

ジャガイモ亀の甲症の原因解明

誌名	農業環境技術研究所報告
ISSN	09119450
巻/号	2
掲載ページ	p. 45-59
発行年月	1986年7月

農林水産省 農林水産技術会議事務局筑波産学連携支援センター
Tsukuba Business-Academia Cooperation Support Center, Agriculture, Forestry and Fisheries Research Council
Secretariat



ジャガイモ亀の甲症の原因解明

鬼木正臣*1・鈴木孝仁*2・荒木隆男*3・
園田亮一*4・千葉恒夫*5・竹田富一*6

(1985年10月31日受理)

最近、わが国で発生し問題となっているジャガイモ塊茎の亀の甲症について、原因となる病原微生物の解明を行なった。被害標本から糸状菌としては *Rhizoctonia* sp. AG-A, *Fusarium oxysporum*, *F. solani* が高率に分離されたが、いずれも接種による病徴の再現ができなかった。放線菌はフェノール水を用いる LAWRENCE(1956)の平板希釈法とアルブミン培地によって高率に分離された。その中のA型菌は接種によって自然発病と同様の病徴を再現した。この放線菌は *Streptomyces* 属で、メラニン様色素は産生せず、気菌糸は赤色系、胞子の表面はとげ状であった。

緒言

1978年に北海道胆振地方の早掘りのジャガイモで、塊茎の表面全体が淡褐色、亀の甲状のひび割れ症状となる被害が発生した。この症状はその後の調査で北海道の根釧地方や青森県でも発生していることがわかった。更に1980年ころからは茨城県や千葉県で広く発生するようになり、最近では九州の佐賀県でも発生が確認され(田代ら, 1985), 各地で問題となっている。

本症状の発生部位は塊茎及び根に限られ、地上部には萎ちょうその他の異常は認められない。また、病斑のひび割れは浅く、塊茎内部に及ばないことを特徴としている。

本症状からは *Rhizoctonia* 菌や *Fusarium* 菌が多く分離されることから、初めは糸状菌病と判断され(荒木ら, 1979), 著者らはこれらの糸状菌による病徴の再現について検討を加えてきた。しかし、糸状菌によっては定常的

に典型的な症状を再現できないことから、1981年からは原因を放線菌と想定して、被害植物及び土壌から放線菌を分離し、それらの病原性を検討した。その結果、放線菌の1種によって典型的な亀の甲症を再現させることができた(鬼木ら, 1984 a, 1984 b; 鈴木ら, 1985)。

本報告はこれまでにを行なった被害植物及び土壌からの微生物の分離と、分離された微生物のジャガイモに対する病原性について検討した結果をとりまとめたものである。

本研究の実施に当って、供試材料の採集及び送付を願った各試験場並びに馬鈴薯原々種農場の関係者の方々に厚くお礼申し上げる。また、北海道大学農学部 生越 明教授からは糸状菌の分離と病原性について、農業環境技術研究所 宮下清貴技官からは放線菌の分離、同定法について有益なご助言をいただいた。ここに厚くお礼を申し上げます。

1. 塊茎被害部からの糸状菌の分離とその病原性

各地から送付されたジャガイモ塊茎の亀の甲症及びその類似症から糸状菌を分離し、分離菌のジャガイモ塊茎に対する病原性を検討した。

実験材料及び方法

被害標本の類別 分離するに当たってジャガイモ塊茎の被害標本を、次の5つの症状に類別した(写真-I)。

本論文の概要は昭和59, 60年度日本植物病理学会大会で報告した(鬼木ら1984 a, 1984 b; 鈴木ら1985)。

- *1 環境生物部微生物管理科(現在, 農林水産省茶業試験場)
- *2 環境生物部微生物管理科
- *3 日本植物防疫協会研究所
- *4 農林水産省東北農業試験場
- *5 茨城県農業試験場(現在, 茨城県鉾田病害虫防除所)
- *6 山形県農業試験場

