Loria(1989), Goyer 등(1996), 植松과 片山(1990)의 분류 방법에 따라 표면에서 약간 속으로 파고든 증상을 함몰형, 표면위로 돌출된 증상을 융기형, 그리고 표면과 거의 같은 위치의 병징은 표면형으로 구분하였는데, 채집한 괴경 중 함몰형과 융기형, 표면형의 특징이 뚜렷한 괴경을 병징별로 구분하여, *Streptomyces* 속균 분리 방법에 의해 형태적 특징에 따라 나선형과 직파상형으로 구분하였다. 그리고 분리 균주들은 Lambert와 Loria(1989a, 1989b) 및 Miyajima 등(1998)의 방법에 의하여 동정하였다. 병원성 검정은 제주도농업기술원에서 조직 배양한 소괴경 감자를 살균한 모래로 채운 pot에 파종하여 YMA(Yeast malt agar medium)배지에서 자란 균을 멸균수에 희석하여 각각 분주하고 50~60일간 양액으로 키운 후 지하부 괴경에서 같은 병징을 확인하였으며, 균을 분리하였다.

**온도별 군사 생육.** 동정된 균주 중 *S. scabies*와 *S. acidiscabies*를 공시하여 직경이 8.7 cm인 샤페를 이용하여 YMA배지 위에 시험 균주를 각각 이식하고, 22, 24, 26, 28, 30, 32°C 온도로 맞춘 각각의 항온기에서 배양하여 3일 후 군사생장 정도를 측정하였다.

**pH 별 군사 생육.** *S. scabies* 5균주와 *S. acidiscabies*, *S. turgidisabies* 각각 2균주를 공시하여 YMA배지에 인산과 수산화칼륨(KOH)를 이용하여 pH를 3.0, 4.0, 5.0, 6.0, 7.0, 8.0, 8.5로 맞추어서 8.7 cm 샤페에 20 ml씩 분주하고 균화 후 균을 이식하여 30°C 항온에서 3일간 배양 후 생육정도를 측정하였다.

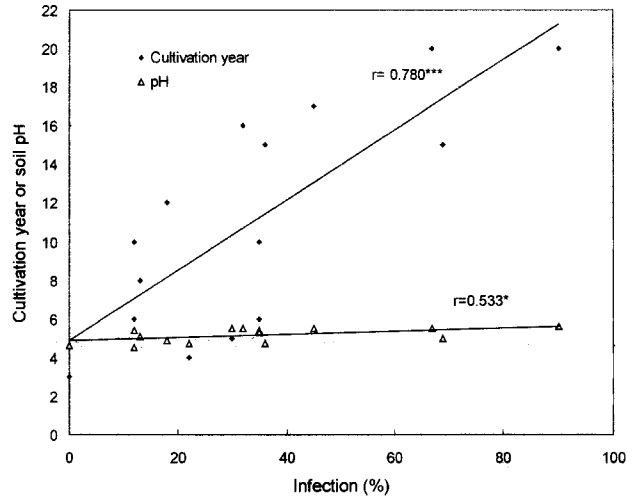
## 결 과

### 더뎡이병의 발생 조사

**가을감자에서의 더뎡이병 발생.** 1995년 남제주군 대정읍 상모리에서 가을감자 수확기인 2월 13~24일에 걸쳐 15포장에서 조사한 이병율 및 재배년수, 유허시용량, 전(前)작물 재배, 토양화학성을 분석한 결과 조사포장의 더뎡이병 발병율은 0~90% 범위로 다양하였는데, 15포장 중 10포장의 발병율이 20%이상의 높은 발병율을 보였다(Table 1). 본 결과에 대하여 이병율과 재배년수 및 pH와 상관관계를 분석한 결과 더뎡이병 발병율과 재배년수는 고도로 유의상관이 있었으며( $r=0.78$ ,  $p<0.001$ ), 토양 pH와의 상관계수는  $r=0.53$ 으로 높게 나타났다. 그러나 그 외 요인들은 유의성이 인정되지 않았다(Fig. 1).

