

V. 土壤環境制御によるジャガイモそうか病の防除

前二章において、本邦に分布するそうか病菌の種の特特定がなされ、その生態的な特性に対する知見が得られた。特に北海道に分布する病原菌は高い土壌pH条件下で多発することが明らかにされ、その生態的特性に基づいた防除の可能性が示された。

そこで、土壌pH制御を中心とした土壤環境制御ならびに抵抗性品種利用による防除の可能性を示す目的で本試験を行った。

A. 北海道におけるそうか病菌の地理的分布

北海道には*S. scabies melanin*(-),(+)系統、*S. turgidiscabies*および未同定*Streptomyces* sp.の複数のそうか病菌が生息していることが知られた。広大な栽培面積と同時に地域によって用途の異なる品種・栽培法を有する本道のジャガイモ栽培の特性上、その地域に優占する病原菌を特定する必要がある。そこで道内のそうか病菌の地理的分布を明らかにして防除対策の参考とする。

材料と方法

前項.Ⅲ.において*S. scabies*と同定されたTable 1,2、ならびに*S. turgidiscabies*と同定されたTable 3の各菌株のうち、1993～1994年に分離された病原菌について、その分離場所を地図上に示した。また、1986年の谷井(1985a)の調査結果と比較を行った。

結 果

Fig.14に1986年の谷井の調査結果および1994年の調査結果を示す。1994年の結果では、*S. turgidiscabies*は北海道の脊梁、日高山脈を境として、主として網走・十勝・根室管内などの道東地方に、*S. scabies melanin*(-),(+)系統は上川・道央・道南地方に局在し、その地理的分布に明らかな偏りが見られた。なお、*S. turgidiscabies*の優占地帯である十勝管内帯広市、網走管内白滝村においても*S. scabies melanin*(-)系統の局所的な分布が認められた。

1986年の谷井の調査結果は病原菌の同定が未了であったが、今回の同定により孢子鎖直～波状型は*S. turgidiscabies*、同螺旋型は*S. scabies*と考えられ、1994年の地理的分布と全く異なることが無い。

この原因として、後述するように過去における種薯の移動が考えられた。

B. 各種資材の土壤施用による防除効果

そうか病の防除に関する研究には大きく区分して、1)薬剤防除、2)化学的土壤環境制御、3)物理的土壤環境制御、4)耕種的防除、5)生物的防除、6)抵抗性品種利用などに分けられ、それぞれに関して膨大とも言える報告がなされている。

これらの単独の技術を総合的に組合わせて、広大な栽培面積を有すると同時に低コスト生産を強く望まれる北海道畑作に適合した防除対策の開発を試みる。

材料と方法

1994～1997の4年間、河西郡芽室町にある本病の多発圃場において土壌pH改良資材である硫酸第一鉄資材(商品名：フェロサンド、石原通商社)ならびに各種の有機物資材の土壌混和による発病抑制効果を調査した。

本試験で用いた供試資材名とその特性をTable 35に示す。これらの資材を土壌に全層混和、作条施用または培土施用した後にジャガイモを栽培し、そうか病の発病抑制効果を評価した。

各試験年次の耕種概要をTable 36に示す。なお、試験圃場における優占菌種は*S. turgidiscabies*であった。

Fig.14. Geological distribution of the potato scab pathogens in Hokkaido

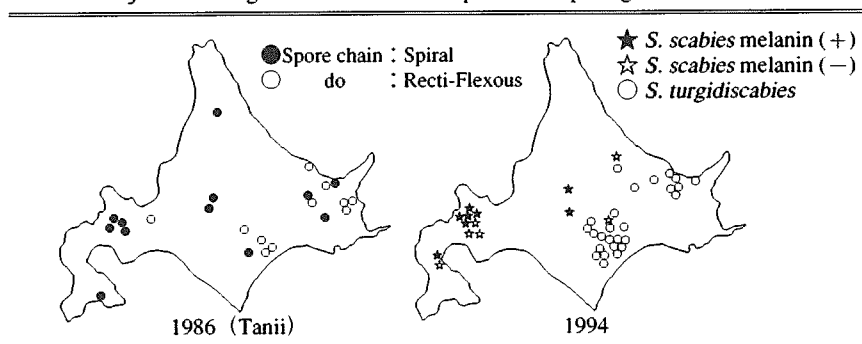


Table 35. The organic materials and the acidifer tested in the present study

Materials	Commercial name · Maker		Characteristics	
Soy bran	—	· Dai-ichi Shiryō(Co.Ltd)	Powder, N7.1%,C/N 4.7	
Rice bran	—	· Hokuren Kamikawa branch	Non-oil, N4.0%,C/N 15.0	
Wheat bran	—	· Nihon Seihun(Co.Ltd)		
Soy bean protein	"Fujipro E"	· Fujiyryna Protein(Co.Ltd)	Protein content	90.8%
	"Fujipro Y"	· do	do	85.0%
	"Haiki-daizu Tanpaku"	· do	do	65.0%
	"Ajipro"	· Ajinomoto Yushi(Co.Ltd)	do	55.0%
	"Esusan-meat"	· Asahi Yushi(Co.Ltd)	do	80.0%
Wheat protein	"Regular Gluten A"	· Bunge(Co.Ltd)	do	75%
Potato protein	"Poteto Tanpaku"	· Hokuren Memuro Starch Factory	do	74.5%
Dry blood	"Kanso-keppun"	· Tokachi agricultural cooperative	do	84.2% (N 13%)
Fish meal	Lot No.701	· Abashiri Suisan Shiryō	do	67%
Alphalpa meal	—	· Hokuren Obihiro Branch	do	17.5%
Ferrous sulphate	"Ferosand"	· Ishiraha Tusho(Co.Ltd)	FeSO ₄	100%

Table . 36 Cultural methods controlling the potato scad.

1) Year	1994	1995	1996	1997
2) Test field	Field of Tahahashi farm,Hakushin,Memuro,Kasai-gun,Hokkaido			
3) Variety	「May queen」			
4) Previous crop	Pumpkin	Potato	Sugar beet	Wheat
5) Fertilizer	N:7.2-P 2 O 5 :16.0-K 2 O:10.4			
6) Date of treatment	5/9	5/8	Wholayer;5/14, Raw application;5/20	5/14,
7) Method of treatment	Whole layer ; Mix in 20 cm soil depth by rotabator Raw application ; Mix in the raw(about 15 cm soil depth) by hand or rotabator			
8) Plot	20.0m ² /plot, 3 m ² /plot,	16.0m ² /plot, 3 repetition	14.4 m ² /plot, 3 repetition	17.3 m ² /plot, 3 repetition
9) Placement of plot	Control plots were neighboring the treatment plots			
10) Planting date	5/12	5/11	5/20	5/19
11) Harvestig date	9/ 8	9/18	9/27	9/2
12) Disease severity · Yield	all tubers on 15 plants per plot were investigated			
Disease index				
0 : No lesion				
1 : Number of lesion;1 ~ 3 or % of lesion;below 3 %,on the tuber				
2 : 4 ~ 10 4 ~ 13%				
3 : 11 ~ 20 14 ~ 25%				
4 : over 21 over 26%				
$\text{Severity} = \frac{\sum (\text{Disease index} \times \text{No.of tubers})}{\text{Total number of tubers} \times 4} \times 100$				

結 果

1994年の試験では、C/N比を異にする各種有機物資材の土壌全層混和による発病抑制効果を比較すると、ダイズ蛋白および乾燥血粉の1,000 Kg/10aの処理で顕著な防除効果を認めた。さらにフェロサンドの600 Kg/10aの全層混和（土深約20cm処理）も同様に高い効果を示した。次いで、大豆粕でも効果が認められたが、高C/N比の資材であるふすまでは効果は認められず、米糠では逆に発病が顕著に増加した。

また、フェロサンド400 Kg/10aと硫酸銅200 Kg/10aの

併用はフェロサンド単独処理に比較して発病抑制効果が優れたことから、酸性条件下での硫酸銅の効果が認められたが、本処理区では萌芽遅延とそれに続く生育抑制が著しく、Mortvedt et al.(1963)の観察を裏付ける結果となった。しかし、フェロサンド400 Kg/10aと硫酸マンガン200 Kg/10aの併用区の効果はフェロサンド単独処理と差がなく、硫酸マンガンの効果は認められなかった (Table 37)。

一方、収量的にはダイズ蛋白および乾燥血粉では無処理と同等か増収傾向を示し、逆にライマン価の低下

が認められた。これは生育後期の窒素吸収による影響と考えられた。フェロサンド 600Kg/10aの処理では収量、ライマン価ともに無処理と同等であった。また、フェロサンドと硫酸マンガンの併用区では著しい収量低下が認められた (Table 37)。

1995年の試験では、有機物資材としてダイズ蛋白、コムギ蛋白、ポテト蛋白および乾燥血粉を用い、1,000,500,250 Kg/10aの全層混和(土深20 cm)、250,125 Kg/10aの作条施用の効果を比較した結果、各資材とも全層混和处理では前年同様に1,000 Kg/10a処理の防除効果が最も高く、施用量の減少とともに防除効果の低減が見られた。

作条施用においても同様に250Kg/10aの効果が125Kg/10aに比較して高かった(Table 38)。

フェロサンド施用区では、500 Kg/10aの全層混和

(土深20 cm)は比較的防除効果が高かったが、200 Kg/10aの作条施用も同様の効果が認められた。しかし、100 Kg/10aまたは200 Kg/10aの作条施用と培土時の100～200 Kg/10aの併用処理の効果は作条単独処理区と差異が見られず、培土時の処理は効果が低いと考えられた (Table 38)。また、硫酸アルミニウムの全層混和ならびに作条処理とも施用量を同じくするフェロサンドと効果の差異は見られなかった (Table 38)。これらの傾向は1996年の試験においても同様であった (Table 39)。

1997年の試験では、これまでの土深約20cmの全層混和処理に対してフェロサンドの400 Kg/10aの土深10cm混和处理、同200 Kg/10aの土深5cm混和处理、同100 Kg/10aの土深3cm混和处理の効果を比較した。その結果、200 Kg/10aの土深5cm混和处理および同作条施用はほぼ同等の効果であった (Table 40)。

Table 37. Effect of soil applying the organic materials to control the potato scab in 1994.

No.	Materials	Placemeta) Whole layer	amount(Kg/10a) Raw Mount	Percent of diseased tuber	Severity	Control value	Starch value	Index	Yield (Kg/10a)	Index
1	Soy bran Control	1,000 —	— —	40.8 68.0	13.4 26.8	50.0	11.0 11.9	92.4	4,089 4,237	96.5
2	Wheat bran Control	1,000 —	— —	86.6 94.5	51.0 46.9	-8.7	11.7 12.4	94.4	3,822 3,372	113.3
3	Rice bran Control	1,000 —	— —	75.2 64.0	38.7 22.4	-72.8	11.3 12.2	92.6	3,793 4,178	90.8
4	"FujiproE" Control	1,000 —	— —	5.9 80.9	1.6 36.8	95.7	11.0 12.2	90.2	4,177 3,141	133.0
5	Dry blood powder Control	1,000 —	— —	14.4 50.4	0.9 14.8	93.9	11.4 12.2	93.4	3,822 3,793	100.8
6	"Ferosand" Control	600 —	— —	19.8 74.7	1.7 36.9	95.4	12.9 13.1	98.5	3,792 3,704	102.4
7	"Ferosand" Control	400 —	— —	39.9 62.1	12.2 32.4	62.3	12.8 12.7	100.8	4,059 3,319	122.3
8	CuSO ₄ +"Ferosand" Control	400+200 —	— —	26.3 87.2	7.9 50.8	84.4	11.0 12.1	90.9	1,333 3,970	33.6
9	MnSO ₄ +"Ferosand" Control	400+200 —	— —	48.9 —	14.8 81.4	51.6 30.6	12.7 12.7	100.0	3,467 3,645	95.1

^{a)} Whole layer: Whole layer application before planting
Raw: Raw application, mixed in the raw before planting
Mount: mixed in the mounting soil after planting

Table 38. Effect of soil applying the organic materials to control the potato scab in 1995.

No.	Materials	Placemeta) · amount(Kg/10a)			Percent of diseased tuber	Severity	Control value	Starch value	Index	Yield (Kg/10a)	Index
		Whole layer	Raw	Mount							
1	"FujiproE" Control	1,000 —	— —	— —	21.7 64.8	7.0 19.7	64.5	11.0 11.9	92.4	4,491 4,743	94.7
2	"FujiproE" Control	500 —	— —	— —	52.8 64.0	19.4 20.3	4.4	11.7 12.4	94.4	5,402 5,052	106.9
3	"FujiproE" Control	250 —	— —	— —	66.4 71.9	22.0 25.6	14.1	11.3 12.2	92.6	4,923 4,923	100.0
4	"FujiproE" Control	— —	250 —	— —	48.4 85.5	15.5 32.9	52.9	11.0 12.2	90.2	4,501 5,489	82.0
5	"FujiproE" Control	— —	125 —	— —	68.5 85.5	24.0 32.9	27.1	11.1 12.6	88.1	4,476 5,489	81.5
6	"Haiki daizu tanpaku" Control	1,000 —	— —	— —	17.0 71.6	4.8 25.5	81.2	11.4 12.2	93.4	4,352 5,011	86.8
7	"Haiki daizu tanpaku" Control	500 —	— —	— —	45.0 71.6	14.1 26.4	46.6	12.9 13.1	98.5	5,036 4,711	106.9
8	Wheat protein Control	1,000 —	— —	— —	29.0 73.5	9.0 27.3	67.0	12.8 12.7	100.8	4,532 4,666	97.1
9	Wheat protein Control	500 —	— —	— —	65.5 74.9	23.4 29.5	20.7	11.0 12.1	90.9	4,805 4,856	98.9
10	Potato protein Control	1,000 —	— —	— —	41.1 74.3	13.6 28.7	52.6	12.7 12.7	100.0	4,990 4,275	116.7
11	Potato protein Control	500 —	— —	— —	66.1 77.2	23.3 29.6	21.3	11.0 11.9	92.4	4,867 4,419	110.1
12	Potato protein Control	250 —	— —	— —	79.9 77.5	32.1 29.0	-10.7	11.7 12.4	94.4	4,743 4,429	107.1
13	Potato protein Control	— —	250 —	— —	47.1 79.0	15.8 28.3	44.2	11.7 12.4	94.4	4,460 4,815	92.6
14	Potato protein Control	— —	125 —	— —	73.5 79.0	25.0 28.3	11.7	11.3 12.2	92.6	4,650	
15	Dry blood powder Control	1,000 —	— —	— —	27.0 74.5	7.9 26.7	70.4	11.0 12.2	90.2	4,666 4,707	99.1
16	Dry blood powder Control	500 —	— —	— —	43.6 76.6	13.9 27.3	49.1	11.1 12.6	88.1	4,260 5,016	84.9
17	Dry blood powder Control	250 —	— —	— —	76.0 78.9	28.6 28.1	-1.8	11.4 12.2	93.4	5,119 4,403	116.3
18	Dry blood powder Control	— —	250 —	— —	52.8 86.7	19.2 34.5	44.3	11.4 12.2	93.4	4,270 4,154	102.8
19	Dry blood powder Control	— —	125 —	— —	77.4 86.7	32.4 34.5	6.1	12.9 13.1	98.5	4,913 4,157	118.2
20	"Ferosand" Control	500 —	— —	— —	54.6 86.2	17.3 33.6	48.5	12.8 12.7	100.8	4,759 4,326	110.0
21	"Ferosand" Control	400 —	— —	— —	60.1 82.4	21.0 32.2	34.8	12.7 12.7	100.0	5,021 5,093	98.6
22	"Ferosand" Control	— —	200 —	— —	62.3 86.2	21.2 33.5	36.7	11.0 12.1	90.9	3,956 4,568	86.6
23	"Ferosand" Control	— —	100 —	— —	69.1 83.2	26.5 33.5	20.9	11.0 11.9	92.4	4,239 4,568	92.8
24	"Ferosand" Control	— —	200 —	200 —	61.4 86.0	23.6 36.8	35.9	11.0 12.2	90.2	4,295 4,502	95.4

25	"Ferosand" Control	— —	100 —	200 —	65.3 85.3	22.8 34.2	33.3 —	11.3 12.2	92.6 —	4,759 5,061	94.0 —
26	"Ferosand" Control	— —	100 —	100 —	68.2 89.7	26.1 38.4	32.0 —	11.7 12.4	94.4 —	4,620 4,656	99.2 —
27	Aluminium sulphate Control	500 —	— —	— —	58.5 79.0	24.1 45.9	47.5 —	11.4 12.2	93.4 —	4,208 4,923	85.5 —
28	Aluminium sulphate Control	400 —	— —	— —	67.9 83.2	32.8 52.6	37.6 —	11.1 12.6	88.1 —	4,003 4,586	87.3 —
29	Aluminium sulphate Control	— —	200 —	— —	68.9 85.1	24.5 34.8	29.6 —	12.9 13.1	98.5 —	4,388 4,270	102.8 —

*) Whole layer: Whole layer application before planting
 Raw: Raw application, mixed in the raw before planting
 Mount: mixed in the mounting soil after planting

Table 39. Effect of soil applying the organic materials to control the potato scab in 1996.