1) 亀の甲症：淡褐色，浅いひび割れを生じ，これが亀の甲状に連続する。

2) 粗皮症：ごく浅いひび割れを生じ，表皮がはげかかった状態となる。

3) 褐変症：褐色の小さな，薄いかさぶたを生じ，これが連続する。

4) 亀裂褐変症：断面がくさび状の，やや深い亀裂を生じ，褐変する。

5) そうか病：類円形，淡褐色ないし灰褐色の病斑を生じ，中央部はやや深く陥没するか又は隆起し，かさぶた状となる。

分離法 各症状ごとに被害塊茎10個を選別し，被害部を薄くはぎとり，3 mm角に切りとった。水道の流水で30分間洗浄後，乳酸加用寒天培地上に置いて菌の検出を行なった。

接種法 亀の甲症から分離された *Rhizoctonia* sp. AG-A 2菌株，*R. solani* AG-5 1菌株，*Fusarium oxysporum* 2菌株，*F. solani* 2菌株を供試した。これらの菌をそれぞれ単独に接種した区と，更に複合感染の可能性をみるため，*Rhizoctonia* sp. AG-A と *F. oxysporum* 又は *F. solani* とを混合接種した区及び無接種区の合計12区を設けた(表-2)。供試菌はふすま培地で28°C，14日間培養し，これを接種源とした。接種源各400gを，混合接種区では各200gを土壌60ℓと混合し，プラスチック製コンテナ(内径 72×47×21cm)につめた。ジャガイモ(品種 ワセシロ)は3月28日に1処理4株を植付け，コンテナは網室に設置した。

7月10日にコンテナ内のジャガイモを全株掘り取り，塊茎の発病を調査した。

実験結果

糸状菌の分離結果 分離結果を表-1に示した。供試した塊茎のいずれの症状からも *Rhizoctonia* sp. AG-A, *Fusarium oxysporum*, 及び *F. solani* が分離され，検出率も高かった。そのほか *R. solani* AG-3, AG-5, *Penicillium* spp. などが検出された。

分離された糸状菌の病原性 亀の甲症に関与すると思われた *Rhizoctonia* sp. AG-A, *F. oxysporum* 及び *F. solani* の接種によるジャガイモ塊茎の発病調査結果を表-2に示した。*Rhizoctonia* sp. AG-Aの接種区で塊茎の皮目褐変(写真 II-1)が認められたが，亀の甲症はいずれの供試菌でも認められなかった。また，*Rhizoctonia* 菌と *Fusarium* 菌との混合接種区でも皮目褐変より進んだ病徴は認められず，*Rhizoctonia* 菌や

Fusarium 菌によって亀の甲症を再現させることができなかった。

II. 塊茎被害部及び土壌からの放線菌の分離法の検討

糸状菌の病原性検定が否定的な結果を示したので，次に放線菌について検討することとした。分離の過程で細菌や糸状菌の密度を低下させ，目的とする放線菌を選択的に得るための方法を検討した。基本的にはフェノール水を用いて細菌の密度を低下させる LAWRENCE(1956)の方法を採用し，①フェノールの希釈濃度，②分離培地の種類，更に③分離される放線菌の種類(菌型)に及ぼすフェノールの影響について検討した。

実験材料及び方法

1 分離培地の比較

放線菌の分離には次の6種の培地を供試した。

(1) アルブミン培地

エッグアルブミン 0.25g, グルコース 1g, K₂HPO₄ 0.5g, MgSO₄·7H₂O 0.2g, Fe₂(SO₄)₃ 0.01g, 寒天 15g, 蒸留水 1ℓ, pH 6.8-7.0

(2) LOCHHEADとCHASE(1943)の基本培地(以下B培地と呼ぶ)

グルコース 1g, K₂HPO₄ 1g, KNO₃ 0.5g, MgSO₄ 0.2g, CaCl₂ 0.1g, NaCl 0.1g, FeCl₃ 0.01g, 寒天 20g, 蒸留水 1ℓ, pH 6.8