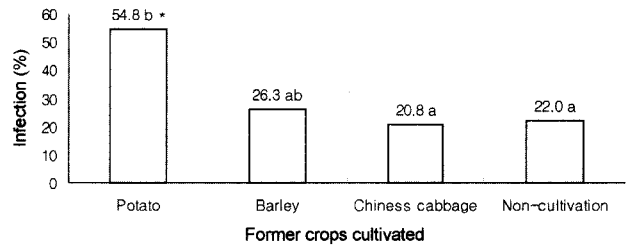
봄과 가을감자 계속해서 감자를 재배하였을 때 이병율이 54.8%인 반면, 전(前)작물로 보리를 재배하였을 때는 26.3%, 배추를 재배하였을 때는 20.8%, 휴경하였을 때는 22.0%로 이병율이 낮았다(Fig. 2). 그리고 유허를 사용한 포장의 더뎡이병 발병율은 27.6%로 사용하지 않은 포장의 37.8% 보다 이병율은 낮았지만 처리간 유의성은 없어 유허시용 단독처리에 의한 더뎡이병 방제 효과는 없었다(Fig. 3).

**봄감자에서의 더뎡이병 발생.** 1995년 제주도 전역에서 봄감자 수확기인 6월 5일에서 20일 사이에 18포장에서 조사한 이병율 및 재배년수, 전(前)작물 재배, 토양 pH는 봄감자는 가을감자와는 달리 감자 더뎡이병 발생을



**Fig. 1.** Relationship between incidence of potato common scab and soil characteristics in the fields.

\*, \*\*, \*\*\*: significant at the probability levels 0.05, 0.01, and 0.001, respectively.



**Fig. 2.** Effect of cultivated crops on incidence of potato common scab in the fall crop field.

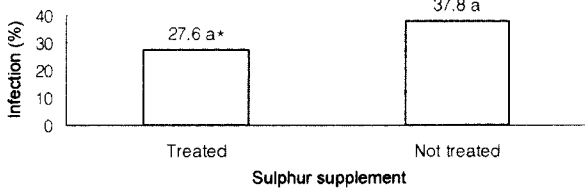
\*Mean separation by Duncan's multiple range test at 5% level.

**Table 1.** Occurrence of common scab and analysis of soil in the fall crop fields surveyed in February, 1995

Field no.	Infection (%)	pH (1:5)	OM* (%)	Ex.** (me/100 g)			Av.P <sub>2</sub> O <sub>5</sub> (ppm)	Cultivation period (years)	Sulphur (k/10a)	Former crop cultivated
				K	Mg	Ca				
1	69	5.0	19.5	1.52	1.0	6.4	106.3	15	159	Potato
2	18	4.9	14.2	1.26	0.7	4.8	52.2	12	0	Fallow
3	32	5.5	15.6	1.91	0.8	10.4	87.0	16	0	Barley
4	45	5.5	9.3	2.04	1.7	10.0	76.0	17	0	Potato
5	90	5.6	13.5	2.41	1.4	8.7	50.4	20	0	Potato
6	35	5.4	11.4	2.90	2.1	10.4	90.7	6	147	Fallow
7	22	4.7	9.2	3.17	1.7	4.1	153.0	4	125	Fallow
8	0	4.6	8.9	2.89	0.4	1.7	101.7	3	120	Chinese cabbage
9	12	5.4	16.1	2.94	1.9	8.7	222.6	10	115	Chinese cabbage
10	67	5.5	6.0	2.51	1.2	4.6	176.8	20	0	Potato
11	30	5.5	3.7	1.29	0.5	5.6	173.1	5	0	Chinese cabbage
12	12	4.5	7.8	2.08	0.5	2.1	53.1	6	0	Barley
13	36	4.7	6.9	2.16	1.5	4.4	222.6	15	0	Barley
14	35	5.3	7.4	2.93	1.9	7.5	174.0	10	0	Barley
15	13	5.1	11.8	3.02	1.7	7.4	166.9	8	0	Fallow

\*Organic matter.

\*\*Exchangeable cation.

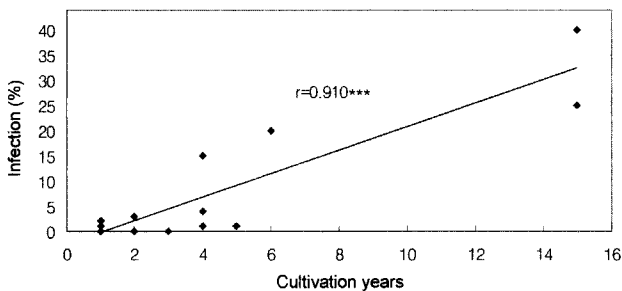


**Fig. 3.** Effect of sulphur treatment on incidence of potato common scab in the field.

\*Mean separation by DMRT at 5% level.