No.	Materials	Placemeta) · amount(Kg/10a)			Percent of diseased tuber	Severity	Control value	Starch value	Index	Yield (Kg/10a)	Index
		Whole layer	Raw	Mount							
1	"Ferosand" Control	600 —	— —	— —	11.5 25.0	3.3 7.1	53.5 —	13.1 13.4	97.8 —	4,780 4,504	106.1 —
2	"Ferosand" Control	400 —	— —	— —	22.8 33.2	6.1 8.7	29.9 —	13.5 13.6	99.3 —	4,761 4,524	105.2 —
3	"Ferosand" Control	300 —	— —	— —	14.0 36.7	3.9 10.4	62.5 —	13.7 13.8	99.3 —	4,316 4,296	100.5 —
4	"Ferosand" Control	200 —	— —	— —	23.5 29.2	6.5 9.4	30.9 —	13.8 12.8	107.8 —	3,961 3,714	106.8 —
5	"Ferosand" Control	— —	200 —	200 —	34.0 45.3	7.4 15.0	50.7 —	13.7 13.7	100.0 —	3,763 4,296	87.6 —
6	"Ferosand" Control	— —	200 —	100 —	35.2 42.3	9.9 14.0	29.3 —	13.6 13.7	99.2 —	3,689 4,123	89.5 —
7	Aluminium sulphate Control	600 —	— —	— —	15.3 33.2	4.4 8.7	49.4 —	13.5 13.6	99.3 —	4,573 4,524	101.1 —
8	Aluminium sulphate Control	400 —	— —	— —	20.7 29.0	6.2 7.7	19.5 —	13.7 12.6	108.7 —	4,464 4,721	94.6 —
9	"FujiproE" Control	1,000 —	— —	— —	4.6 21.8	1.1 6.0	81.7 —	11.7 12.7	92.1 —	3,299 4,217	78.2 —
10	"FujiproE" Control	— —	250 —	— —	19.7 27.5	6.9 8.1	14.8 —	12.4 13.5	91.9 —	4,128 4,365	94.6 —
11	"FujiproY" Control	1,000 —	— —	— —	4.7 23.9	1.3 6.6	80.3 —	11.5 12.8	89.8 —	2,775 3,911	71.0 —
12	"FujiproY" Control	500 —	— —	— —	5.0 23.9	1.4 6.6	78.8 —	12.0 12.8	93.8 —	3,180 3,911	81.3 —
13	"FujiproY" Control	— —	250 —	— —	24.0 26.5	6.7 7.5	10.7 —	12.9 13.1	98.5 —	4,652 4,365	106.6 —
14	"FujiproY" Control	— —	125 —	— —	18.1 31.6	5.6 10.4	46.2 —	12.7 13.9	91.4 —	4,879 4,563	106.9 —
15	Dry blood powder Control	1,000 —	— —	— —	8.2 21.2	2.4 6.4	62.5 —	11.8 11.7	100.9 —	3,546 4,217	84.1 —
16	Dry blood powder Control	500 —	— —	— —	8.9 29.4	2.4 8.6	72.1 —	11.2 12.1	92.6 —	3,338 3,970	84.1 —

17	Dry blood powder Control	— —	250 —	— —	12.9 38.9	3.3 12.8	74.2 —	11.8 13.7	86.1 —	3,289 4,593	71.6 —
18	Dry blood powder Control	— —	125 —	— —	19.7 40.0	5.6 12.3	54.5 —	12.3 13.6	90.4 —	3,654 4,593	79.6 —
19	Potato protein Control	1,000 —	— —	— —	5.5 27.5	1.6 7.5	78.7 —	11.6 12.9	89.9 —	3,279 4,148	79.1 —
20	Potato protein Control	500 —	— —	— —	9.4 27.5	2.6 7.5	65.3 —	12.0 12.9	93.0 —	3,615 4,148	87.2 —
21	Potato protein Control	— —	250 —	— —	16.5 34.9	4.7 10.5	55.2 —	12.3 13.9	88.5 —	4,257 4,721	90.2 —
22	Potato protein Control	— —	125 —	— —	17.3 31.6	4.8 8.4	42.9 —	12.5 13.5	92.6 —	4,474 4,810	93.0 —
23	"Esusan-meat" Control	1,000 —	— —	— —	11.1 25.5	3.1 7.3	57.5 —	11.5 12.6	91.3 —	3,595 4,879	73.7 —
24	"Esusan-meat" Control	— —	250 —	— —	18.7 27.0	5.3 7.4	28.4 —	12.3 13.4	91.8 —	4,672 4,563	102.4 —
25	"Ajipro" Control	1,000 —	— —	— —	7.5 25.5	1.9 7.3	74.0 —	11.4 12.6	90.5 —	3,575 4,879	73.3 —
26	"Ajipro" Control	— —	250 —	— —	15.8 24.4	4.6 6.8	32.4 —	12.4 13.4	92.5 —	3,990 4,138	96.4 —

^{a)} Whole layer: Whole layer application before planting
 Raw: Raw application, mixed in the raw before planting
 Mount: mixed in the mounting soil after planting

Table 40 . Effect of soil applying the organic materials to control the potato scab in 1997.

No.	Materials	Placement) Whole layer	amount(Kg/10a)		Percent of	Severity	Control	Starch	Index	Yield	Index
			Raw	Mount	diseased tuber		value	value		(Kg/10a)	
1	"Ferosand" Control	400, 10cm depth —	— —	— —	40.9 76.0	16.2 25.8	37.1	13.1 12.8	99.6	4,331 4,351	99.6
2	"Ferosand" Control	200, 5cm depth —	— —	— —	42.5 66.9	12.5 23.4	46.6	13.5 12.8	97.9	4,418 4,515	97.9
3	"Ferosand" Control	100, 3cm depth —	— —	— —	54.4 63.0	17.9 23.3	23.2	13.3 13.1	99.8	4,380 4,389	99.8
4	"Ferosand" Control	600, 20cm depth —	— —	— —	53.7 64.7	19.3 25.4	24.1	12.8 12.8	100.2	4,245 4,235	100.2
5	"Ferosand" Control	— —	300 —	— —	59.1 69.7	19.8 28.4	30.3	13.2 12.8	95.7	4,090 4,274	95.7
6	"Ferosand" Control	— —	200 —	— —	53.8 83.0	21.9 38.7	43.4	12.9 12.3	104.6	4,438 4,457	99.6
7	"Ferosand" Control	— —	200 —	200 —	73.1 87.0	35.7 41.5	13.9	12.5 12.6	96.5	4,196 4,351	96.5
8	"Ferosand" Control	— —	200 —	100 —	71.8 79.3	29.0 32.8	11.6	12.8 12.6	94.9	4,148 4,370	94.9

^{a)} Whole layer: Whole layer application before planting
 Raw: Raw application, mixed in the raw before planting
 Mount: mixed in the mounting soil after planting

C. 各種資材の土壤施用による土壤理化学性と微生物相の変動

そうか病に対して発病抑制効果の認められた各種有機物資材ならびにフェロサンド処理に伴う土壤理化学性、微生物フローラの変化を調査し、その作用機構を明らかにする。

材料と方法

1994年に前項、V.A.の防除試験において、各処理区の株間土壤を植付け直前より約1ヶ月間隔で採取し、土壤pHについてはH₂O法にて測定した。微生物性については土壤希釈平板法を用いて、培地上に出現したコロニー数をもとに総糸状菌数、総細菌数、総放線菌数を算出した。総糸状菌数は10³倍の土壤希釈液をローズベンガル培地上に100 μ l/シャーレずつ接種し、20℃で11日間培養した後に出現した菌叢数を計測した。総細菌・放線菌数は10⁴倍の土壤希釈液をアルビミン培地上に同様に100 μ l/シャーレずつ接種し、25℃で5日間培養した後に出現した菌叢数を計測した。

1995～1997年は同様に各処理区の株間土壤を植付け直前より約1ヶ月間隔で採取し、土壤pHをH₂O法にて測定した。

各年次の処理区の耕種概要その他はTable 36に示す通りである。

結 果

1994年の各種資材の施用に伴う土壤pHの変動をTable 41に示す。高い防除効果の認められたダイズ蛋白、乾燥血粉のそれぞれ1,000 Kg/10aの処理区では処理1ヶ月後から土壤pHの著しい低下が認められ、その傾向は8月上旬の調査でも同様であった。しかし、10月上旬の調査では次第に上昇する傾向を認めた。

防除効果が認められなかったふすまおよび米糠では無処理とはほぼ同じ値で変動し、変化が見られなかった。なお、比較的高い防除効果を示した大豆粕では防除効果を異にする上記の両資材群の中間的な値に推移した。

一方、フェロサンド600 Kg/10aの全層混和ではダイズ蛋白、乾燥血粉と同様の著しいpHの低下が認められ、その傾向は10月上旬の調査でも持続していた (Table 41)。しかし、1年後の1995年5月8日には原土のpHまで回復し、無処理との差異は認められなかった。これは春期のプラウイングおよびロータリー耕による土壤の攪拌が原因と考えられた。

次に、1995年の土壤pHの変動をTable 42に示す。各種有機物資材の1,000 Kg/10aの全層混和あるいは250 Kg/10aの作条施用で安定した防除効果が見られたが、全層混和では前年に比較して低い効果にとどまった。土壤pHは植付け後約1ヶ月目の6月14日では低下していたが、前年に比

Table 41. Seasonal change in soil pH by the application of the organic materials and the acidifer(1994)

No.	Materials	Placement a) · amount(Kg/10a)			Soil pH					
		Wholelayer	Raw	Mount	94 6/13	6/29	7/20	8/9	95. 10/1	5/8
1	Soy bran	1,000	-	-	5.05	5.05	5.08	5.06	5.81	5.90
	Control	-	-	-	5.60	5.64	5.64	5.74	6.15	5.86
2	Wheat bran	1,000	-	-	5.76	5.57	5.80	5.78	5.99	5.85
	Control	-	-	-	5.73	5.54	5.82	5.74	6.22	5.90
3	Rice bran	1,000	-	-	5.75	5.66	5.90	5.84	5.76	5.81
	Control	-	-	-	5.78	5.67	5.93	5.77	6.20	5.83
4	Soy bean protein ("Fujipro E")	1,000	-	-	4.65	5.09	4.88	4.78	5.46	5.89
	Control	-	-	-	5.60	5.59	5.69	5.77	6.16	5.93
5	Dry blood powder	1,000	-	-	4.67	5.11	4.70	4.60	5.28	5.76
	Control	-	-	-	5.57	5.40	5.66	5.52	5.94	5.81
6	"Ferosand"	600	-	-	4.67	4.78	4.79	4.69	4.96	5.74
	Control	-	-	-	5.70	5.48	5.59	5.59	6.00	5.85
7	"Ferosand"	400	-	-	5.16	5.19	5.25	5.12	5.41	5.82
	Control	-	-	-	5.68	5.42	5.63	5.55	5.96	5.78
8	CuSO ₄ +"Ferosand"	400+200	-	-	5.05	5.13	5.35	5.20	5.76	5.79
	Control	-	-	-	5.67	5.40	5.75	5.64	6.01	5.88
9	MnSO ₄ +"Ferosand"	400+200	-	-	5.11	5.13	5.13	4.95	5.33	5.82
	Control	-	-	-	5.66	5.66	5.65	5.62	5.97	5.88

a) Whole layer: Whole layer application before planting
Raw: Raw application, mixed in the raw before planting
Mount: mixed in the mounting soil after planting

較してその程度は小さく、その後の6月30日以降の調査では次第に上昇傾向が明らかとなった。

さらに、防除効果の比較的高かったフェロサンド 500Kg/10aの全層混和および同200 Kg/10aの作条施用でも同様の傾向を示したことから、これら資材のpH低減効果には原土のpHが大きく影響を及ぼすことが示唆された。

1997年の試験では、フェロサンドの処理深度として、それまでの土深20cmの全層混和に対して土深3~10cmの混和処理の効果を比較した。その結果、フェロサンド400 Kg/10aの土深10cm、同200 Kg/10aの土深5cm全層混和処理においても同600 Kg/10aの土深20cmと同様のpH低減効果を認めた (Table 44)。

以上の結果から、高蛋白質資材およびフェロサンドの防除効果は土壌のpH低下を伴った、病原菌に対する間接的な影響と考えられた。

また、1996年の調査により、高蛋白質資材は全層混和処理後に急激に硝酸化成が進行するし、その結果として土壌中に亜硝酸が蓄積して、pHの低下をもたらすことが明らかとなった (寺田, 1997)。

ところで、各種資材施用に伴って土壌中の微生物フローラには大きな変動が見られた。その結果をTable 45~47に示す。1994年の防除試験で高い防除効果の認められたダイズ蛋白、乾燥血粉のそれぞれ 1,000 Kg/10a、フェロサンド600 Kg/10aの全層混和では、処理1ヶ月後から総細菌数および総放線菌数の著しい減少が認められた、その傾向は8月上旬まで持続した (Table 45,46)。また、総糸状菌数は逆に顕著な増加傾向を示した (Table 47)。以上のことから、各種の高蛋白質資材およびフェロサンドの土壌施用の防除効果は土壌pHの低下に起因する放線菌総体に対する増殖抑制によるものと考えられた。

Table 42. Seasonal change in soil pH by application of the organic materials and the acidifier (1995)

No.	Materials	Placement* amount(Kg/10a)			Soil pH			
		Whole layer	Raw	Mount	6/14	6/30	7/19	8/30
1	"FujiproE"	1,000	—	—	5.01	5.64	5.67	5.72
	Control	—	—	—	5.59	6.13	6.17	6.14
2	"FujiproE"	500	—	—	5.29	5.87	5.94	5.99
	Control	—	—	—	5.57	6.19	6.26	6.22
3	"FujiproE"	250	—	—	5.49	6.10	6.29	6.19
	Control	—	—	—	5.64	6.18	6.34	6.32
4	"FujiproE"	—	250	—	5.08	5.53	5.86	5.99
	Control	—	—	—	5.85	6.37	6.44	6.32
5	"FujiproE"	—	125	—	5.17	5.78	6.24	6.12
	Control	—	—	—	5.85	6.37	6.44	6.32
6	"Haiki—daizu Tanpaku"	1,000	—	—	4.96	5.42	5.52	5.52
	Control	—	—	—	5.64	6.11	6.38	6.16
7	"Haiki—daizu Tanpaku"	500	—	—	5.02	5.61	5.77	5.70
	Control	—	—	—	5.54	6.13	6.27	6.08
8	Wheat protein	1,000	—	—	4.88	5.31	5.31	5.46
	Control	—	—	—	5.49	6.08	6.21	6.17
9	Wheat protein	500	—	—	5.23	5.69	5.76	5.82
	Control	—	—	—	5.51	6.08	6.27	6.12
10	Potato protein	1,000	—	—	5.05	5.56	5.60	5.56
	Control	—	—	—	5.56	6.03	6.17	6.15
11	Potato protein	500	—	—	5.28	5.83	5.76	5.93
	Control	—	—	—	5.62	6.10	6.19	6.22
12	Potato protein	250	—	—	5.63	6.10	6.13	6.13
	Control	—	—	—	5.77	6.27	6.27	6.25
13	Potato protein	—	250	—	4.92	5.60	6.01	5.84
	Control	—	—	—	5.77	6.34	6.24	6.40
14	Potato protein	—	125	—	5.11	6.00	6.04	6.29
	Control	—	—	—	5.77	6.34	6.24	6.40
15	Dry blood powder	1,000	—	—	4.98	5.21	5.33	5.17
	Control	—	—	—	5.73	6.15	6.22	6.24