(3) キチン培地(LINGAPPA and LOCKWOOD, 1961)

コロイダルキチン 2.5g, K₂HPO₄ 0.7g, KH₂PO₄ 0.3g, MgSO₄ 0.5g, ZnSO₄ 0.001g, FeSO₄·7H₂O 0.01g, 寒天 20g, 蒸留水 1ℓ, pH 7.0

(4) スターチ培地(KÜSTER and WILLIAMS, 1964)

スターチ 10g, カゼイン(Difco-vitamin-free) 0.3g, KNO₃ 2g, NaCl 2g, K₂HPO₄ 2g, MgSO₄·7H₂O 0.05g, CaCO₃ 0.02g, FeSO₄·7H₂O 0.01g, 寒天(Difco-bacto-agar) 18g, 蒸留水 1ℓ, pH 7.0-7.2

(5) ツァベック培地

スクロース 30g, MgSO₄·7H₂O 0.5g, NaNO₃ 2g, FeSO₄·7H₂O 0.01g, K₂HPO₄ 1g, KCl 0.5g, 寒天 20g, 蒸留水 1ℓ, pH 6.8-7.0

(6) グルコース・アスパラギン培地

グルコース 10g, L-アスパラギン 2g, MgSO₄·7H₂O 0.5g, KH₂PO₄ 1g, Fe(NO₃)₃·9H₂O 0.2mg, ZnSO₄·7H₂O 0.2mg, MnSO₄·xH₂O 0.1mg,

表-1 ジャガイモ亀の甲症及び類似症から分離される糸状菌

採集地、症状	分離率* (%)				
	<i>Rhizoctonia solani</i>	<i>Binucleate Rhizoctonia (AG-A)</i>	<i>Fusarium oxysporum</i>	<i>F. solani</i>	その他の糸状菌
北海道中標津町					
1 亀の甲症 (軽症)	3.4 (AG-5)	43.6	16.9	7.2	20.3
2 " (重症)	0	37.4	25.8	10.3	23.4
3 粗皮症+亀の甲症	2.7 (AG-3)	48.5	9.4	8.1	29.7
4 褐変症	3.0 (AG-3)	30.7	21.3	13.1	28.1
北海道早来町					
5 亀の甲症 (軽症)	3.1 (AG-5)	16.2	13.4	9.6	37.6
6 " (重症)	0	28.6	36.7	18.3	13.4
7 亀裂褐変症+亀の甲症	2.3 (AG-5)	11.8	9.8	13.6	47.1
8 粗皮症+亀の甲症	0	10.3	10.9	14.4	54.7
9 褐変症	0	23.4	27.6	6.8	41.3
青森県天間林村					
10 そうか病	5.1 (AG-5)	15.4	10.3	20.5	48.7

* 菌検出切片数 / 調査切片数 × 100

表-2 ジャガイモ亀の甲症から分離された糸状菌のジャガイモ塊茎に対する病原性

菌番号	菌名	発病塊茎率 (%)		
		亀の甲症	皮目褐変症	粗皮症
C-539	<i>Rhizoctonia</i> sp. (AG-A)	0	19.6	4.9
C-540	<i>Rhizoctonia</i> sp. (AG-A)	0	7.3	0
W-169	<i>R. solani</i> (AG-5)	0	0	0
W-14	<i>Fusarium oxysporum</i>	0	0	0
W-19	<i>F. oxysporum</i>	0	0	0
W-17	<i>F. solani</i>	0	0	0
W-18	<i>F. solani</i>	0	0	0
C-539+W-14		0	21.4	0
C-539+W-19		0	5.3	0
C-539+W-17		0	7.8	3.9
C-539+W-18		0	0	15.4
無接種		0	0	6.4