**Table 2.** Incidence of potato common scab and some soil characteristics in the spring crop fields

Location	Infection (%)	Cultivation period (years)	Former crop cultivated	Soil pH
Hangyeong, Bukjejugun	1	1	Garlic	5.4
	3	2	Cabbage	5.5
	40	15	Sweet potato	5.6
	25	15	Garlic	5.8
Jochon, Bukjejugun	1	4	Potato	5.5
	0	2	Chinese cabbage	5.6
Deajong, Namjejugun	0	3	Garlic	5.5
	0	1	Garlic	5.2
	4	4	Fallow	4.6
	20	6	Rape	5.1
Seongsan, Namjejugun	0	1	Carrot	5.2
	0	1	Carrot	5.7
	0	1	Carrot	5.6
	1	1	Carrot	5.8
	0	1	Carrot	5.7
Poseon, Namjejugun	2	1	Beet	5.5
	15	4	Carrot	5.3
Andeok, Namjejugun	1	5	Soybean	4.9



**Fig. 4.** Relationship between incidence of potato common scab and cultivation years in the spring-crop fields.

\*, \*\*, \*\*\*: significant at the probability levels 0.05, 0.01, and 0.001, respectively.

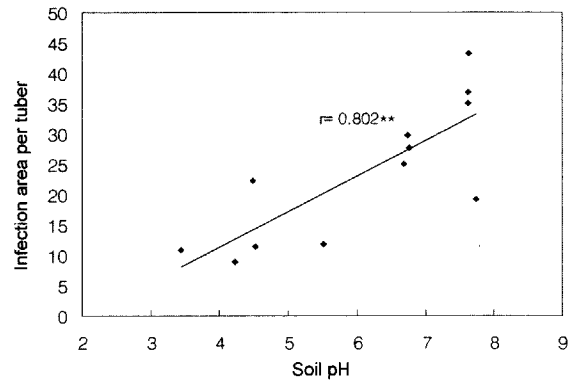
이 적었다(Table 2). 봄감자에서의 더뎡이병 발생률과 재배 연수는 고도로 유의한 상관이었으나( $r=0.91$ ,  $p<0.001$ ), 토양 pH와 유의성이 인정되지 않았다(Fig. 4).

**토양 pH와 더뎡이병 발생과의 상관관계.** 온실에서 pH를 조절한 포트에 각각 감자를 재배하여 토양 pH와 더뎡이병 발생과의 관계를 분석한 결과 토양 pH가 높아질수록 발병도가 높아졌다(Fig. 5).

**씨감자의 이병정도별 더뎡이병 발생.** 1997년과 1998년에 무병 씨감자를 비롯하여 외관상 건전 씨감자, 이병 씨감자를 선별하여 파종 후 더뎡이병 발생을 조사한 결과 병만면적율이 무병씨 감자가 39.4%에 비해 외관상 건전 씨감자는 35.3%, 이병씨감자는 33.3%였으며 처리간 유의차가 없었다(Table 3). 따라서 씨감자의 이병 정도가 더뎡이병 발생에 영향을 미치지 않았다.

**더뎡이병균의 특성조사**

**분리 및 동정.** 제주도에서 발생하고 있는 감자 더뎡이병 균의 병원균 분리 및 동정을 위하여 1997~1998년에 봄 감자 재배와 가을감자 재배포장에서 더뎡이병 증상을 보인 괴경을 채집하여 분리한 99균주의 형태적 특성



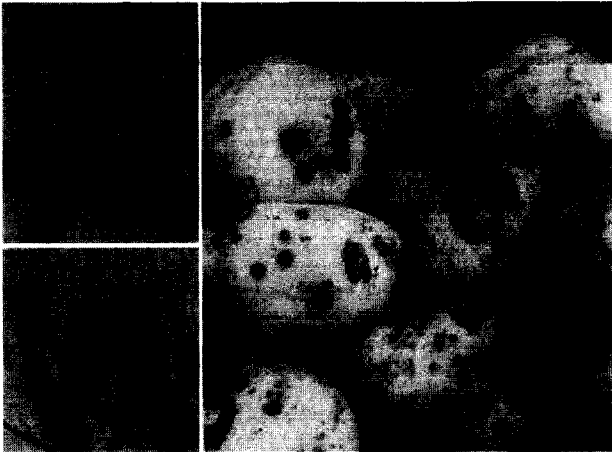
**Fig. 5.** Relationship between incidence of potato common scab and soil pH in the pots.