16	Dry blood powder Control	500 —	— —	— —	5.23 5.70	5.48 6.09	5.49 6.22	5.43 6.28
17	Dry blood powder Control	250 —	— —	— —	5.68 5.76	6.10 6.29	6.21 6.27	6.19 6.32
18	Dry blood powder Control	— —	250 —	— —	5.25 5.92	5.74 6.34	5.84 6.53	6.13 6.42
19	Dry blood powder Control	— —	125 —	— —	5.32 5.92	5.89 6.34	6.05 6.53	5.27 6.42
20	"Ferosand" Control	500 —	— —	— —	5.32 5.69	5.88 6.31	5.89 6.25	5.95 6.27
21	"Ferosand" Control	400 —	— —	— —	5.21 5.61	6.12 6.18	5.95 6.23	5.91 6.23
22	"Ferosand" Control	— —	200 —	— —	4.85 5.87	6.08 6.39	6.20 6.34	6.24 6.42
23	"Ferosand" Control	— —	100 —	— —	5.30 5.87	6.28 6.39	6.36 6.36	6.34 6.42
24	"Ferosand" Control	— —	200 —	200 —	5.75 5.72	— —	6.03 6.39	6.31 —
25	"Ferosand" Control	— —	100 —	200 —	5.80 5.68	6.05 5.98	6.05 6.40	6.31 —
26	"Ferosand" Control	— —	100 —	100 —	5.29 5.74	5.60 5.84	6.03 6.39	5.85 —
27	Aluminium sulphate Control	500 —	— —	— —	5.54 5.58	— —	6.31 6.34	6.19 —
28	Aluminium sulphate Control	400 —	— —	— —	5.64 5.72	— —	6.27 6.45	6.32 —
29	Aluminium sulphate Control	— —	— 200	— —	5.66 5.64	— —	6.42 6.42	6.23 —

Table 44. Seasonal change in soil pH by application of the organic materials

No.	Materials	Placement ^{a)}	amount(Kg/10 ^{a)}			Soil pH		
			Whole	Raw	Mount	6/17	7/15	8/25
1	"Ferosand" Control	400, in10cm deap	— —	— —	— —	5.18 5.68	5.24 5.83	5.34 6.02
2	"Ferosand" Control	200, in5cm deap	— —	— —	— —	4.61 5.68	5.49 5.82	5.75 5.99
3	"Ferosand" Control	100, in3cm deap	— —	— —	— —	5.00 5.63	5.69 5.70	5.77 5.87
4	"Ferosand" Control	600, in20cm deap	— —	— —	— —	5.17 5.65	5.35 5.84	5.48 5.96
5	"Ferosand" Control	—	— —	300 —	— —	4.97 5.71	5.75 5.89	5.90 6.02
6	"Ferosand" Control	—	— —	200 —	— —	5.80 5.72	5.87 5.91	5.94 6.01
7	"Ferosand" Control	—	— —	200 —	200 —	5.22 5.70	5.45 5.97	5.62 6.04
8	"Ferosand" Control	—	— —	200 —	100 —	5.05 5.05	5.61 5.61	5.80 5.80

^{a)} Whole layer: Whole layer application before planting
Raw: Raw application, mixed in the raw before planting
Mount: mixed in the mounting soil after planting

Table 45. Seasonal change in the population of the actinomycetes in the soils applied the organic materials and the acidifer(1994).

Materials	Total actinomycetes($\times 10^5$ cfu/g · dry soil) ^{a)}			
	6/29	6/29	7/20	8/9
Soy bran	157.1	16.0	92.1	116.7
Control	109.1	190.7	152.3	143.0
Soy bean protein	4.6	2.6	24.0	76.6
Control	119.3	140.4	171.0	138.9
Dry blood powder	39.8	36.0	90.2	79.6
Control	132.5	171.6	174.8	115.8
"Ferosand"	72.4	11.7	21.2	24.2
Control	53.6	92.7	59.2	101.6
Rice bran	190.8	217.1	156.1	107.2
Control	89.2	95.3	113.8	124.9
Wheat bran	106.2	68.5	76.1	71.0
Control	110.8	102.1	68.7	112.8

^{a)} No. of colony on alubumin medium by soil dilution plate method.

Table 46. Seasonal change in population of the bacteria in the soils applied the organic materials and the acidifer (1994).

Materials	Total actinomycetes($\times 10^5$ cfu/g · dry soil) ^{a)}			
	6/13	6/29	7/20	8/9
Soy bran	20.3	2.6	16.9	15.1
Control	6.6	7.4	20.2	4.5
Soy bean protein	3.1	0.4	1.0	2.4
Control	8.7	10.0	19.7	7.1
Dry blood powder	6.1	2.2	2.8	2.0
Control	4.1	8.2	29.2	8.0
"Ferosand"	10.3	0.9	2.3	2.6
Control	8.1	10.8	11.7	6.0
Rice bran	177.4	39.0	52.6	36.2
Control	26.2	10.8	30.0	26.1
Wheat bran	64.6	46.8	43.3	57.5
Control	25.7	17.3	25.4	24.2

^{a)} No. of colony on alubumin medium by soil dilution plate method.

Table 47. Seasonal change in population of the fungi in the soils applied the organic materials and the acidifer (1994).

Materials	Total fungi($\times 10^4$ cfu/g · dry soil) ^{a)}			
	6/13	6/29	7/20	8/9
Soy bran	25.4	34.5	40.6	41.9
Control	17.8	10.9	14.1	12.5
Soy bean protein	28.4	9.5	68.8	86.4
Control	13.8	10.6	12.8	8.6
Dry blood powder	73.9	118.6	198.5	269.7
Control	9.0	31.0	21.9	19.5
"Ferosand"	12.7	43.3	53.2	108.3
Control	7.3	24.4	15.0	8.7
Rice bran	53.6	23.0	58.0	39.0
Control	14.7	18.1	21.6	16.8
Wheat bran	47.2	50.1	38.4	44.2
Control	20.0	20.6	15.4	14.9

^{a)} No. of colony on Rose bengal medium by soil dilution plate method.

D. 抵抗性品種と土壤環境制御による防除

そうか病に限らず、難防除病害とされる各種土壤病害の防除対策としては単一の技術では経済的に実用化されないことが多い。そこで抵抗性品種・系統と土壤環境制御の併用による防除の実用性を評価し、今後の防除対策確立の基礎とする。

材料と方法

1998年に道立十勝農試圃場に造成した多発圃場にて試験を行った。供試品種・系統は道立北見農試馬鈴しよ科にて育成され、本病に圃場抵抗性を有する「根育31号」であり、比較品種としては「男爵薯」を用いた。処理方法および耕種概要をTable 48に示す。

なお、試験圃場の優占菌種は*S.turgidiscabies*であり、土壤中の菌量は試験終了後の1998年10月で 1.7×10^5 cfu/g・乾土と推定された。

Table 48. Method for cultural control of the potato scab based on combination of the resistant variety and application of the acidifer "Ferosand".

1) Year	1998
2) Test field	Field of Hokkaido prefectural Tokachi Agricultural Experiment Station(Heavily infested soil)
3) Variety	Kon-iku No31., Danshaku-imo
4) Treatment · placement	①"Ferosand", 600Kg/10a · in 20cm soil depth ; Whole layer application ②"Ferosand", 400Kg/10a · in 10cm soil depth ; do ③"Ferosand", 200Kg/10a · in 5cm soil depth ; do ④"Ferosand", 200Kg/10a · in 10cm soil depth ; Raw application
Date of treatment :	①、② ; 5/14、③、④ ; 5/15
5) Plot	9.0m ² /plot, 3 repetition
6) Cultural method	Planting date : 5/15、Mounting date : 6/23、 Fertilizer : (Kg/10a)N:7,P2O5:11,K2O:9,MgO:3、 Harvesting date : 9/11
7) Investigation	Soil pH : 8/31 Yield and disease index : 9/11, all tuber(>40 g) on 15 plants

結 果

1998年は7月以降に多雨傾向であったが、試験圃場ではそうか病が激発した。「根育31号」は国内で育成された、そうか病に抵抗性を有する最初の品種・系統であり、その抵抗性の程度は「男爵薯」の発病に比較して50%以下の発病度にとどまることが、現地の多くの試験により明らかにされている。また、その抵抗性は真性抵抗性ではなく、圃場抵抗性と考えられている。

本試験の結果、フェロサンドの各処理および無処理ともに、「男爵薯」に比較して「根育31号」は発病が軽微であり、さらにフェロサンド処理区では品種抵抗性および土壌pHによる相加的な防除効果が顕著に認められた (Table 49)。処理方法・量による防除効果の差異は明らかでなかった。各処理区の土壌pHは8月31日で、フェロサンド200 Kg/10aの作条処理を除いて5.18～5.33の範囲内であり、極端な低pHではなかった。

ジャガイモの生育に対する影響は、フェロサンド200 Kg/10aの作条施用処理で約6日間の萌芽期の遅延とそれに引き続く初期生育の顕著な遅延が認められた。その後、7月上旬の開花期には生育は回復したかに見えたが、収量的には著しい減収となった。この原因として、手作業で正確に種薯周辺に資材が混和されたことによって土壌ECが上昇し、濃度障害を生じたものと考えられた。本処理以外では生育に対する影響は明らかではなく、収量的にも問題はなかった。

これらの結果から、抵抗性品種とフェロサンドの併用により、相加的な防除効果が期待されることが明らかとなった。

E. 考 察

本邦で分布が確認されたジャガイモそうか病菌は、主に *Streptomyces scabies melanin(+),(-)* 系統、*S.turdigiscabies*, *S.acidiscabies* (田代、私信) および *Streptomyces* sp. (胞子鎖直～波状型、緑黄色色素産生) の5菌種・菌群に及び、本道にはこれらのうちで *S.acidiscabies* を除いて4種類が生息すること、さらにそれらが地理的に特異的な偏りを有して分布することが明らかとなった (田中ら、1995b)。この現象は世界的にも類を見ないユニークな分布と考えられる。

しかしながら、芽室町の十勝農試の枠圃場に充填した長沼町の *S.scabies* 生息土壌は10数年を経過しても、依然として優占菌種は変わらず、また、中標津町の元・根釧農試馬鈴しょ科 (現北見農試) の検定圃場の一部には *S.scabies* が分布している (高橋、未発表)。さらに、農林水産省北海道農試の馬鈴しょ育種研究室の島松検定圃場の優占菌種は *S.turdigiscabies* であった (高橋、私信) ことを考慮すると、いずれの病原菌もそれぞれの優占地域に人為的に導入された場合には長期間に渡って、生息が可能であることを示している。

したがって、これらの地理的分布の偏りは過去の種薯の移動経路の特異性、即ち一方向へ繰り返し行われた移動に由来すると考える。ただし、病原菌の起源については不明である。Loria et al.(1997)はこのことに関して、病原菌から非病原菌への病原性因子の水平移動を提唱しているが、本道の150年に満たない短いジャガイモ栽培の歴史のなかで、その可能性については論議が分かれるところである。現在までのところ、前述

Table 49 Control effect of potato scab with combination of the resistant variety 「Kon-iku No.31」 and application of the acidifier "Ferosand"

Treatment	Variety・Strain	Diseased tuber	Disease index	Soil pH (8/31)	Yield (Kg/10a)
"Ferosand"・600Kg/10a・in 20cm depth"	Kon-iku No.31	92.9%	54.3	5.18	3,259
	Danshaku-imo	99.2	79.2	—	3,575
	Kon-iku No.31	99.3	82.1	5.95	3,575
	Danshaku-imo	100	96.9	—	3,161
"Ferosand"・400Kg/10a・in 10cm depth"	Kon-iku No.31	94.9	53.0	5.38	3,516
	Danshaku-imo	100	86.3	—	3,289
	Kon-iku No.31	99.3	76.4	5.95	3,437
	Danshaku-imo	100	97.4	—	3,289
"Ferosand"・200Kg/10a・in 5cm depth"	Kon-iku No.31	98.2	63.6	5.33	3,457
	Danshaku-imo	100	80.6	—	3,398
	Kon-iku No.31	99.3	76.4	5.95	3,437
	Danshaku-imo	100	97.4	—	3,289
"Ferosand"・200Kg/10a・raw application	Kon-iku No.31	98.4	65.5	4.92	2,657
	Danshaku-imo	98.8	80.4	—	3,180
	Kon-iku No.31	99.3	82.1	5.95	3,575
	Danshaku-imo	100	96.9	—	3,161

^{a)} Whole layer application

の通り、ITS領域のリボソームDNA塩基配列の相同性からフィンランド (Loria, 私信) に、また同領域の塩基配列をもとにした特異的プライマーによるPCRの結果で韓国 (Kim and Tanaka, 未発表) に、*S. turgidiscabies*と同一か、極めて近縁な病原菌の存在が知られ、今後の比較検討による世界的な分布から、病原菌の起源を総合的に考察する必要があると考える。

一方、防除試験においてはチタン生産に伴う副産物である硫酸第一鉄資材 (商品名: フェロサンド) または各種の高蛋白質資材の局所施用の効果を確認したが、実用的な効果を期待するにはいずれの資材についてもある一定量以上の施用が必要であった (宮島・田中, 1994)。

フェロサンドについては1992年に土壌全層施用 (目標土壌pH5.3以下) と圃場灌水 (目標pF2.3) の併用による防除対策、次いで1996年に同じく土壌全層施用 (目標土壌pH5.0以下) が北海道農業試験会議で指導参考事項とされた。

しかし、一般に生食・加工用馬鈴しょでの本病の被害許容水準は非常に低く、病薯率30% (発病度10程度) 以下とされ、それ以上の発病では選別のコストから澱粉原料用として出荷されることが多い。その用途別の出荷価格差は約5~10倍程度に達し、さらに現行の栽培コストを考慮すると、発生圃場における本病対策のコストは10,000円/10a以下とされることから、防除資材の実用化に際しては、常に局所施用などによる低コスト化が望まれる。そのため、今後はより浅い混和深度あるいは作条施用による施用量削減が望まれる。

なお、高蛋白質資材の効果は硝酸化成に伴う土壌の一次的な酸性化に起因するものと考えられた。植付け直前に全層混和されたこれら高蛋白質資材は速やかに土壌中で硝酸化成を受け、処理1ヶ月後にはほぼ最低pHとなり、その後は徐々に上昇する傾向を示した。これに反して、フェロサンド施用区では生育期間中のpHの変動は少なく、秋期または翌年春期の耕起などによる土壌の攪拌が無ければ次年度もそのpHが維持された。

これらの資材施用に伴う土壌微生物フローラの変動を調査した結果、両資材ともに土壌中の総細菌数および総放線菌数の著しい減少が認められた。さらに、炭素源利用能を指標としたBIOLOG SYSTEMによる細菌集団の多様性比較により、大豆タンパク蛋白、乾燥血粉のそれぞれ1,000 Kg/10a処理およびフェロサンド500 Kg/10a処理区では無処理区に比較して多様性指数が低く、特にフェロサンド区で著しい低い値を示した。しかし、それぞれの処理の無処理との類似度は約51で変化がなかった (寺田, 1997)。