寒天 20g, 蒸留水 1ℓ, pH 6.8-7.0

亀の甲症、褐変症、及び比較として無病徴のジャガイモをそれぞれ 1g 磨砕し、殺菌水で段階希釈した後、上記培地で、25-28°C、7日後に放線菌及び細菌の集落数を

調査した。

2 フェノール水の濃度の検討

ジャガイモ亀の甲症被害塊茎の表皮及び発生は場の土壌をそれぞれ 5g とり、殺菌水 100ml と磨砕し、その 0.1

mlをフェノール水10mlと混合して10分間静置した。本希釈液0.1mlをアルブミン培地に流し込み、28°C、7日間培養した後に放線菌および細菌の集落数を調査した。比較検討したフェノール水の濃度は60, 80, 100, 140, 180, 250倍とフェノールを加えない殺菌水とであった。

3 放線菌の種類(菌型)とフェノール水の影響

実験に用いた放線菌の菌型は、PDA培地上での菌そのの色や特徴により11菌型に分けた(表-5)のものの中の、A, A', B, B', C, E, F, S, S'の9菌型であった。各菌型の代表株をペトリ皿のPDA培地で、28°C、10日培養し、殺菌水100mlとともに磨砕した。フェノール水は80, 100, 140倍液と比較に殺菌水を用い、アルブミン培地で28°C、7日後の集落数を調査した。

実験結果

1 分離培地

供試した6種の培地上での集落数の調査結果を表-3に示した。

キッチン培地を除き、どの供試培地でも放線菌の分離は容易であった。放線菌の生育は特にアルブミン培地とスターチ培地でまさっていたが、細菌との区別が容易な点でアルブミン培地が最も優れていた。

2 フェノール水の濃度

フェノール水の濃度と検出される集落数の調査結果を図-1に示した。

放線菌は土壌からはフェノール水60倍液で、ジャガイモからは80倍液で検出されなかった。細菌はフェノール水140倍液で生育が抑制され、80倍液では検出されなかった。細菌の生育を抑え、放線菌を効率的に検出するフェノール水の濃度は100-140倍液が最適であると認められた。

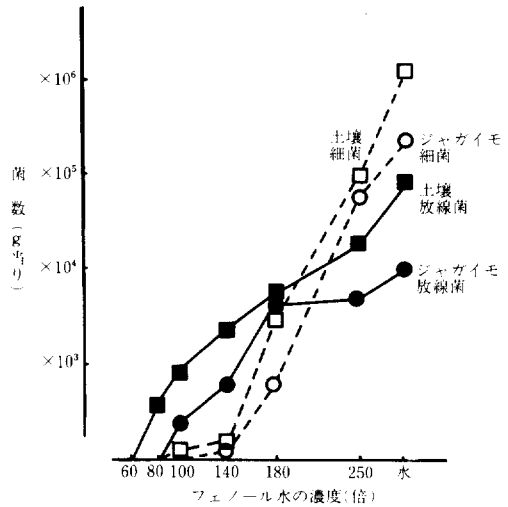


図-1 亀の甲症および土壌から分離される放線菌および細菌の菌数(集落数)におよぼすフェノール水の濃度の影響

3 放線菌の種類(菌型)とフェノール水の影響

供試した放線菌9菌型の分離に及ぼすフェノール水の影響の調査結果を表-4に示した。

放線菌はフェノール水80倍液で影響を受けて、A', B, Cの菌型は全く検出されなかった。フェノール水140倍液の場合に分離される集落数と殺菌水における集落数とを比較すると、菌型により影響の受けかたが異なり、E型の1/3から、C型の1/14までの幅で集落数の減少がみられた。しかし、フェノール水140倍液ではいずれの菌型も検出されることから、集落数の減少はあっても、関与する放線菌の種類を幅広く分離するのに十分使用できる濃度であることが判明した。