\*, \*\*, \*\*\*: significant at the probability levels 0.5, 0.01, and 0.001, respectively.

**Table 3.** Occurrence of common scab after cultivation of seed tubers with different infections rates with the disease in the field

Source of seed tuber	Infection (%)	Infection area per tuber (%)	Marketable tubers (%)
Healthy	94.3a*	39.4a	42.3a
Symptomless	96.4a	35.3a	65.7a
Infected	93.9a	33.3a	86.6a
CV(%)	4.1	8.5	15.8

\*Mean separation by DMRT at 5% level.



**Photo 1.** Morphology of spore chains and symptoms of common scab. Spiral (upper part on the left) and rectiflexuous (lower part on the left), lesions (right).

을 조사한 결과, 나선형과 직파상형의 포자가 관찰되었다 (Photo 1). 더듬이병에 감염된 씨감자의 증상별로 병징을 구분한 결과, 표면형, 용기형, 함몰형으로 구분되었다(Photo 2). 각각의 증상에서 분리된 병원균의 포자연쇄 특성을 조사한 결과 표면형에서 분리된 69.8%의 포자가 나선형이며, 함몰형이나 용기형으로부터 각각 41.7%, 50%의 분리 비율을 나타냈다(Table 4). 감자더듬이병 증상에서 분리된 61균주를 동정한 결과 동정된 균의 분리비율은 *S. scabies* 가 37.7%, *S. turgidiscabies*가 14.8%, *S. acidiscabies*가 18.0%로 나타났다(Table 5).

**온도별 균사 생육.** 분리 동정된 *Streptomyces* spp.의 생육적온 범위를 조사한 결과 균사생육 최적온도는 28~30°C 였는데, *S. scabies*와 *S. acidiscabies*의 균사생육 적온에는 차이가 없었으나 배양기에서 *S. scabies*의 균사생육이 *S. acidiscabies*균사 생육보다 좋았다(Table 6).

**pH별 균사 생육.** 동정된 균주 중에서 9균주를 임의로 선발하여 pH별 배양기에서의 균사생육을 조사한 결과 대부분의 균주가 pH 6~7범위에서 생육이 좋았으며, pH 5~8 범위에서 생육이 가능하였다. 조사 균주 중 pH 3에서 자

**Table 4.** Isolation frequency of spore chain types of *Streptomyces* spp. isolates from different symptoms of potato common scab

Symptom	No. of potato tubers examined	% isolation	
		Spiral	Rectiflexuous
Superficial	43	69.8	30.2
Raised	6	50.0	50.0
Pitted	12	41.7	58.3

**Table 5.** Identification of *Streptomyces* species isolated from diseased potato tubers in Jeju island

Species	No. of isolates identified	% isolation
<i>S. scabies</i>	23	37.7
<i>S. turgidiscabies</i>	9	14.8
<i>S. acidiscabies</i>	11	18.0
<i>Streptomyces</i> sp.	18	29.5
Total	61	100

**Table 6.** Mycelial growth of *Streptomyces* species isolates after 3 days of incubation on YMA at different temperatures

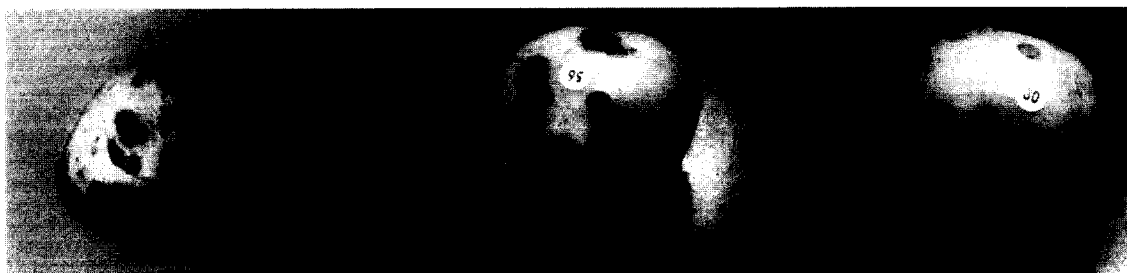
Species	Mycelial growth at different temperatures (°C)					
	22	24	26	28	30	32
<i>S. scabies</i>	+*	++	++	+++	+++	++
<i>S. acidiscabies</i>	±	+	+	++	++	+

\* -: no growth, ± : very poor, +: poor, ++: good, +++: very good.