総糸状菌数では上記の各処理区ともに無処理区に比較して増加したが、優占菌種は主に *Fusarium solani*、次いで *Penicillium* spp. であり (寺田, 1997)、これらが拮抗性の微生物群とは考えがたい。

以上の結果から、高蛋白質資材とフェロサンドの作用機作は一次的に土壌の酸性化に伴う放線菌数の増殖抑制と考えられた。

さらに、本試験ではフェロサンド処理による土壌pH制御と抵抗性品種栽培の組み合わせによる相加的な防除効果が明らかとなったが、供試品種「根育31号」の抵抗性の強度は育種目標としている既知の抵抗性品種「Ackerzegen」、「Early Gem」などに比較して未だ十分とは言えない。しかし、道立北見農試馬鈴しょ科ではより高度な抵抗性品種・系統の育成が進められ、目標品種並の抵抗性を示す後続系統を有していることから、今後はより低コストで効率的な防除手段となる得ることが予想される。

一方、内藤ら (1998) は紙筒移植栽培による本病の軽減効果を認めており、今後はフェロサンド処理および抵抗性品種などとの併用による防除の可能性が示唆される。いずれにしても難防除土壌病害の代表とされる本病の防除は単一の手段に負うことは困難と考えられ、単独の防除技術の組み合わせによる総合的な対策を講ずることが必要と思われる。

VI. 総合考察

ジャガイモのそうか病菌を *Oomysetes scabies* と報告した Thaxter (1890) の最初の記載から 1980 年までに *Streptomyces scabies*, *S. griseus*, *S. aureofaciens*, *S. falaeolus*, *S. lavendulae*, *S. setonii*, *S. diastaticus*, *S. albus*, *S. marginatus*, *S. vividis*, *S. loidensis*, *S. wedmorensis*, *S. coroniformis*, *S. falavus*, *S. clavifer*, *S. craterifer*, *S. fimbriatus* などの病原菌が報告されている (Bonde and McIntyre, 1968; Carbu, 1964; Harrison, 1962; Millard and Burr, 1926; Archuleta and Easton, 1981)。しかし、これらのうち細菌学名承認リスト (Skerman et al. 1980) に記載された有効種は *S. griseus*, *S. aureofaciens*, *S. flaeolus*, *S. lavendulae*, *S. setonii*, *S. diastaticus*, *S. albus*, *S. clavifer*, *S. fimbriatus*, *S. lydicus*, *S. resistomyficus* である。

このように多くの報告がなされた原因の一つは Waksman (1961) が病原性のみに基づき IMURU3018 株を新基準株と指定したことに由来する。以来約 30 年間に渡る分類上の混乱は、Lambert and Loria (1989a) の *S. scabies* の再提案により一応の終止符が打たれたと考えられる。

その後は *S. acidiscabies* (Lambert and Loria, 1989b), *S. cavitiscabies* (Goyer et al. 1996), *S. turgidiscabies* (Miyajima et al. 1998) などの新種報告が続いている。

以上の背景から現在、諸外国に分布する本病菌の種類は不明であり再検討が急がれるが、本邦には *S. cavitiscabies* を除く多種の病原菌が存在することが明らかとなった。これは世界的にも例を見ないユニークな現象と考えられる。

そこで病原菌・系統の異同を明らかにすることにより、地理的分布のみならず病原菌の起源を解明することが可能となると思われる。

本研究で比較した 3 種のそうか病菌、*S. scabies*, *S. acidiscabies* および *S. turgidiscabies* は形態的特徴、生理的性質などの他に血清学的性質または DNA 相同性においても類縁性が著しく低いことが明らかにされた。これは竹内らの行った 16S-rRNA 遺伝子の塩基配列解析 (Takeuchi et al. 1996) の結果でも同様である。

また、*S. scabies* は他のそうか病菌よりも *S. diastatochromogenes* と類縁性が高いという結果が実証され、病原菌の起源に関して興味深い。

Loria et al. (1997) はこれらの病原菌が共通に Thaxtomin A の産生遺伝子を有することを根拠に、病原性因子の水平移動による病原菌化を提唱している。事実、放線菌の染色体は予想以上に構造的に柔軟で、高頻度な再編成により、抗生物質産生能や薬剤耐性などの形質発

現性の変化が起こり易いことが最近の遺伝子組換え技術の発展によって明らかになってきている (鈴木, 1985)。

しかし、*S. turgidiscabies* の分布は現在まで本邦以外では韓国またはフィンランドにその可能性を残すにとどまっており、詳かではない。

一方、本道におけるジャガイモ栽培の歴史は欧米に比較して著しく短い。その起源は、一説では 1705 年とされるが、本格的な栽培は 1880 年代から始まり、開拓当初は府県の在来種が栽培されたが、明治以降は輸入外国品種も一般に栽培されたとされている (成田, 1980)。そのため、一般に塊茎を増殖単位とするジャガイモでは品種輸入に伴う病原菌の侵入・移動が頻繁に行われたものと推測される。

さらに、国内においても北海道に局在する *S. turgidiscabies* と九州地方に局在する *S. acidiscabies* (田代, 私信) はその分布の偏りを依然として維持しており、本道においても *S. turgidiscabies* および *S. scabies* の分布の特異性は他に類例を見ない。これらの事実は少なくとも本邦におけるそうか病菌の種類の多様さとその分布の特異性は諸外国からの種薯の輸入と国内で生産された種薯の一方向に繰り返し行われた移出の結果と考える。この推論を確かめるためにも諸外国における *S. turgidiscabies* ならびに *S. scabies melanin*(-) の分布調査が必要と思われる。

なお、さらに病原菌の起源として粉状そうか病のように在来の土着の病原菌である可能性も現在のところ是否定できない。その原因はそうか病菌がイネ科雑草の根圏で腐生的に生存していたとした KenKnight (1941) の報告などが追試されていないことによる。腐生的生存能力が高いとされる本病菌の生態解明が急がれる由縁の一つである。

ところで前述のように、Healy and Lambert (1991) の報告では、*S. scabies melanin*(+) の菌株の中には DNA 相同性が 70% 程度の低い相同値を示すものが認められ、種内での遺伝的多様性が示唆された。

しかしながら、本研究で明らかのように本邦で分離された 3 種の病原菌はいずれも血清学的にも遺伝学的にも高い均一性を維持している。この点は種の概念にも抵触する問題でもあるが、病原菌の起源によるものか、あるいは選択的な分離法などに起因するのかも含めて今後は種内の多様性に関する調査が必要と考える。

一方、これまで本病の防除対策開発の基礎となる病原菌の土壌中での生態解明を困難にしている最大の要因は定量法の未確立にあるとされてきた (谷井, 1985b, 本

村.1985)。

一般に*Streptomyces*属は放線菌目のなかで最大の属であり、これまで3,000以上の種が記載されている。その多くは抗生物質生産に係わる特許文献に記載されているだけであるが、それでも上述の細菌学名承認リストには342種の名前が載っている。また、土壤中の放線菌の8~9割を占める大きな集団を形成するとされるが、その中で植物に病原性を示すものは現在まで数種~10数種と極く限られた種に過ぎない。

放線菌の属の数は現在までに約50に達する。このように多くの属が記載されたのは産業の重要上の重要性によって膨大な菌株がスクリーニングされたことと同時に、他の細菌とは比較にならないほど多様な形態を有していたためである。

しかしながら、*Streptomyces*属の種の基準は前述のように気菌糸の色、メラノイド色素生成の有無、孢子鎖の形態、孢子の表面構造ならびに糖の資化性のみであり、他の細菌と同様に植物病原菌の識別のための基準には乏しく、病原菌の同定には多数の比較種を対象に、多大な労力を要する各種の培養・生理的性質、病原性などの同定項目の比較を必要とする。

そこで、病原菌の定量を行うに際しては必然的に特異的な簡易識別法の開発が不可欠となる。*S.scabies*の定量の試みの多くはメラニン産生を識別指標に用いており (Hollis.1952,Menzies and Dade. 1959,Keinath and Loria.1989)、本邦に分布するそうか病菌には色素産生が見られない病原菌が広範囲に分布することから新たな識別法が望まれた。抗生物質に対する耐性マーカーは病原細菌では汎用される方法であるが、*Streptomyces*属菌の抗細菌性物質に対する高い感受性のために有効な手段とはなっていない。数少ない試みとしてWeber et al.(1963)のストレプトマイシン耐性を利用した研究があるが、筆者らは*S.turgidiscabies*にリファンピシン、ストレプトマイシンおよびペニシリン耐性を賦与する試験を行っている中で、未だに安定的な高度耐性菌は得られていない。今後はさらに検討を要する。

これらの問題を解決するために、Kenneth et al.(1998)は本病菌の産生する植物毒素Thaxtominを識別指標として、土壤からの分離・定量を行う優れた方法を開発した。しかしながら、本法に用いられた半選択培地のSTRはそうか病菌*S.scabies*、*S.turgidiscabies*の生育抑制が顕著に現れることから改良が必要と考えられた。

そのため、本研究では改変STRを用いた土壤希釈平板法による病原菌の分離と分離菌のPCRによる識別による定量法を開発した。本法はそうか病菌の生育抑制が殆ど認められず、習熟により比較的簡易に定量を行

うことが可能であるなどの長所を有する。今後さらに、より精度の高い選択分離培地の作成とコロニーELISA法の応用によって一層簡便な定量が可能になり、土壤検診への応用も十分に期待される。

しかし、現段階では上記の方法を用いて、各種資材の土壤施用の効果と菌量、輪作作物の作付けと菌量の変動、各種雑草根圏での生存能力、抵抗性品種の作付けと菌量の変動などの防除対策に関わる重要な知見が得られるものと考えられる。さらに菌量の季節的変動、ジャガイモ栽培土壤中の病原菌の局在様式も明らかにされるものと考えられる。

一方、防除に関しては本研究で土壤pH改良資材である「フェロサンド」の土壤全層施用と抵抗性品種の利用による被害軽減が明らかとなったが、今後は本病菌の発生生態に基づく様々な防除対策が確立されるものと思われる。

その代表として抵抗性品種の育成利用がある。道立農試、北海道農試では本研究で用いた「根育31号」を越える抵抗性品種の本格的な育成の時期を迎えており、より高度な抵抗性を示す後続系統を有している。将来的には「Ackersegen」、「Ealy Gem」並の抵抗性賦与が期待される。

なお、Weinhold and Bowman(1968)は緑肥ダイズ、オムギの長期間の鋤込みにより病土化が抑制され、特にダイズの効果が高く、その作用機作として拮抗性を示す*Bacillus subtilis*の関与を報告している。本邦では水沢(1935)の初めての総括的な一連の研究の中で輪作の効果に関して、ダイズ、ソラマメ、タマネギとの1~2年輪作の効果を認めている。田村(未発表)もダイズの効果を認め、現在も道立十勝農試圃場での連輪作試験を継続しており、今後は土壤菌量と効果の比較により、その有効性と作用機作の究明が望まれる。同時にダイズ以外のイネ科、マメ科緑肥栽培の効果の検証も必要である。

内藤ら(1998)は紙筒移植による発病回避の効果を認めた。この栽培法は労力を要することから一般栽培では実用化の難しさが予想されるが、マルチと併用した前進栽培ではコスト的にも実用化可能とされる。その場合には紙筒内土壤中に対する殺菌剤施用ならびに拮抗性の生物資材施用などの組合せによる防除効果の増強も示唆される。

振り返って、現在も重度の汚染圃場を抱える本道では長崎県で実用化されているような土壤殺菌などによる無菌土壌化が要望される場合も多いが、広大な面積に実施することは環境上困難であり、また新須ら(1982)、東田(私信)が観察したように一度だけの単独

の処理ではその効果には限界がある。したがって、既に汚染されている圃場では化学的薬剤などによる急激な病原菌量の低下はなかなか困難であることから、上記に述べた様々な耕種的対策、薬剤防除または生物的防除を組合せ、長期的展望に立脚した被害回避、あるいは穏やかではあるが病原菌量の低下を促進することが肝要と考えられる。

今、本道の畑作には本病に関して解決すべき2つの大きな難問が存在する。一つは過剰に排泄される家畜糞尿に由来する堆肥の利用方法である。従来、ジャガイモ作付け時の有機物施用はテンブン価の低下を招くことから避けるのが一般的であった。しかし、近年は粗大有機物の施用は本病の発生を促進することへの懸念から、テンサイ作付け時にもその使用が控えられる傾向が強い。

もう一つは土壤の高pH化による本病およびテンサイそう根病の発生を抑制するために石灰質資材の施用を極力控えてきた結果、土壤の酸性化が一段と進んでいるという現状がある。これらはいずれも畑作の生産性を左右する大きな問題であり、早期の解決が必要との認識が深まりつつある。

堆肥を含めた有機物施用の功罪については、その熟成度および性質、施用時期と発病の関係を精査することが重要であり、土壤酸性化については環境負荷を軽減した恒久的なそうか病対策が望まれるもう一つの由縁である。

本研究における土壤環境制御による防除においては、資材の施用は一圃場につき一回に限定するとともに、収穫後は土壤の攪拌により原土のpHを回復するという観察事実が根拠となっている。

しかしながら当然、上記の背景とは矛盾を孕む様相を呈していることから、当面の対策として提案し、今後開発が予想される個別技術の複合化・総合化の必要性を提起するものである。

いずれにしろ、我々は生産性の根幹を担う多様な微生物相を有する土壤に対して、現在もまた将来的にも回復不能な負荷を与えるべきではない。本研究が抵抗性品種利用、輪作などのより穏やかな土壤管理によるそうか病対策確立の端緒となることを切に希求する次第である。

摘 要

北海道では平成5年のガット・ウルグアイ・ラウンド農業合意に基づく澱粉の輸入自由化を受けて、平成7年4月から輸入制限措置が廃止されたことによる、加工用澱粉の輸入量が増加するなどの背景から、ジャガイモそうか病の防除対策の早期確立による栽培用途変換が強く要望されている。そのため、本道に分布する病原菌の種類を明らかにし、その識別・定量法を開発するとともに、土壤環境制御および抵抗性品種利用による防除法を確立する目的で本研究を行った。

I. ジャガイモそうか病菌の同定

A. 病原菌の分離と病原性検定

1974～1994年に北海道内35市町村より採取したジャガイモ罹病塊茎（一部、ゴボウ、ニンジンを含む）から分離され、接種試験によりジャガイモに病原性を示す132菌株の病原放線菌を得た。

B. 形態と培養性質

上記の132菌株は、その形態的特徴と培養性質に基づき、以下のA～Dの4菌群に類別された。すなわち、A菌群は孢子鎖の形態が螺旋型（Spiral）でメラニン色素産生(-)、B菌群は同じく螺旋型でメラニン色素産生(+)、C菌群は孢子鎖の形態が直～波状型(Recti-flexuous)で緑黄色色素産生(-)、D菌群は同じく直～波状型で緑黄色色素産生(+)であった。

C. 生理的性質

生理的性質の比較により、A菌群は、6%NaClに対する耐性が異なる以外はElezawy and Szabo(1979)の*S.scabies* subsp.*achromogenes*に一致した。B菌群は*S.scabies* ATCC49173^T、ATCC33282の基準菌株と調査項目101が全て一致した。C菌群は同様の孢子鎖の形態を有する*S.acidiscabies* ATCC49003^T、49004とは97項目中19項目が異なった。D菌群は多くの調査項目でC菌群と一致したが、供試菌株が少ないために結果の記載にとどめ、同定を保留した。

D. GC含量

高速液体クロマトグラフィーを用いたキャリブレーション分析により、GC含量はA菌群は70.9～71.1 mol%、B菌群は68.3～69.1 mol%、C菌群は70.9～72.5 mol%、D菌群は66.1 mol%といずれも高く、*Streptomyces*属菌の一般的な値に類似した。