表-3 ジャガイモ塊茎から分離される放線菌と細菌の集落数に及ぼす培地の影響

培地	集落数(ジャガイモ塊茎表皮1g当り)					
	無病徴		褐変症		亀の甲症	
	放線菌	細菌	放線菌	細菌	放線菌	細菌
	×10 ⁴	×10 ⁴	×10 ⁴	×10 ⁴	×10 ⁴	×10 ⁴
アルブミン培地	4.6	107.6	57.0	795.2	41.6	1573.4
B培地	0	46.2	4.6	487.6	20.0	1307.4
キッチン培地	0	0	0	4.6	0	0
スターチ培地	0	118.4	30.8	773.6	35.4	702.8
ツァベック培地	2.1	624.4	21.6	813.4	21.3	1109.4
グルコース・アスパラギン培地	0.7	591.3	10.3	389.4	10.3	1511.1

表-4 放線菌の各菌型の分離集落数におよぼすフェノール水の影響

菌型	殺菌水 ×10 ⁶	フェノール水			集落数比 (140倍/殺菌水)
		80倍 ×10 ⁴	100倍 ×10 ⁵	140倍 ×10 ⁶	
A	41 *	0.4	0.6	4.3	(1/10)
A'	911	0	0	81	(1/11)
B	1054	0	0.2	126	(1/ 8)
B'	1616	7	749	320	(1/ 5)
C	311	0	0.5	22	(1/14)
S	2182	4000	3580	528	(1/ 4)
S'	9600	7930	4890	2360	(1/ 4)
E	10865	8830	6300	4310	(1/ 3)
F	11355	7880	3515	2155	(1/ 5)

*ヘトリ皿1枚当りの菌数(集落数)を表す。

III. 植物の被害部及び土壌からの放線菌の分離とその菌型

各地から採集したジャガイモ亀の甲症と類似症の被害塊茎及びほ場の土壌から放線菌を分離し、分離された放線菌をPDA培地上での菌そうの色と特徴などによっていくつかの菌型に類別して、それぞれの代表的な菌株を選出した。

実験材料及び方法

材料の採集 亀の甲症については千葉県10ほ場、粗皮症、褐変症、亀裂褐変症については静岡県2ほ場、そうか病については千葉県1ほ場と群馬県1ほ場から、それぞれ被害塊茎と被害ほ場の土壌を採集した。なお、関連すると思われるサツマイモ根腐立枯症及びサトイモ塊茎亀裂症からも放線菌の分離を行なった。

分離法 IIの項で実施した実験の結果得られた分離手順(図-2)に従って、放線菌の分離と集落数の測定を行なった。

菌型の類別 分離された放線菌から1570菌株を無作為に抽出した。これらの菌株をPDA培地に移植し、28°C、14日間培養後に、菌そう(基菌糸)の色と特徴、胞子形成程度を調査し、メラニン様色素産生の結果を加え、著者が定めた基準に従って菌型の類別を行なった。メラニン様色素の産生はチロシン寒天培地(SHINOBU, 1958)を用い、28°C、5日間培養後に判定した。なお、分離されたA型菌の胞子の表面構造を、2%オスミウム酸ガス固定した後、脱水、臨界点乾燥し、走査型電子顕微鏡(日立X-650)で観察した。