**Table 7.** Mycelial growth of *Streptomyces* species isolates after 3 days of incubation on YMA at 30°C

Species	Isolate no.	Mycelial growth at different pH						
		3	4	5	6	7	8	8.5
<i>S. scabies</i>	DK-53	-	-	++	++	++	++	+
<i>S. scabies</i>	KS-1	-	-	+	++	++	+	+
<i>S. scabies</i>	SD-56	-	-	+	++	++	+	+
<i>S. scabies</i>	SM-41	-	-	+	++	++	+	+
<i>S. scabies</i>	SS-34	-	-	+	++	++	+	+
<i>S. turgidiscabies</i>	SM-46	-	-	+	++	++	+	+
<i>S. turgidiscabies</i>	SG-2	-	-	+	++	++	+	+
<i>S. acidiscabies</i>	PS-48	-	+	+	++	++	+	-
<i>S. acidiscabies</i>	SM-40	-	+	+	++	++	+	-

\* -: no growth, +: poor, ++: good.



**Photo 2.** Symptoms of potato common scab on diseased potato tubers. Superficial (left), Raised (middle) and Pitted (right).

라는 균주는 없었지만, pH 4.0에서는 *S. acidiscabies*에 속하는 2균주가 생육하였다 그러나 이들 균주는 pH 8.5에서는 생육하지 못하였다(Table 8).

## 고 찰

### 더뎡이병의 발생 조사

감자더뎡이병은 1913년에 미국으로부터 한국에 유입되었으며(박 등, 1991), 현재 국내 전역에서 발생하고 있는 것으로 생각된다. 국내 더뎡이병 발생율을 조사한 결과 임 등(1990)은 12~71.5%, 이(1999)는 5~95%, 차 등(1993)은 봄 감자에서 72.4%, 가을감자에서 19.4~41.3% 발생하였다고 보고하여 국내에서 발생율이 매우 높았으며, 제주에서도 발생율이 높은 것으로 나타났다(Table 1). 특히 이(1999)는 제주도 북제주군 지역에서 감자 더뎡이병 발생율이 15~30%인 반면 남제주군 지역에서는 15~75%로 보고하였는데, 본 연구에서도 감자 주산지의 가을감자에서는 조사포장의 93%에서 더뎡이병이 발생하였으며, 이병율은 0~90%이었다. 그러나 봄감자에서는 조사포장의 61%에서 발생하였으며, 이병율은 0~40%이었다(Table 2). 봄과 가을감자 작형 별 이병율의 차이가 매우 큰 것은 가을감자는 생산자가 시장판매를 위하여 집단적으로 재배하기 때문에 연작을 주로 하고 있는 반면, 봄 감자는 가을감자를 위한 씨감자 생산을 목적으로 더뎡이병 발생이 없거나 적은 포장을 선택하여 재배하기 때문인 것으로 생각된다. 또한 본 연구에서는 pH 5.0이하인 5포장 중 4포장에서 더뎡이병이 발생하였는데, 田代 등(1999) 역시 일본에서 pH 3.9인 토양에서도 21.9%의 발병을 나타낸 예가 있다고 보고하였다. 그러나 Loria 등(1997)은 *S. scabies*는 pH 5.0 이하에서는 생장할 수 없다고 하였으나, 더뎡이병이 상당히 발생한 것으로 보아 *S. scabies*외에 산성에서도 잘 자라는 *S. acidiscabies*가 조사포장에 존재하는 것으로 생각된다.