E. 細胞壁成分

細胞壁成分のジアミノピメリン酸の型を薄層クロマトグラフィーによって分析した結果、全ての菌株で*Streptomyces*属菌の特徴とされるLL-A₂pmが検出された。

F. 血清学的性質

イミューンブロット法により血清学的類縁性を解析した結果、A菌群、B菌群および*S.scabies* ATCC49173^Tは抗原構造がほぼ完全に一致し、血清学的に同一の菌群と考えられた。また、A,B菌群と*S.diastatochromogenes* ATCC12309^Tとは類似度が高く、近縁な種であった。C,D菌群は互いに類縁性が非常に高いが、A,B菌群および直～波状型の孢子鎖を有する*S.acidiscabies* ATCC49003^Tとは著しく類縁性が低く、血清学的に特異な菌群であった。*S.acidiscabies*についても同様に血清学的に特異な菌群と考えられた。

G. DNA相同性

A～Dの各菌群ともに、菌群内での相同性は高く、A菌群内で99%以上、同じくB菌群内で94%以上、C菌群内で96%以上、D菌群内で93%以上の相同値を示した。菌群間の相同性では、A,B菌群間で95%以上と高く、両菌群の菌株も*S.scabies* ATCC49173^Tとは94%以上の相同値であった。

C,D菌群間では61～64%と比較的低かったが、いずれの菌株も*S.acidiscabies* ATCC49003^T、*S.caviscabies* ATCC51928^Tとは22%以下、*S.sampsonii*, *S.setonii*, *S.griseus*, *S.tendae*とは最大で22.9%と低かった。

H. 病原菌の同定

以上の結果から、北海道で分離されたそうか病菌を以下の通りに同定した。

AおよびB菌群は*S.scabies*と同定され、その差異はメラニン様色素産生能のみにとどまることから、両者を系統として、A菌群を*S.scabies* melanin(-)系統、B菌群を*S.scabies* melanin(+)系統と呼称することを提案する。一方、C菌群は新種と考え、*Streptomyces turgidiscabies* Miyajima et al. sp.nov.とすることを提案した。D菌群は未同定であり、現存の3菌株以外の新たな生息が確認された場合に種名を提案したい。

II. ジャガイモそうか病菌の識別・定量法

A. 血清学的手法による識別

S.scabies melanin(-)の1菌株(SNS-26)を家兎に免疫して得た抗血清を*S.turgidiscabies* (SSY-10菌株)、*S.diastatochromogenes* ATCC12309^Tおよび*S.bottropensis* ATCC25435^Tの培養生菌により非特異抗体を吸収し、精製した特異抗体は、ELISA法において*S.scabies*との反応性が高く、*S.diastatochromogenes*以外の菌種とは非特異反応が見られず、識別性が高かった。

同様に、*S.turgidiscabies*の1菌株を家兎に免疫して得

た抗血清を *S.scabies melanin*(-)(SNS-26菌株) , *S.griseus* (IFO-13304) および *S.diastatochromogenes*(ATCC12309[†]) の培養生菌により非特異抗体を吸収し、精製した特異抗体はELISA法における *S.turgidiscabies* および D 菌群との反応性が高く、他菌種の非特異反応を抑制し、識別性が高かった。

S.acidiscabies の 1 菌株を *S.scabies melanin*(-) (SNS-26菌株) 、 *S.griseus*(ATCC23345[†]) の培養生菌により非特異抗体を吸収し、精製した特異抗体はELISA法における *S.acidiscabies* との反応性が高く、他菌種の非特異反応を抑制し、識別性が高かった。以上の結果から、作成した特異抗体を用いて上記の 3 菌種の識別が可能であった。

B. PCR法による識別

3 種の病原菌 *S.scabies*, *S.turgidiscabies* および *S.acidiscabies* を含む 12 種の *Streptomyces* 属菌の 16S-23S リボソーム RNA 遺伝子間に存在するスペーサー領域の塩基配列を比較することにより、上記 3 種に特異的な塩基配列の存在が知られた。それをもとに設計した特異的プライマーによる PCR の結果、上記 3 種の病原菌の培養菌体における識別および病斑中からの高精度な検出が可能となった。

C. 病原菌の定量

Keneth et al.(1998) の報告した *S.scabies* のための半選択培地 STR を *S.turgidiscabies* に適用するために改良した改良変 STR を用いた土壌希釈平板法と出現菌叢の PCR あるいは ELISA により土壌中の病原菌量の定量が初めて可能となった。本病激発圃場の秋期の土壌中の *S.turgidiscabies* の菌量は 1.7×10^3 cfu/g 乾土、以下と推定された。

III. 土壤環境制御によるジャガイモそうか病の防除

A. 北海道におけるそうか病菌の地理的分布

1993 年以降に分離された病原菌の道内での地理的分布を調査した結果、*S.turgidiscabies* は脊梁の日高山脈を境として、主として網走・十勝・根室管内などの道東地方に、*S.scabies melanin*(+), 同(-) 系統は上川・道央・道南地方に局在した。

B. 各種資材の土壌施用による防除効果および土壌理化学性・微生物性の変動

フェロサンド（硫酸第一鉄資材）および高蛋白質資材の土壌施用による防除効果が認められた。これらの作用機作は土壌の酸性化にともなう放線菌の増殖抑制と考えられた。

C. 抵抗性品種と土壤環境制御による防除

フェロサンド施用による土壤環境制御および抵抗性品種「根育 31 号」の併用により、さらに相加的な防除効果が期待できる。

謝 辞

本研究を遂行するにあたり、元北海道立北見農業試験場長土屋貞夫博士（現北興化学工業株式会社）、元道立中央農業試験場病虫部長児玉不二雄博士（現道立北見農業試験場長）には本研究課題を与えられるとともに、終始懇切なご指導を賜った。元道立道南農業試験場主任研究員故・谷井昭夫博士には終始適切かつ精力的なご指導を賜った。ここに深甚に感謝するとともに謹んでご冥福をお祈り申し上げる。また、元道立十勝農業試験場主任研究員宮島邦之博士（現道立中央農業試験場病虫部長）ならびに道立中央農業試験場病虫部病理科長竹内 徹氏には本研究の共同研究者として終始多大なご協力とご援助を賜った。道立十勝農業試験場主任研究員田村 修博士、同土壌肥料科田村 元氏、同畑作科松永 浩氏、前道立北見農業試験場研究部研究部病虫科長阿部秀夫博士（現北海道立道南農業試験場主任研究員）、同土壌肥料科竹内晴信氏（現道立中央農業試験場稲作部）、元道立北見農業試験場研究部病虫科清水基滋氏（現上川農業試験場専門技術員）、道立北見農業試験場研究部研究部病虫科相馬潤博士、同作物科大波正寿氏、元道立中央農業試験場土壌微生物科西脇由恵氏（現道立上川農業試験場）、道立中央農業試験場土壌微生物科美濃健一氏、同生物工科学部木口忠彦氏、前道立根釧農業試験場馬鈴しょ科長伊藤 武氏（現道立北見農業試験場主任研究員）、北海道大学農学部前田征之氏には終始ご協力とご援助を賜った。元道立十勝農業試験場長古山芳廣博士、同研究部長今 友親氏には取りまとめに際し御激励を賜るとともに御便宜を賜った。元道立十勝農試研究部病虫科長鳥倉英徳氏（現道立道南農試主任研究員）、同病虫科古川勝弘氏（現道立道南農試研究部病虫科長）、同安岡眞二氏には研究遂行上の御便宜を賜った。また、道立十勝農業試験場臨時農業技術員橋本和子氏、同太田光子氏、同武田律子氏、同浅川幸枝氏には研究遂行上多くのご協力とご援助をいただいた。以上の各位に対し、衷心から感謝の意を表するとともに、本論文の校閲の労をとられた、北海道大学大学院農学研究科教授小林喜六博士、同 生越 明博士、同 上田一郎博士、喜久田嘉郎博士の各位に対し、深甚なる謝意を表する次第である。

引用文献

- 1.阿部秀夫・石川徳治.1979. てんさいそうか病の発生について. てん菜研究会報.21:17-30.
- 2.Archuleta,J.G.and Easton,G.D.1981. The cause of deep-pitted scab of potatoes. Am.Potato J.58:385-392.
- 3.Athalye,M.,Lacey,J.and Goodfellow,M.1981. Selective isolation and enumeration of actinomycetes using rifampicin.J.Appl.Bacteriol.51:289-297.
- 4.Barak,K.1986. Two-year action of organic fertilizers on potato crops.1.Yield and starch content of tubers and their infestation by *Streptomyces scabies*. Acta Universitatis Agriculturae Brno.A 34:179-185.
- 5.Barnes,E.D.1972. The effects of irrigation, manganese sulphate and sulphur applications on common scab of potato. Rec.Agric.Res.Minist.Agric.Nort.Irel.20:35-44.
- 6.Barnes,E.D.and McAllister,J.S.V.1972. Common scab of the potato:the effects of irrigation,manganese sulphate,and sulphur treatments for common scab of the potato on the mineral composition of plant material and soil extracts. Rec.Agric.Res.Minist.Agric.Nth.Ire.20:53-58.
- 7.Barnes,E.D.and Chestnutt,D.M.B.1966.Some aspects of the control of common scab in potatoes.Rec.Agric.Res. Minist.Agric.Nth.Ire.15:35-42.
- 8.Becker,B.,Lechevalier,M.P.,Gordon,R.E.and Lechevalier,H. A.1964. Rapid differentiation between *Nocardia* and *Streptomyces* by paper chromatography of whole-cell hydrolysates. Appl.Microbiol.12:421-423.
- 9.Blodgett,F.M.and Cowan,E.K.1935. Relative effects of calcium and acidity of the soil on the occurrence of potato scab.Am.Potato J.12:265-274.
- 10.Bonde,M.R.and McIntyre,G.A.1968. Isolation and biology of a *Streptomyces* sp.causing potato scab in soil below pH5.0. Am.Potato J.45:273-278.
- 11.Bowman,T.and Weinhold,A.R.1963. Serological relationships of the potato scab organism and other species of *Streptomyces*. Nature(London) 200:599-600.
- 12.Bukhalid,R.A.,Chung,S.Y.and Loria,R. 1998. nec1, a gene conferring a phenotype,is conserved in plant-pathogenic *Streptomyces* spp.and linked to a transposase pseudogene. Mol.Plant-Microbe Interact.11:960-967.
- 13.Burrell,M.M.1981. The mode of action of ethionine foliar sprays against potato common scab. Physiological Plant Pathology 18:369-378.
- 14.Corbaz,R.1964. Etude des *streptomycetes* provoquant lagale de la pomme de terre. Phytopathol.Z.51:351-360.
- 15.Corke,C.T.and Chase,F.E.1956. The selective enumeration of actinomycetes in the presence of large numbers of fungi. Can.J.Microbiol.2:12-16.
- 16.Crook,C.,Carpenter,C.C.and Klens,P.F.1950. The use of sodium propionate in isolating actinomycetes from soils. Science 111:656.
- 17.Davis,J.R.,Garner,J.G.and Callihan,R.H.1974. Effects of gypsum,sulfur,Terraclor and Terraclor Super-X for potato scab control. Am.Potato J.51:35-43.
- 18.Davis,J.R.,McDole,R.E.and Callihan,R.H.1976a. Fertilizer effects on common scab of potato and the relation of calcium and phosphate-phosphorus. Phytopathology 66:123 6-1241.
- 19.Davis,J.R.,McMaster,R.H.,Callihan,R.H.,Nissley,F.H.and Pavk,J.J.1976b. Influence of soil moisture and fungicide treatments on common scab and mineral content of potatoes. Phytopathology 66:228-233.
- 20.Dippenaar,B.J.1933. Environmental and control studies of the common scab disease of potato caused *Actinomyces scabies*(Thaxt.)Guss.Union S.Africa Dept.Agric.Sci.Bull. 136.78pp.
- 21.Doering-Saad,C.,Kampfer,P.,Manulis,S.,Kritzman,G., Schneider,J.,Zakrewska-Czerwinska,J.,Schrenpf,H.and Barash,I.1992. Diversity among *Streptomyces* strains causing potato scab. Appl.Environ.Microbiol.58:3932-3940.
- 22.Douglas,R.J.,and Garrard,E.H.(1954a). A simple serological test for certain actinomycetes. Can.J.Bot.32:38.
- 23.Douglas,R.J.,and Garrard,E.H.(1954b). Serological observation on the actinomycetes associated with potato scab. Can.J.Bot.32:480.
- 24.Doyle,J.J.and McLean,A.A.1960. Relationships between Ca: K ratio,pH,and prevalence of potato scab. Can.J.Plant Sci.40:616-619.
- 25.Elesawy,A.A.and Szabo,M.1979. Isolation and characterization of *Streptomyces scabies* strains from scab lesions of potato tubers.Designation of the neotype strain of *Streptomyces scabies*.Acta Microbiol.Acad Scient.Hungaricae 26:311-320.
- 26.Elesawy,A.A.and Szabo,I.M.1981. A simplified method forisolating and detecting the frequency of occurrence of free living *Streptomyces scabies* in infected soils.Acta Microbiol.Acad.Scient. Hungaricae 16:67-72.
- 27.El-Nakeeb,M.A.and Lachevalier,H.A.1963. Selective