実験結果

分離された放線菌を表-5に示したとおりA以下11菌

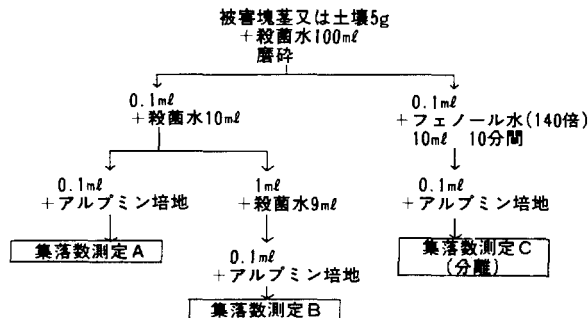


図-2 放線菌の分離法

表-5 分離された放線菌の菌型とその特徴

菌型	分離される主な症状	PDA培地		メラニン様 色素産生
		菌そうの色, 特徴	胞子形成程度	
A	ジャガイモ塊茎亀の甲症 (一部粗皮症)	クリーム色～黄色, 粘質(気菌糸が赤色系)	-~++++	-
A'	" 粗皮症	クリーム色～黄色, やや粘質	+++	+
A"	サツマイモ根腐立枯症	クリーム色～黄色, 粘質(気菌糸が青色系)	++	-
B	ジャガイモ塊茎亀の甲症	淡褐色, 周辺糸状	++	+
B'	" 亀裂褐変症	濃褐色, 周辺やや糸状, 培地黒く着色	+++	+
C	" 皮目褐変症	濃褐色, 周辺やや糸状	++~++++	-
D	サトイモ塊根亀裂症	褐色, 粘質, 培地濃褐色に着色	++	+
E	ジャガイモ塊茎亀の甲症	クリーム色～やや灰色, 周辺やや糸状	++	-
F	土 壤	黒褐色, 周辺糸状, 培地黒～濃緑色着色	+++	+
S	ジャガイモ塊茎そうか病	褐色, 周辺糸状, 培地やや黒く着色	++~++++	+
S'	ジャガイモ塊茎そうか病 (IFO)	褐色～黒色, 周辺糸状	+++	-

型に類別した。また、材料別の菌型の分離結果を表-6に示した。

亀の甲症からは放線菌A型菌が多量に分離され、特に掘取り直後の塊茎では全放線菌集落数が病斑部1g当り 2×10^5 と多く、しかもそのほとんどがA型菌であった。これに反し、無発病の塊茎では全放線菌集落数が少なく、A型菌は分離されなかった。A型菌は土壌からも分離され、粗皮症、亀裂褐変症、更にはサツマイモ根腐立枯症からも一部分離された。なお、サツマイモからのA型菌はその後の調査でその大部分がA"型菌であることが判明した。

亀裂褐変症及び褐変症からはB型、E型菌の分離割合が高く、そうか病からはS型菌が多量に分離された。

なお、A型菌の胞子鎖は4～6重のらせん状で、胞子の表面構造はとげ状であった(写真 II-6, 7)。

IV. 分離された放線菌のジャガイモに対する病原性

分離された放線菌各菌型のジャガイモ塊茎に対する病原性と、放線菌A型菌と *Rhizoctonia* sp. AG-A との複合感染の可能性の有無について検討した。

実験材料及び方法

供試菌の来歴 接種に供試した放線菌の来歴を表-7に示した。

実験1 (1984年) 接種試験には合計25区を設け、

放線菌は亀の甲症及び土壌からのA型菌7菌株、B型菌3菌株、粗皮症からのA'型菌2菌株、亀裂褐変症からのB'型菌3菌株、褐変症からのC型菌2菌株、そうか病からのS型菌4菌株とS'型菌1菌株(IFO 番号不詳)の計22菌株を用いた(表-8)。

PDA培地で28°C、1週間培養したペトリ皿10枚の菌そうをホモジナイザーで磨碎、水で1ℓに増量し接種源とした。殺菌した谷田部町の畑土と西ヶ原心土をプラスチック製コンテナ(内径 42×31×20cm)につめ、接種源を層状に接種した。土壌のpH (H₂O)は石灰で畑土6.97、心土7.38に調整した。接種した翌日の9月3日にジャガイモ(品種 メーカーイン)を1コンテナに4株植え付けた。なお、比較に亀の甲症が激発した塊茎を5°C、60日間保存した後、室温で発芽促進させ、種いも(植え付け時における種いも上のA型菌の菌数(集落数)は塊茎表皮1g当り 28)として用いた区と、亀の甲症が激発した千葉県のは場の土壌(土壌1g当りA型菌の菌数(集落数)は 10.5×10^3) 1kgを接種した区とを設けた。コンテナは屋外に設置した。