감자 더뎡이병은 감자의 재배 년수와 이병율과는 고도의 상관관계가 있어 연작횟수가 많을수록 이병율이 높은 경향이었는데(Fig. 1, 2) 감자 더뎡이병은 연작지에 발생이 많고(植松과 片山, 1990; 木村, 1981), 윤작을 함으로써 발생을 줄일 수 있다(木村, 1981)고 하였다. 감자를 봄과 가을에 계속 재배하였을 때보다 봄에 보리, 배추 등을 재배하거나 휴경을 하였을 때가 발생이 적었다(Fig. 2). 따라서 제주도의 더뎡이병 발생은 연작에 의한 요인이 크므로 더뎡이병을 근본적으로 줄이기 위해서는 가급적 연작을 하지 말아야 하며, 다른 작물과 윤작하는 것이 더뎡이병을 줄이는데 효과가 있을 것으로 생각된다. 감자 더

뎡이병 발병율과 pH가 고도의 상관관계가 있으며(김 등, 1998; 임 등 1990), 임 등(1990)은 칼슘 및 마그네슘과 상관관계가 있다고 하였는데, 본 연구에서 분석결과 재배 년수 및 pH는 상관관계가 있었지만 칼슘 및 마그네슘과의 상관관계는 없었다(Fig. 1). 그러나 봄 감자에서는 재배 년수는 상관관계가 있었으나 pH와는 없었는데(Fig. 4), 이는 조사포장 pH가 너무 낮았기 때문으로 생각된다. 토양 pH와 더뎡이병 발생을 온실 pot 시험한 결과 상관관계가 인정되었다(Fig. 5). 따라서 토양 pH는 감자 더뎡이병 발생에 영향을 미치고 있으며, 植松과 片山(1990), Hooker(1990), 김 등(1998), 임 등(1990)이 토양 pH는 더뎡이병 발생에 가장 큰 영향을 미친다고 한 결과와 일치하였고, 토양 pH가 높을수록 더뎡이병 발생도 심하다는 보고(Hooker, 1990; 木村, 1981; 임 등, 1990; Rich, 1983)와 일치하였다. 그러나 토양 pH를 낮추어 더뎡이병을 방제하고자 유향을 토양에 시용한 포장과 시용하지 않은 포장과의 병 발생의 유의성은 인정되지 않았는데(Fig. 3), 이는 유향 시용 포장의 토양 pH가 4.5~5.5으로 낮은데 기인된 것으로 생각되며 토양 pH가 낮은 포장에서 유향을 시용한 더뎡이병 방제 효과는 없을 것으로 생각된다. 임 등(1990)은 유향을 시용할 경우 발생이 적었다고 하였는데, 이는 유향을 시용한 구가 무처리구에 비해 토양 pH가 낮은 원인으로 보인다. 또한 더뎡이병 감염이 없는 씨감자를 종서로 사용한 경우에도 이병 씨감자를 사용한 경우와 차이가 없었는데(Table 3), 이는 植松과 片山(1990)가 보고한 바와 같이 재배포장에서의 높은 병원균 밀도 때문에 전체적으로 발병이 심하게 되어 그 차이를 볼 수 없었던 것으로 생각된다.

### 더뎡이병균의 특성조사

더뎡이병을 일으키는 균은 *S. scabies*(Lambert와 Loria, 1989a)를 비롯하여 *S. acidiscabies*(Lambert와 Loria, 1989b; Loria 등, 1986), *S. aureofaciens*(Faucher, 1993), *S. caviscabies*(Goyer 등, 1996), *S. turgidiscabies*(Miyajima 등, 1998) 등 다수가 보고되어 있다. 우리나라에서는 김과 이(1998)가 *S. scabies*를 보고한 이래, 제주도에서 수집한 감자에서 *S. acidiscabies*와 *S. turgidiscabies*를 보고하였다(김 등, 1998). 본 연구에서도 감자더뎡이병을 일으키는 균으로 *S. scabies*, *S. acidiscabies*, *S. turgidiscabies*를 동정하였으며, 이들의 분포 비율은 각각 37.7%, 18.0%, 14.8%였고, 29.5%는 동정하지 못하였다(Table 5). 일본의 北海道는 *S. scabies*, *S. acidiscabies*, *S. turgidiscabies*가 우점하고 있는 것으로 보고되었으나 최근에는 *S. turgidiscabies*의 분포가 많은 것으로 알려졌다(田中, 2000). 감자 괴경 외부표면에 나타난