- isolation of aerobic actinomycetes. Appl.Microbiol.11:75-77.
- 28.Emilsson,B.and Gustafsson,N.1954. Studies on the control of common scab on the potato.Acta.Agric.Scand.4:33-62.
- 29.Erickson,H.T.1960. Potato scab control on organic soils. I .Initial response to PCNB. Am.Potato.J.37:18-22.
- 30.Fellows,H.1926. Relation of growth in the potato tuber to the potato scab disease.J.Agric.Res.32:757-781.
- 31.船越健明・松浦謙吉.1978. バレイショそうか病の耕種的防除法に関する研究.第1報.灌水による発病抑制効果について. 広島農試報告.40:73-80.
- 32.Gordon,R.E.1968. The taxonomy of soil bacteria, In the ecology of soil bacteria,pp.293-321.ed.Gray,T.R.G.& Parkinson,B.Liverpool:Liverpool Univ.Press.
- 33.Gordon,R.E.and Horan,C.1968. A piecemeal description of *Streptomyces griseus*(Kraus)Waksman and Henrici. J.gen.Microbiol.50:223-233.
- 34.Goodfellow,M.,Anderson,G.and Lacey,J.1979. Numerical taxonomy of Actinomadura and related Actinomycetes.J. gen. Microbiol.112:95-111.
- 35.Goto,K.1985. Relationships between soil pH, available calcium, and prevalence of potato scab. Soil Sci.Plant Nutr.31:41-418.
- 36.後藤孝雄・中村吉秀.1993. 植物性有機質施用によるジャガイモ そうか病の防除.日植病報.59:720-721.
- 37.Goyer,C.E.,Faucher,E.and Beaulieu,C.1996. *Streptomyces caviscabies* sp.nov.,from deep-pitted lesions in potatoes in Quebec,Canada. Int.J.Syst.Bacteriol.46:635-639.
- 38.Gray,E.G.,Smith,J.D.and Knight,B.C.1961. Some effects of soil treatments for control of common scab and black scurf of potato. Eur.Potato J.4:277-278.
- 39.Guntz,M.and Coppenet,M.1957. Essais de traitements contre la gale commune de la pomme de terre. Phytat. Phytopharm.6:187-195.
- 40.Gusenleitner,J.1974. Der Zusammenhang zwischen ökologischen bzw.betriebswirtschaftlichen Gegebenheiten und dem Befall mit Kartoffelschorf (*Streptomyces scabies* und *Spongospora subterranea*).Bodenkultur 25: 63-74.
- 41.原撰祐.1930. 実験作物病理学.養賢堂. 東京. pp.748.
- 42.Harrison,M.D.1962. Potato russet scab,its cause and factors affecting its development. Am.Potato J.39:368-387.
- 43.Hayakawa,M.and Nonomura,H.1987. Humic acid-vitamin agar,a new medium for the selective isolation of soil actinomycetes. J.Ferment.Technol.65:501-509.
- 44.Hayakawa,M.and Nonomura,H.1989. A new method for the intensive isolation of actinomycetes from soil. Actinomycetol.3:95-104.
- 45.Hayashida,S.,Choi,M.,Nanri,N.,Yokoyama,M.and Uematsu,T.1989. Control of potato common scab with an antibiotic bio-fertilizer produced from swine feces containing *Streptomyces albidoflavus* CH-33. Agr.Biol. Chem.53:349-354.
- 46.Healy,F.G.and Lambert,D.H.1991.Relationship among *Streptomyces* spp.causing potato scab.Int.J.Syst.Bacteriol. 41:479-482.
- 47.Hoffmann,G.M.1954.Bei träge zur physiologischen Spezialisierung des Erregers des Kartoffelschorfes *Streptomyces scabies*(Thaxt.)Waksman and Henrici. Phytopathologische Zeitschrift 21:221-278.
- 48.Hoffmann,G.M.1958. Untersuchungen zur Ätiologie pflanzlicher Actinomykosen. Phytopathologische Zeitschrift 34:1-56.
- 49.Hollis,J.P.1952. Studies on *Streptomyces scabies*. I . Variability in a meranin-indicator medium. Phytopathology 42:273-276.
- 50.Hooker,W.J.and Kent,G.C.1950. Sulfur and certain soil amendments for potato scab control in the pest soils of northern Iowa.Am.Potato J.27:343-365.
- 51.Horsfall,J.G.,Hollis,J.P.and Jacobson,H.G.M.1954. Calcium and potato scab. Phytopathology 44:19-24.
- 52.Houghland,G.V.C.and Cash,L.C.1956.Some physiological aspects of the potato scab problem. II .Calcium and calcium Potato J.33:235-241.
- 53.Hsu,S.C.and Lockwood,J.L.1975. Powdered chitin agar as a selective medium for enumeration of Actinomycetes in water and soil.Appl.Microbiol.29:422-426.
- 54.Jensen,H.L.1930. Decomposition of keratin by soil microorganisms. Journal of Agricultural Science 20:390-398.
- 55.Jensen,H.L.1932. Microbiology of farmyard manure decomposition in soil. III .Decomposition of cells of microorganisms. J.Agric.Sci.22:1-25.
- 56.Kaneko,T.,Katoh,K.,Fujimoto,M.,Kumagai,M.,Tamaoka,J.and Katayama-Fujimura,Y.1986. Determination of the nucleotide composition of a deoxyribonucleic acid by high performance liquid chromatography of its enzymatic hydrolysate: a review.J.Microbiol.Methods 4:229-240.
- 57.Katayama-Fujimura,Y.,Komatsu,Y.,Kraishi,H.and Kaneko,T. 1984. Estimation of DNA base composition by high performance liquid chromatography of its

- nuclease P1 hydrolysate. Agric.Biol.Chem.48:3169-3172.
- 58.Keinath,A.P.and Roria,R.1989a. Population dynamics of *Streptomyces scabies* and other actinomycetes as related to common scab of potato. Phytopathology 79:681-687.
- 59.KenKnight,G.1941. Studies on soil actinomycetes in relation to potato scab and its control.Michigan Agricultural Experiment Station Technical Bulletin 178.
- 60.Kenneth,L.C.,Edlira,L.,Kritzman,G.,and Lazarovits,G.1998. A quantitative method for determining soil populations of *Streptomyces* and differentiating potential potato scab-inducing strains. Plant Dis.82:631-638.
- 61.木村貞夫・前川政夫(1972). ジャガイモ象皮病について. 九病虫研会報.18:106-108.
- 62.木村貞夫.1976. ジャガイモ象皮病の病原と発生生態. 九病虫研会報. 22:51-54.
- 63.King,R.R.,Lawrence,C.H.,Clark,M.C.,and Calhoun,L.A. 1989. Isolation and chacterization of phytotoxins associated with *Streptomyces scabies*. Chem.Commun. 13:849-850.
- 64.King, R.R., Lawrence,C.H.and Clark, M.C.1991. Correlation of phytotoxin production with pathogenicity of *Streptomyces scabies* isolates from scab infected tubers. J.Am. Potato Assoc.68:675-680.
- 65.Kobayashi,M.1989. Effects of soil temperature, rainfall and soil moisture content in severity of potato scab and its control by watering. Bull.Aгри.Res.Inst.Kanagawa Pref.131,15-22.
- 66.口野嘉幸・平井久丸・櫻林郁之介.1987. 実験操作ブロッテイング法. ソフトサイエンス社.東京.pp.212-314.
- 67.Kuninaga,S.,and Yokosawa,R.1982. DNA base sequence homology in *Rhizoctonia solani* Kuhn I .Genetic relatedness within anastomosis group1.Ann.Phytopath. Soc.Jpn.48:659-667.
- 68.Kuster,E.,and Williams,S.T.1964a. Selection of media for isolation of *Streptomycetes*. Nature(London) 202:928-929.
- 69.Kuster,E.and Williams,S.T.1964b. Production of hydrogen sulfide by *Streptomycetes* and methods for its detection. Appl.Microbiol.12:46-52.
- 70.Kwapinski,J.B.G.1972.The immunology of *streptomycetes* in term of the cytoplasmic antigens. Can. J.Microbiol.18: 1213-1219.
- 71.Labruyere,R.E.1971. Common scab and its control in seed- potato crops.Agricultural Research Reports (Versl.land-bouwk.aoanderz.)767. Wageningen:Centre for Agricultural Publishing and Documentation.
- 72.Laemmli,U.K.1970. Cleavage of structural proteins during the assembly of the head of bacteriophage T4. Nature (London) 227:680-685.
- 73.Lambert,D.H.and Loria,R.1989a. *Streptomyces scabies* sp. nov.,nom.rev. Int.J.Syst.Bacteriol.39:387-392 .
- 74.Lambert,D.H.and Loria,R.1989b. *Streptomyces acidiscabies* sp.nov.Int. J.Syst.Bacteriol.39:393-396.
- 75.Lapwood,D.H.1973. *Streptomyces scabies* and potato scab disease,pp.253-260.In:Sykes,G.,Skinner,F.A.(eds.) Actinomycetales:Characteristics and practical importance. London,New York:Academic Press.
- 76.Lapwood,D.H.and Adams,M.J.1973. The effect of a few days of rain on the distribution of common scab on young potato tubers. Ann.Appl.Biol.73:277-283.
- 77.Lapwood,D.H.and Dyson,P.W.1966. An effect of nitrogen on the formation of potato tubers and the incidence of common scab. Plant Pathology 15:9-14.
- 78.Lapwood,D.H.and Hering,T.F.1968. Infection of potato tubers by common scab during brief period when soil is drying. Eur.Potato J.11:177-187.
- 79.Lapwood,D.H.and Hering,T.F.1970. Soil moisture and the infection of young potato tubers by *Streptomyces scabies*. Potato Research 13:296-304.
- 80.Lapwood,D.H.,Wellings,L.W.,and Rosser,W.R.1970. The control of common scab of potatoes by irrigation.Ann. Appl.Biol.66:397-405.
- 81.Lapwood,D.H.et al.(1971).Irrigation as a practical means to control potato common scab. Plant Pathology 20:157-163.
- 82.Lawrence C.H.(1956) . A method of isolation actinomycetes from scabby potato tissue and soil with minimal contamination. Can.J.Bot.34:44-47.
- 83.Lecchevalier,M.P.and Lecchevalier,H.A.1970. Chemical composition as a criterion in the classification of aerobic actinomycetes. Int.J.Bacteriol.20:435-443.
- 84.Lewis,B.G.1970. Effects of water potential on the infection of potato tubers by *Streptomyces scabies* in soil. Ann.Appl.Biol.66:83-88.
- 85.Lindholm,P.,Kortemaa,H.,Kokkola,M.,Haahtela,K.,Salkinoja -Salonen,M.and Valkonen,J.P.T.1997. *Streptomyces* spp. isolated from potato scab lesions under Nordic conditions in Finland. Plant Dis.81:1317-1322.
- 86.Lingappa,Y.and Lockwood,J.L.1961. A chitin medium for isolation ,growth and maintenance of actinomycetes. Nature(London)189:158.

- 87.Lingappa,Y.and Lockwood,J.L.1962. Chitin media for selective isolation and culture of actinomycetes. *Phytopathology* 52:317-323.
- 88.Liu,D.,Anderson,N.A.and Kinkel,L.L.1995. Biological control of potato scab in the field with antagonistic *Streptomyces scabies*.*Phytopathology* 85:827-831.
- 89.Lochhead,A.G.and Chase,F.E.1987. Qualitative studies of soil microorganisms: V.Nutritional requirements of the predominant bacterial flora. *Soil Sci.*55:185-195.
- 90.Loria,R.,Bukhalid,R.A.,Fry,B.A.and King,R.R.1997. Plant pathogenicity of the genus *Streptomyces*.*Plant Dis.*81:836-846.
- 91.Loria,R.and Davis,J.R.1988. III.Gram-positive bacteria, B. *Streptomyces scabies* p.114-119.In N.W.Schaad(ed.). Laboratory guide for identification of plant pathogenic bacteria,2nd eds.American Phytopathological Society.St. Paul.Minnesota.
- 92.Lyons.A.J.Jr.and Pridham,T.G.1961. Proposal to designate strain ATCC 3004(IMURU 3004)as the neotype strain of *Streptomyces albus*(Rossi-Doria) Waksman and Henrici.83:370-380.
- 93.前田征之・田中文夫・秋野聖之・小林喜六・生越明.1999.ジャガイモそうか病菌*Streptomyces scabies*に対するモノクローナル抗体の作成. 日植病報65:361.
- 94.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.
- 95.Martin,W.H.1920.The relation of sulphur to soil acidity and to the control of potato scab.*Soil Sci.*9:393-408.
- 96.Martin,W.H.1931. Soil reaction and the potato crop. *Am. Potato J.*8:59-64.
- 97.McAlister,J.S.V.1971. The use of sulphur to control common scab of potatoes. *Rec.Agric.Res.Minist.Agric. Nth.Ire.*11:111-114.
- 98.McCreary,C.W.R.1967. The effect of sulphur application to the soil in the control of some tuber disease.*Proc.4th Insect.Fungic.Conf.Brighton* 1:303-308.
- 99.McGregor,A.J.and Wilson,G.C.S.1964. The effect of applications of manganese sulphate to a neutral soil upon the yield of tubers and the incidence of common scab in potatoes.*Plant and Soil* 20:59-64.
- 100.McKee,R.K.1958. Effect of soil moisture on incidence of potato scab. *Eur.Potato J.*11:111-116.
- 101.McIntosh,A.H.1973. Greenhouse tests of chemicals for control of potato common scab. *Ann.Appl.Biol.*73:189-196.
- 102.McIntosh,A.H.1979. Decreased common scab incidence after foliar sprays of daminozide. *Potato Research* 22:361-363.
- 103.McIntosh,A.H.and Bateman,G.L.1979. Effect of foliar sprays of daminozide on the incidence of potato common scab. *Ann.Appl.Biol.*92:29-38.
- 104.McIntosh,A.H.,Bateman,G.L.and Chamberlain,K.1988. Substituted benzoic and picolinic acids as foliar sprays against potato common scab. *Ann.appl.Biol.*112:399-401.
- 105.McIntosh,A.H.,Bateman,G.L.,Chamberlain,K.,Dawson,G.W.and Burrell,M.M.1981. Decreased severity of potato common scab after foliar sprays of 3,5-dichlorophenoxyacetic acid, a possible antipathogenic agent. *Ann.appl.Biol.*99: 275-281.
- 106.McIntosh,A.H.and Burrell,M.M.1980. Movement of ethionine in potato plants after foliar application against common scab. *Physiological Plant Pathology* 17:205-212.
- 107.McIntosh,A.H.,Chamberlain,K.and Dawson,G.W.1985. Foliar sprays against potato common scab:compounds related to 3, 5-dichlorophenoxy acetic acid. *Crop Protection*.4:473-480.
- 108.McIntosh,A.H.et al.1982. Field trials of foliar sprays of 3,5-dichlorophenoxy-acetic acid against common scab in potatoes. *Potato Research* 25:347-350.
- 109.Menzies,J.D.and Dade,C.E.1959. A selective indicator medium for isolating *Streptomyces scabies* from potato tubers or soil.*Phytopathology* 49:457-458.
- 110.Mercik,S.et al.1978. Studies on the possibility of limiting common scab on potato tubers by agrotechnical measures. *Roczniki Nauk Rolniczych*,A 103:7-18.
- 111.Millard,W.A.and Burr,S.1926. A study of twenty-four strains of Actinomyces and their relation to types of common scab of potato. *Ann.Appl.Biol.*13:580-644.
- 112.Mishra,P.K. et al.1961. Control of common scab of potato by seed tuber treatment. *Orissa J.Agric.Research* 4:120-121.
- 113.宮島邦之・田中文夫.1994. 高タンパク質資材の土壌施用によるジャガイモそうか病抑制効果. 日植病報.60:796.
- 114.Miyajima,K.,Tanaka,F.,Takeuchi.T.and Kuninaga.S. 1998.*Streptomyces turgidiscabies* sp.nov.*Int.J.Syst. Bacteriol.* 48:495-502.
- 115.宮下清貴.1985. 放線菌分類の現状と問題点. 農林水産技術研究ジャーナル 8:10-13.
- 116.水野直治・吉田穂積・山本和宏.1995.ジャガイモそ