더듬이병 증상은 표면형, 돌출형, 함몰형으로 구분이 되며(Photo 2), 증상에 따른 병원균 포자연쇄 특성은 Faucher 등(1992), Goyer 등(1996)의 보고와 유사하였다. 따라서 괴경의 병 증상만으로는 병원균의 포자형태를 판단할 수 없을 것으로 생각된다. 김 등(1998)은 우리나라 각지에서 채집한 *Streptomyces* 28균주 중 나선형이 57.1%, 직파상형이 42.9%라고 하였다. 일본의 北海道 경우에는 직파상형균이 전역에 분포되어 있는 반면, 나선형균은 일부에만 분포되어 있다고 보고된 바 있다(高橋, 1995). 일반적으로 더듬이병으로 알려진 *S. scabies*은 대부분 나선형이지만(Lambert와 Loria, 1989), 산성에 강한 *S. acidiscabies*와 *S. turgidiscabies*는 직파상형이라고 하였다(Loria 등, 1986; Miyajima 등, 1998). 田代 (1999)는 pH가 높은 포장에서는 주로 나선형이 분포하였지만 토양 산도가 낮을수록 직파상형균이 많았다고 하였다. 제주도에도 나선형과 직파상형 2종이 분포하며(Photo 1), 비슷한 비율로 존재하는 것으로 보여(Table 4) 산성에서도 잘 자라는 균이 많이 분포하고 있는 것으로 생각된다. 병원균을 동정한 결과(Table 5) 역시 *S. scabies*이 다소 많았지만 *S. acidiscabies*와 *S. turgidiscabies* 역시 분포하고 있었다. 김과 이(1996)는 우리나라에서 *S. scabies*가 발생한다고 보고하였으며, 김 등(1998)은 제주도에서 *S. acidiscabies*와 *S. turgidiscabies*가 발생하는 것으로 보고한 바 있다.

제주도에서 분리한 더듬이병균 균주의 생육온도는 28~30°C(Table 6)로 Hooker(1990)가 보고한 25~30°C와 비슷하였으며, 균사생육의 최적 pH는 7이며, pH 5.5에서는 생육이 억제되지만, 산성에서 자라는 더듬이병은 pH 5.0에서도 자라고(Strand 등, 1992), 직파상형은 pH 5.0 이하에서 생육이 서서히 떨어지는 반면, 나선형은 pH 5.5 이하인 경우 급격히 생육이 떨어지는데(田代 등, 1999), 시험 균주들은 역시 pH 6~7범위에서 생육이 가장 좋았으며, pH 8.0에서는 생육이 저조하였다.

## 요 약

제주지역 감자재배포장에서 문제가 되고 있는 더듬이병의 방제대책 마련을 위해 1995년부터 1999년까지 더듬이병의 발생 특성에 관한 연구를 실시한 결과 감자재배 기간이 오를수록 더듬이병 이병율은 증가하였고, 토양 pH가 높아질수록 발병이 증가하는 경향이었으며, 감자 연작포장의 더듬이병 발생율이 54.8%인데 비해, 감자 재배 전 보리 혹은 배추를 재배하거나 휴경을 한 포장에서는 더듬이병 발생율이 20.8~26.3%로 비교적 낮았다. 분리한 균주에서 *Streptomyces scabies*, *S. turgidiscabies*,

*S. acidiscabies*가 동정되었으며, 이들 균의 분리 비율은 각각 37.7%, 14.8%, 18.0%였다. 더듬이병원균의 균사생육 최적온도는 28~30°C였으며, 최적 pH는 6~7이었다.