- うか病菌発生に対するイオン強度および施肥法の影響。土肥誌.66:639-645.
- 117.水沢芳次郎.1935. 馬鈴薯瘡か病に就て. 農園 5:39-48,53-63.
- 118.Mohanry,N.N.et al.1978. Note on the efficacy of seed and soil treatments with different fungicides for the control of common scab of potato.Indian J.Agric.Sci. 48:185-187.
- 119.Mortvedt,J.J.,Berger,K.C.and Darling,H.M.1963. Effect of manganese and copper on the growth of *Streptomyces scabies* and the incidence of potato scab. Am.potato J.40 :96-102.
- 120.Mortvedt,J.J.,Fleischfresser,M.H.,Berger,K.C.and Darling,H.M.1961. The relation of soluble manganese to the incidence of common scab in potatoes.Am.Potato. J. 38:95-100.
- 121.Moyer,J.W.1986. Serological detection and identification of *Streptomyces ipomoea*.Plant Dis.70:516-518.
- 122.Mygind,H.1962. Forsog med bekaempelse af kartoffelskurv og rodfiltsvamp. Tidsskr.Plavl.66:423-457.
- 123.内藤繁夫・加藤雅康・佐藤章夫.1998. 紙筒移植栽培によるジャガイモそうか病の発病回避の可能性. 日植病報.64(6):580.
- 124.夏目孝男.1970. 今月の農薬(1):83-85.
- 125.成田武四.1980. 北海道農作物病害総覧. 北海道植物防疫協会札幌. pp141-190.
- 126.Newbould,F.H.S.and Garrard,E.H.1953. Studies on actino-phage for *Streptomyces scabies*(Thaxt.)Waksman and Henrici. Can.J.Bot.32:386-391.
- 127.西脇由恵・美濃健一.1997a. 北海道におけるジャガイモそうか病菌に寄生するアクチノファージの分布. 日植病報. 63:255.
- 128.西脇由恵・美濃健一.1997b. 北海道産アクチノファージの宿主. 特異性によるジャガイモそうか病菌 *Streptomyces scabies* subsp.*achromogenes*の識別. 日植病報. 63:255-256.
- 129.Nuesch,J.1965. Isolierung und Selectionierung von Aktinomyketen.In:Symposium(Anreicherungskultur und Mutantenauslese"Gottingen, April 1964;Zentralblatt fur Bakteriologie,ParasitenkundeInfektionskrankheiten und Hygiene. Abt.1.Suppl.1:234-252.
- 130.Nugent,T.J.1956.Soil treatment with PCNB (TERRACLOR) for control of potato scab. Plant Disease Repr.43:428.
- 131.Odland,T.E.and Albritton,H.G.1950. Soil reaction and calcium supply as factors influencing the yield of potatoes and the occurrence of scab.Agron.J.42:269-275.
- 132.鬼木正臣・鈴井孝仁・荒木隆男・園田亮一・千葉恒夫・竹田富一.1986. ジャガイモ亀の甲症の原因解明. 農環研報.2:45-59.
- 133.Ottow,J.C.G.1972. Rose bengal as a selective aid in isolation of fungi and actinomycetes from natural sources. Mycologia 64:304-315.
- 134.Porter,J.N.,Wilhelm,J.J.and Tresner,H.D.1960. Method for the preferential isolation of actinomycetes from soils. Appl.Microbiol.8:174-178.
- 135.Potter,H.S.,Hooker,W.J.,Cargo,W.and Stachwick,G.T. 1959.Pentachloronitrobenzene and urea-formaldehyde for potato scab control in Mishigan. Plant Disease Repr.43:633-637.
- 136.Preobrazhenskaya,T.P.,Sveshnikova,M.A.,Trekhova,L.P and Chormonava,N.T.1978. Seletive isolation of soil actinomycetes,pp.119-123. In:Mordarski,M., Kurylowics,W., Jeljaszewics,J.(eds.),*Nocardia* and *Streptomyces*,Warsaw,October 4-8,1976.Stuttgart,New York:Gustav Fischer Verlag.
- 137.Reichard,T.and Wenzl,H.1976. Beitrage zu Dungung und Kartoffelschorf. Pflanzenschutzberichte 45:57-69.
- 138.Rodger,J.B.A.,Wynd,A.and Gilmour,J.1967. Manganese and sulfur treatments for the control of common scab of potatoes.Edinburgh Sch.Agric.Exp.Work 1966:24-25.
- 139.Sakai,R.,Kawamura,H.,Mino,Y.,Emami-Sawavi,R.and Tanii,A.1984. Toxin production by *Streptomyces* spp. associated with scab of potato tuber and sugar beet. I . Effect of carbon and nitrogen sources. Ann.Phytopathol. Soc.Jpn.50:646-647.
- 140.Seidler,R.,Knittel,M.D.and Brown,C.1975. Potential pathogens in the environment:Cultural reactions andnucleic acid studies on *Klebsiella pneumoniae* from clinical and environmental sources. Appl.Microbiol. 29:81 9-825.
- 141.Seidler,R.and Mandel,M.1971. Quantitative aspects of deoxyribonucleic acid renaturation:Base composition, state of chromosome replication,and polynucleotide homologies. J.Bacteriol.106:608-614.
- 142.清野昭雄他.1985. 放線菌の同定実験法放線菌研究会編. 東京.pp58-171.
- 143.Shirling,E.B.and Gottlieb,D.1966.Method for characterization of *Streptomyces species*. Int.J.Syst.Bacteriol 16:313-340.

144. 新須利則・矢野文夫・永尾嘉孝. 1982. 九病虫研会報 28:31-33.
145. Skerman, V.B.D., McGowan, V. and Sneath, P.H.A. 1980. Approved lists of bacterial names. Int. J. Bacteriol. 30:225-420.
146. 相馬 潤・阿部秀夫・宮島邦之・田中文夫. 1995. ニンジンストレプトミセスそうか病およびゴボウそうか病の病原菌について. 日植病報. 61:648-649.
147. 鈴井孝仁. 1985. 放線菌による病害発生の実態と問題点. 農林水産技術研究ジャーナル 8:19-25.
148. Suzui, T. et al. 1988. A new species causing russet scab of potato. 5th Int. Cong. Plant Pathology 177.
149. Szabo, I.M., Marton, M., Buti, I. and Fernandez, C. 1975. A diagnostic key for the identification of "species" of *Streptomyces* and *Streptoverticillium* included in the International Streptomyces Project. Acta Bot. Acad. Sci. Hungaricae. 21:387-418.
150. Takeuchi, T., Sawada, H., Tanaka, F. and Matsuda, I. 1996. Phylogenetic analysis of *Streptomyces* spp. causing potato scab based on 16S rRNA sequences. Int. J. Syst. Bacteriol. 46:476-479.
151. 田中文夫. 1996. ジャガイモそうか病の病原菌と環境制御による防除にむけて. 土と微生物 48:33-39.
152. 田中文夫・堀田治邦・谷井昭夫. 1994a. ジャガイモそうか病菌 *Streptomyces scabies* 及び胞子鎖螺旋型菌に対する特異抗体の作成とELISA法による識別. 日植病報 60:374.
153. 田中文夫・堀田治邦・谷井昭夫. 1994b. ジャガイモそうか病菌の胞子鎖直〜波状型菌に対する特異抗体の作成とELISA法による識別. 日植病報. 61:374.
154. 田中文夫・竹内 徹・谷井昭夫・宮島邦之・阿部秀夫・国永史朗. 1995a. ジャガイモそうか病菌, *Streptomyces turgidiscabies* n.sp. 日植病報. 61:253-254.
155. 田中文夫・竹内 徹・谷井昭夫・宮島邦之・国永史朗. 1994c. ジャガイモそうか病菌, *Streptomyces scabies* の分類学的性質. 日植病報. 60:795.
156. 田中文夫・宮島邦之・阿部秀夫・清水基滋・西脇由恵・谷井昭夫. 1995b. 北海道におけるジャガイモそうか病の発生と病原の分布. 日植病報. 61:647-648.
157. 谷井昭夫. 1985a. ジャガイモそうか病の現状と問題点. 放線菌の分類と特性研究会資料. 31-52.
158. 谷井昭夫. 1985b. ジャガイモそうか病の発生生態. 農業環境技術研究所研究ジャーナル. 8:26-30.
159. Tanii, A., Takeuchi, T. and Horita, H. 1990. Biological control of scab, black scurf and soft rot of potato by seed tuber bacterization. Biological Control of Soil-borne Pathogens. D. Hornby C.A.B. International, Wallingford, England.
160. Tashiro, N., Miyashita, K. and Suzui, T. 1990. Taxonomic studies on the *Streptomyces* species, isolated as causal organisms of potato common scab. Ann. Phytopathol. Soc. Jpn. 56:73-82.
161. 寺田恵理香. 1997. ジャガイモそうか病の防除に関する研究. 平成9年度帯広畜産大学大学院修士論文.
162. Terman, H.L., Steinmetz, F.H., and Hawkins, A. 1948. Effects of certain soil conditions and treatments upon potato yields and the development and control of potato scab. Maine Agric. Exp. Stn. Bull. 463. 31pp.
163. Thaxter, R.L. 1890. The potato scab. Ann. Rept. Conn. Agr. Exp. Sta. 1890:81-95.
164. Tsao, P.H., Leben, C., and Keitt, G.W. 1960. An enrichment method for isolating actinomycetes that produce diffusible antifungal antibiotics. Phytopathology 50:88-89.
165. Vrugging, H. and Maat, D.Z. 1968. Serological recognition of *Streptomyces* species causing scab on potato tubers. Netherland Journal of Plant Pathology 74:35-43.
166. Waksman, S.A. 1922. The influence of soil reaction upon the growth of actinomycetes causing potato scab. Soil Sci. 14:61-79.
167. Waksman, S.A. 1961. The actinomycetes, vol. 2. Classification, identification and description of genera and species. Baltimore: Williams & Wilkins.
168. Waksman, S.A. and Henrici, A.T. 1948. Family. Actinomycetaceae Buchanan. In Bergeys manual of determinative bacteriology, 6th ed. (Breed, R.S. et al eds.)
169. Weber, D.F., Menzies, J.D. and Paden, J.W. 1963. Streptomycin Resistance-A technique for the direct assay of potato scab organisms from soil. Phytopathology 53:1258-1260.
170. Wenzl, H. and Reichard, T. 1974. Der Einfluss von Mineralnahrung auf Kartoffel Ischorf (*Streptomyces scabies* [Thaxt.] Waksman et Henrici und *Spongopora subterranea* [Wallr.] Lagerh.). Bodenkultur 25:130-137.
171. Weinhold, A.R. and Bowman, T. 1968. Selective inhibition of the potato scab pathogen by antagonistic bacteria and substrate influence on antibiotic production. Plant and Soil 28:12-24.
172. Wheeler, H.J. and Adams, G.E. 1897. On the use of

- flowers of sulfur and sulfate of ammonia as preventive of the potato scab in contaminated soils. Rhode Is. Expt. Stn. Ann. Rept. 10:254-268.
173. Williams, S. T., Shameemullah, M., Watson, E. T. and Mayfield, C. I. 1972. Studies on the ecology of actinomycetes in soil. IV. The influence of moisture tension on growth and survival. Soil Biol. Biochem. 4:215-225.
174. Williams, S. T. and Davies, F. L. 1965. Use of antibiotics for selective isolation and enumeration of actinomycetes in soil. Journal of general Microbiology 38:251-261.
175. Williams, S. T., Davies, F. L. and Mayfield, C. I. and Khan, M. R. 1971. Studies on the ecology of actinomycetes in soil. II. The pH requirements of streptomycetes from two acid soils. Soil Biol. Biochem. 3:187-195.
176. Williams, S. T., Goodfellow, M., Anderson, G., Willington, E. M. H., Sneath, P. H. A. and Sackin, M. J. 1983. Numerical classification of *Streptomyces* and related genera. J. gen. Microbiol. 129:1743-1813.
177. 山田憲一・神納 浄・高木 廣. 1986. 関西病虫研会報. 28:45-46. 178. 吉田政博・小林研三. 1993. メロンがんしゅ病放線菌の分離方法. 日植病報 59:573-580.

Summary

In Hokkaido, alternation of uses of potato from starch materials to fresh and processed food products enable by establishment of integrated control of the scab disease is strongly demanded in movement of the free trade of starch in the agreement of GUT Uruguay Round 1997.

This study was conducted for development of identification and discrimination to quantify the pathogens and also for establishment of cultural control by changing soil environment and using resistant variety.

1. Identification of the pathogens

1. Isolation of the pathogens and their pathogenicity

One hundred and thirty two isolates of actinomycetes virulence to the potato were obtained from diseased tubers collected at 35 cities and towns in Hokkaido between 1974 ~ 1994.

2. Morphological and cultural characteristics of the pathogens

These 132 isolates were classified into 4 groups as follows. Group A had "Spiral" spore chain but lacked melanin pigment. Group B had the "Spiral" spore chain and the pigmentation. Group C had "Recti-flexuous" spore chain and lacked yellow green pigmentation. And Group D also had "Recti-flexuous" spore chain and the pigmentation.

3. Physiological characteristics

The group B completely consisted with the type strain of *S. scabies* ATCC49173^T and *S. scabies* ATCC33282 in all of 101 physiological characteristics tested.

The group A consisted with *S. scabies* subsp. *achromogenes* reported by Elezawy and Szabo except the tolerance to 6% of NaCl.

Nineteen of 97 physiological characteristics tested were different between the group C and *S. acidiscabies* ATCC49003^T, 49004 having the same morphology of the spore chain "Recti-flexuous".

The group D consisted with Group C in many characteristics. But the identification of this group was reserved because only 3 isolates had been obtained.

4. GC contents

GC contents were determined by calibration using the high performance liquid chromatography. The GC contents of the groups A, B, C and D were 70.9 ~ 71.1, 68.3 ~ 69.1, 70.9 ~ 72.

5 and 63.7 ~ 68.5 mol%, respectively.

These values were similar to those of the genus *Streptomyces*.

5. Cell wall components

By the thin layer chromatography, LL-A2pm type of diamino-pimeric acids, a criterion of genus *Streptomyces*, was detected in the cell wall components of all isolates tested.

6. Serological characteristics

The immunoblot analysis was performed for the comparison in serological characteristics of these groups.

The epitopes of the group A completely consisted with the group B and also *S. scabies* ATCC49173^T. So it was considered that these three were serologically homogenous.

The *S. diastatochromogenes* ATCC12309^T also showed high relatedness with the group A, B, and it suggested that these species were closely related serologically.

The relatedness between the group C and D was very high, but the group C and D showed remarkably low similarity to the *S. acidiscabies* ATCC49003^T having the same morphology of the spore chain "Recti-flexuous".

These results suggested that each pathogen formed a serologically homogenous group in terms of the reactivity of somatic antigens, but this analysis revealed the lack of close relationship among the groups.

7. DNA relatedness

The group A to D showed high relatedness in the each group in DNA relatedness analysis.

Percentage of similarity in the group A, B, C and D was higher than 99, 94, 96 and 93%, respectively. The similarity between the group A and B was higher than 95%, and between these groups and *S. scabies* ATCC49173^T was higher than 94%.

8. Identification of the pathogens

The pathogens of potato scab isolated in Hokkaido were identified as follows. The group A and B were identified as *S. scabies*. We proposed names *S. scabies* melanin(-) and *S. scabies* melanin(+) as the group A and B, respectively, because the difference between them was only an ability to produce the melanin pigment.

The group C was considered to be a new species. So we proposed a name *Streptomyces turgidiscabies* sp. nov. to the group.

The group D was unidentified. It will be identified when more isolates will be obtained in the future.

II. Discrimination and quantification of the pathogens

A. Discrimination by serological methods

Mycelial materials of the *S. scabies* melanin(-) strain(SNS-26) was immunized as an antigen using white rabbit. A anti-serum obtained was absorbed with cultured mycelia of the *S. turgidiscabies*(SSY-10), *S. diastatochromogenes* ATCC12309^T and the *S. bottropensis* ATCC25435^T.

An antibody purified from the antiserum showed high reactivity with the *S. scabies*, and low reactivity with the other *Streptomyces* spp. except the *S. diastatochromogenes* in ELISA.

Hence, it was confirmed as a specific antibody against the *S. scabies*. Likewise, those of *S. turgidiscabies* (SSY-10) was immunized. Antiserum obtained were also absorbed with the cultured mycelia of the *S. scabies* melanin(-)(SNS-26), the *S. griseus* (IFO-13304) and the *S. diastatochromogenes* ATCC12309^T. Antiserum was found to be highly reactive to the *S. turgidiscabies* and the group D, but did not make non-specific reaction with other *Streptomyces* spp.. The antiserum was also considered to be specific against the *S. turgidiscabies*.

And also, those of *S. acidiscabies* (4030) was immunized. An antiserum obtained were also absorbed with the cultured mycelia of the *S. scabies* melanin(-)(SNS-26), the *S. griseus* (IFO-13304). Antiserum was found to be highly reactive to the *S. acidiscabies*, but did not make non-specific reaction with other *Streptomyces* spp.. An antiserum was also considered to be specific against the *S. acidiscabies*.

B. Discrimination of the pathogens by PCR

The DNA sequences of spacer regions 16S-23S rRNA genes of 12 *Streptomyces* spp. including the 3 pathogens *S. scabies*, *S. turgidiscabies* and *S. acidiscabies* were investigated.

Primers designed based on these sequences of these 3 pathogens showed accurately specific reactivity to these pathogens in the PCR amplification.

It was considered to be highly useful method for the detection and discrimination of the pathogens from the cultures and the lesions on potato tubers.

C. Quantification of the pathogens

The STR, semi-selective medium for *S. scabies*, reported by Keneth et al.(1998) was modified for *S. turgidiscabies*.

The quantification of the pathogen in soils naturally infested was possible by the soil dilution method combined with the

modified STR and the PCR detection.

It was presumed that the amount of the pathogen in the heavily infested natural field soils in autumn was lower than 1.7×10^5 cfu/g · dry soil.

III. Control of the potato scab by changing the soil environment

A. Geological distribution of the scab pathogens in Hokkaido

Geological distribution of the potato scab pathogens isolated after 1993 was investigated.

The *S. turgidiscabies* distributed mainly in Abashiri, Tokachi and Nemuro districts, the eastern part of Hokkaido bounded by Hidaka mountains.

On the other hand, *S. scabies* melanin(+), (-) locally distributed mainly in Kamikawa district, central and southern regions, the western part of Hokkaido having a incination.

B. Effect of various materials on controlling the potato scab and on changing soil environment and its microflora

Application of the "Ferosand"(FeSO₃) and high content protein materials to soil naturally infested were found to be effective to control of the potato scab.

It suggested that acidification of the soils applied these materials could be suppressive to propagation of the pathogens.

C. Control of the scab with combination of resistant variety and changing soil environment

More effective control of the scab disease was expected joint application of resistant variety "Kon-iku No.31" and the soil application of the "Ferosand".

図 版 説 明

Explanation of plates

antibody(PaSSY-10) produced against SSY-10.

Lane 1～12; *S.turgidiscabies*

Plate 1. Symptom of potato scab on tubers.

Plate 2. Spiral spore chain of *Streptomyces scabies*.
(Scanning electromicrograph)

Plate 3. Recti-flexuous spore chain of *Streptomyces turgidiscabies*. (Scanning electromicrograph)

Plate 4. Amino acids composition in cell wall hydrolysates analyzed by thin layer chromatography. Central lane; Standard mixture of LL-A2pm (above spot) and meso-A2pm (below spot)
Other lanes; Tested isolates

Plate 5. Immunoblotting with mycelial materials of *S.scabies* isolates using the polyclonal antibody (PaSNS-26) produced against SNS-26. Samples were separated by SDS-PAGE and blotted. Numbers of the right are estimated molecular weight of the main immunoblotted bands.
Lane 1～6; *S.scabies* melanin(-) strains
7～10; *S.scabies* melanin(+) strains
11; *S.scabies* ATCC49173^T
12; *S.scabies* ATCC33282

Plate 6. Immunoblotting with mycelial materials of the various *Streptomyces* spp. using PaSNS-26.

Lane 1; *S.scabies* melanin(-) strain
2; *S.scabies* melanin(+) strain
3; *S.turgidiscabies*
4; *S.acidiscabies* ATCC49003^T
5; *S.sampsonii* ATCC25495^T
6; *S.setonii* ATCC25497^T
7; *S.tendae* ATCC19812^T
8; *S.griseus* ATCC23345^T
9; *S.bottropensis* ATCC25435^T
10; *S.eurythermus* ATCC14975^T
11; *S.neyagawaensis* ATCC27449^T
12; *S.diastatochromogenes* ATCC12309^T

Plate 7. Immunoblotting with mycelial materials of *S.turgidiscabies* isolates using the polyclonal

Plate 8. Immunoblotting with mycelial materials of *S.turgidiscabies* and *Streptomyces* sp. (Group D, unidentified) isolates using the polyclonal antibody (PaSSY-10) produced against SSY-10.
Lane 1～9; *S.turgidiscabies*
10～12; *Streptomyces* sp. (Group D, unidentified)

Plate 9. Immunoblotting with mycelial materials of the various *Streptomyces* spp. using PaSSY-10.
Lane 1, 2; *S.turgidiscabies*
3; *S.scabies* ATCC49173^T
4; *S.acidiscabies* ATCC49003^T
5; *S.sampsonii* ATCC25495^T
6; *S.setonii* ATCC25497^T
7; *S.tendae* ATCC19812^T
8; *S.griseus* ATCC23345^T
9; *S.bottropensis* ATCC25435^T
10; *S.eurythermus* ATCC14975^T
11; *S.neyagawaensis* ATCC27449^T
12; *S.diastatochromogenes* ATCC12309^T

Plate 10. Immunoblotting with mycelial materials of *S.acidiscabies* isolates using the polyclonal antibody (PaS-51) produced against S-51.
Lane 1～6; *S.acidiscabies*

Plate 11. Immunoblotting with mycelial materials of the various *Streptomyces* spp. using PaS-51.

Lane 1; *S.acidiscabies* ATCC49003^T
2; *S.acidiscabies* S-51
3; *S.scabies* ATCC49173^T
4; *S.acidiscabies* ATCC49003^T
5; *S.sampsonii* ATCC25495^T
6; *S.setonii* ATCC25497^T
7; *S.tendae* ATCC19812^T
8; *S.griseus* ATCC23345^T
9; *S.bottropensis* ATCC25435^T
10; *S.eurythermus* ATCC14975^T
11; *S.neyagawaensis* ATCC27449^T
12; *S.diastatochromogenes* ATCC12309^T

Plate 12. Specific DNA amplification of *S.scabies*,
S.turdigiscabies and *S.acidiscabies* by PCR assay
with the specific primers

Plate 13. Control effect of the combination with the resistant
variety "Kon-iku No.31" and the whole layer
application of "Ferosand" 600 Kg/10a in 20 cm soil
depth on potato scab.
Upper left ; "Kon-iku No.31" and "Ferosand" application
Upper right ; "Kon-iku No.31" and non treatment
Lower left ; "Danshaku-imo" and "Ferosand" application
Lower right ; "Danshaku-imo" and non treatment

Plate 14. Control effect of the combination with the resistant
variety "Kon-iku No.31" and the whole layer
application of "Ferosand" 400 Kg/10a in 10 cm soil
depth on potato scab.
Upper left ; "Kon-iku No.31" and "Ferosand" application
Upper right ; "Kon-iku No.31" and non treatment
Lower left ; "Danshaku-imo" and "Ferosand" application
Lower right ; "Danshaku-imo" and non treatment

Plate 15. Control effect of the combination with the resistant
variety "Kon-iku No.31" and the whole layer appli-
cation of "Ferosand"
200 Kg/10a in 5 cm soil depth on potato scab.
Upper left ; "Kon-iku No.31" and "Ferosand" application
Upper right ; "Kon-iku No.31" and non treatment
Lower left ; "Danshaku-imo" and "Ferosand" application
Lower right ; "Danshaku-imo" and non treatment

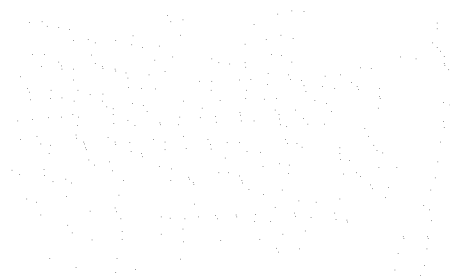




Plate 1

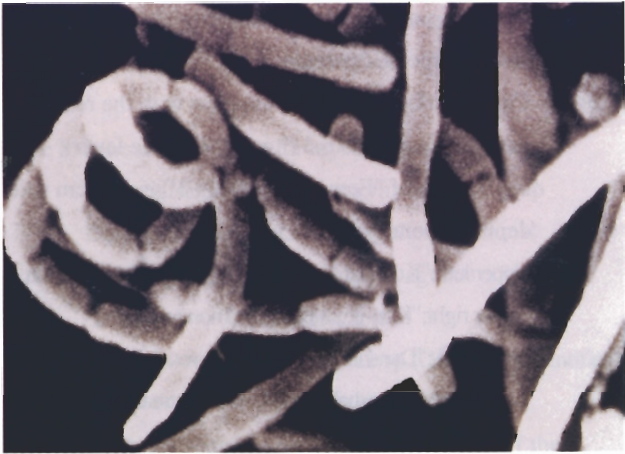


Plate2

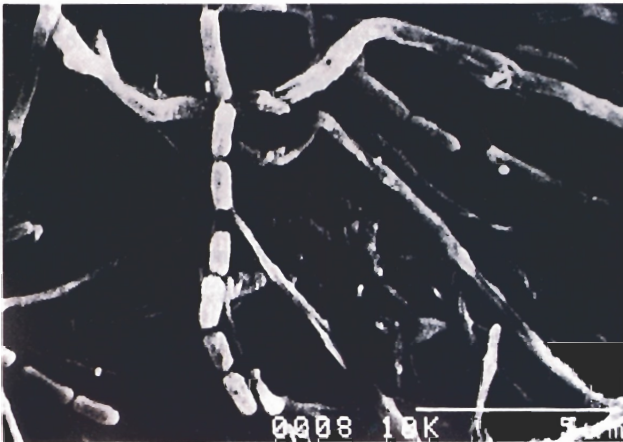


Plate 3

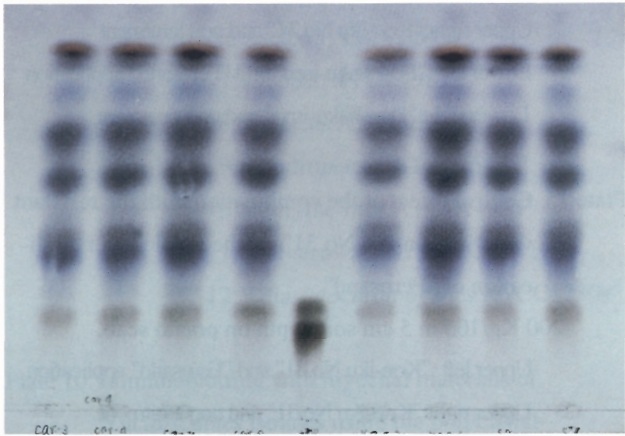


Plate 4

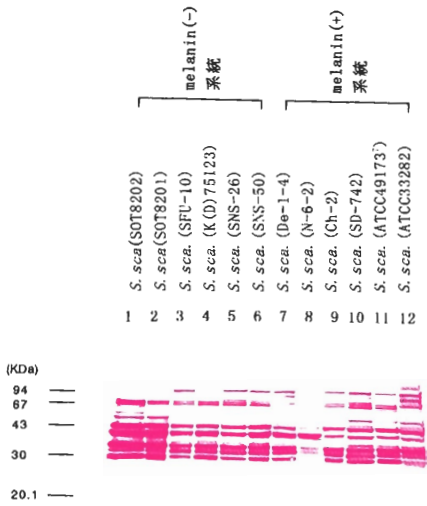


Plate 5

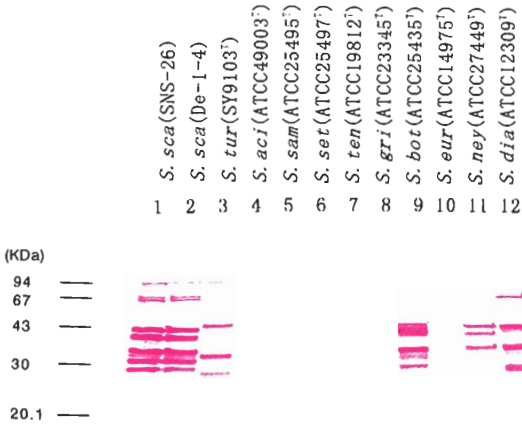


Plate 6

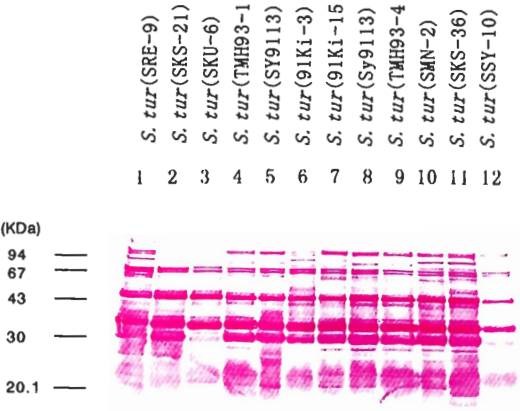


Plate 7

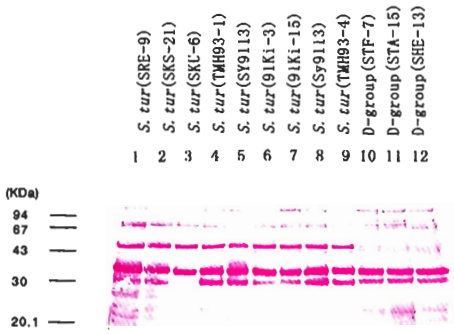


Plate 8

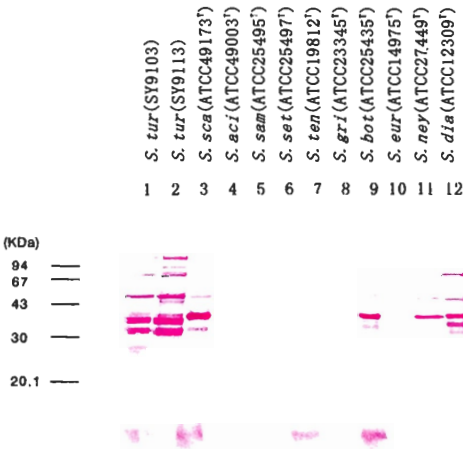


Plate 9

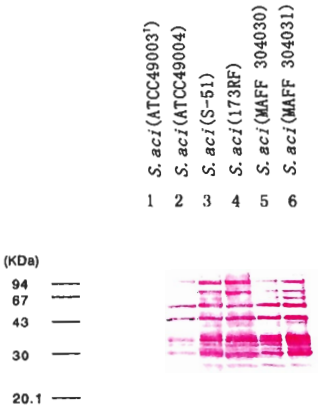


Plate 10

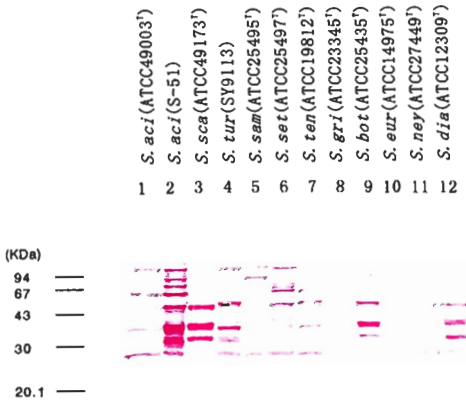


Plate 11

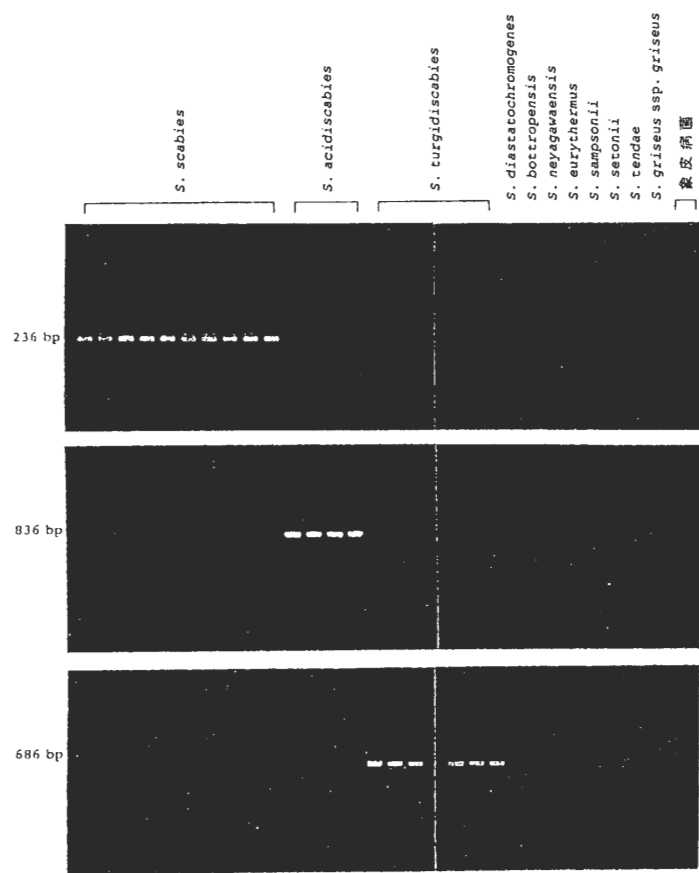


Plate 12



Plate 13



Plate 14



Plate 15