## 참고문헌

- 차광홍, 김영옥, 조백호. 1993. 감자더듬이병 생애 및 방제에 관한 연구. 전남농촌진흥원시험연구보고서 pp.453-457.
- Faucher, E., Otrysko, B., Paradis, E., Hoage, N. and Beaulieu, C. 1993. Characterization of *Streptomyces* causing russet scab in Quebec. *Plant Dis.* 77: 1217-1220.
- Faucher, E., Savard, T. and Beaulieu, C. 1992. Characterization of Actinomycetes isolated common scab lesions on potato tubers. *Can. J. Plant Pathol.* 14: 197-202.
- Goyer, C., Otrysko, B. and Beaulieu, C. 1996. Taxonomic studies on *Streptomyces* causing potato common scab; review. *Can. J. Plant Pathol.* 18: 107-201.
- Goyer, C., Faucher, E. and Beaulieu, C. 1996. *Streptomyces caviscabies* sp. nov., from deep-pitted lesions in potatoes in Quebec, *Can. Int. J. Sys. Bacteriol.* 46: 635-639.
- Hooker, W. J. 1990. Compendium of potato disease. APS press. pp.33-34.
- 김점순, 최용철, 함영일. 1998. 감자더듬이병의 발생생태에 관한 연구. 고려지시험장시험연구보고서 pp.245-258.
- 김점순, 박덕환, 최용철, 임춘근, 홍순영, 이승돈, 함영일, 조원대. 1998. *Streptomyces acidiscabies*에 의한 감자더듬이병. *한식병지* 14(6): 689-692.
- 김점순, 박덕환, 임춘근, 최용철, 함영일, 조원대. 1998. *Streptomyces turgidiscabies*에 의한 감자더듬이병. *한식병지* 14(5): 551-554.
- 김주희, 이왕휴. 1996. 국내 감자 연작지대에서 분리한 더듬이병균의 특성. *한식병지* 12(1): 109-115.
- 木村貞夫. 1981. 放線菌研究の現状と今後の課題. *植物防疫* 35(3): 115-118.
- 김성배. 1999. 제주지역에서 감자 재배기술의 발전을 위한 연구. 박사학위 논문. 제주대학교 대학원 63pp.
- Lambert, D. H. and Loria, R. 1989. *Streptomyces scabies* sp. nov. *Int. J. Syst. Bacteriol.* 39(4): 387-392.
- Lambert, D. H. and Loria, R. 1989. *Streptomyces acidiscabies* sp. nov. *Int. J. Syst. Bacteriol.* 39(4): 393-396.
- 이승돈. 1999. 한국의 주요 식물세균병 발생 및 특성. 박사학위 논문. 서울대학교 대학원 pp.17-37.
- 임명순, 김승열, 김정간, 최영하. 1990. 감자더듬이병 생애 및 방제에 관한 연구. 원예시험장시험연구보고서 pp.324-339.
- Loria, R., Bukhalid, B. A., Fry, B. A. and King, R. R. 1997. Plant pathogenicity in the genus *Streptomyces*. *Plant Dis.* 81: 836-846.
- 松本和夫. 1981. ジャガイモそうか病菌の孢子形成培地と菌の長期保存法. *植物防疫* 33: 461-463.
- Miyajima, K., Tanaka, F. and Kuninaga, F. 1998. *Streptomyces turgidiscabies* sp. nov. *Int. J. Syst. Bacteriol.* 48: 495-502.

- Natsuime, M., Ryu, R. and Abe, H. 1996. Production of phytotoxins, concanamycins A and B by *Streptomyces* spp. causing potato scab. *Ann. Phytopathol. Soc. Jpn.* 62: 411-413.
- 박종성 등. 1991. 식물병의 방제. 신고 식물병리학. 향문사 pp.202-205.
- Rich, A. E. 1983. Potato disease. APSS. pp.14-18.
- Strand, L. S., Rude, P. A. and Clack, J. K. 1992. Integrated pest management for potato in the western United States. University of California, Division Agric. Nat. Res. Public. p.146.
- 高橋賢司. 1995. ジャガイモそうか病抵抗性・耐病性品種の選抜. 北海道農業フロンティア研究会年報 6: 55-61.
- 田中文父. 2000. ジャガイモそうか病菌の同定と識別・定量ならびに土壤環境抑制による防除に関する研究. 北海道立農業試験報告(農業部門). 北海道立十勝農業試験場 96: 66 pp.
- 田代暢哉. 1999. ジャガイモ萌芽莖を利用したジャガイモそうか病を引こす病原*Streptomyces* 屬菌の簡易検定法. 日植病報 65: 211-215.
- 田代暢哉, 宮下清貴, 松毛良満. 1999. 強酸性土壤におけるジャガイモそうか病の多発生とそれに関与する*Streptomyces* 屬菌. 日植病報 65: 197-203.
- 植松勉, 片山 克己. 1990. ジャガイモの連作下におけるそうかが病の發生生態と防除. 長崎總農林試研報(農業部門) 18: 61-115.