12月16日に全株掘り取り、亀の甲症及びそうか病の発病を調査した。また、発病した塊茎の被害部から放線菌の再分離を行なった。

実験2 (1985年) A型菌7菌株(亀の甲症無発生は場の土壌から分離されたA-1057菌を含む)、S型菌2菌株のほか、比較のためサツマイモ根腐立枯症からのA"型菌2菌株とサトイモ亀裂症からのD型菌2菌株とを用

表-6 ジャガイモ亀の甲症、類似症、サツマイモ根腐立枯症、サトイモ亀裂症及び発生地土壌からの放線菌の分離

採集地、ほ場番号、発病 程度及び分離材料	放線菌集落数 (g当り)		分離された放線菌の菌型と割合 (%)					
	殺菌水 ($\times 10^3$)	フェノール水 ($\times 10^3$)	A ¹⁾	B ²⁾	D	E	S ³⁾	その他
千葉県多古町								
1 発病多、塊茎(亀の甲症)	26.3	2.4	13	13	0	0	0	74
土壌(6.7) ⁴⁾	—	16.2	22	19	0	0	4	50
2 発病多、塊茎(亀の甲症)	29.8	6.6	33	17	0	17	0	33
土壌(6.6)	—	35.4	15	9	0	0	2	74
3 発病多、塊茎(亀の甲症)	79.2	18.0	35	0	0	6	0	59
土壌(6.5)	—	31.0	48	13	0	4	0	35
塊茎(亀の甲症) ⁵⁾	209.7	23.8	81	12	0	0	0	7
サツマイモ(根腐立枯症) ⁶⁾	93.6	5.8	69	0	0	0	0	31
4 発病中、塊茎(亀の甲症)	108.6	7.4	53	7	0	0	0	40
土壌(6.2)	—	2.6	7	3	0	0	0	90
5 発病中、塊茎(亀の甲症)	23.3	2.2	33	33	0	17	0	17
土壌(7.1)	—	28.0	18	25	0	20	2	35
土壌(7.1) ⁷⁾	—	37.8	7	9	0	16	0	68
6 発病中、塊茎(亀の甲症)	10.4	2.2	—	—	—	—	—	—
7 発病少、塊茎(亀の甲症)	4.2	0.8	6	0	0	0	0	94
土壌(6.8)	—	33.8	10	16	0	15	3	56
8 発病少、塊茎(亀の甲症)	1.2	0.2	8	13	0	0	0	79
土壌(5.8)	—	18.6	25	4	0	0	0	71
9 発病無、塊茎	1.0	0.2	0	0	0	0	0	100
土壌(5.7)	—	0.8	0	0	0	0	0	100
10 発病無、塊茎	0.2	0	—	—	—	—	—	—
土壌(6.4)	—	2.6	14	8	0	0	0	78
静岡県三島市								
11 発病中、塊茎(粗皮症)	17.6	2.0	38	38	0	0	5	19
塊茎(褐変症)	25.6	7.6	—	—	—	—	—	—
土壌(5.1)	24.4	12.8	0	0	0	0	21	79
12 発病中、塊茎(亀裂褐変症)	740.8	311.2	3	16	0	65	3	13
塊茎(褐変症)	254.4	182.8	0	56	0	25	0	19
土壌(5.4)	20.0	7.6	14	8	0	0	28	50
千葉県袖ヶ浦町								
13 発病多、塊茎(そうか病)	1400.0	698.4	0	0	0	0	91	9
群馬県吾妻町								
14 発病多、塊茎(そうか病)	272.7	47.3	0	0	0	0	62	38
15 発病無、塊茎	7.2	1.7	0	0	0	15	0	85
土壌(5.5)	206.7	84.4	11	8	0	13	27	41
千葉県多古町								
16 発病多、サトイモ(亀裂症)	76.2	33.6	0	8	62	0	3	27

1) A、A'型を含む 2) B'型を含む 3) S'型を含む 4) ()内の数字は土壌pH(H₂O)を表す
 5) 掘取り直後の塊茎 6) サツマイモ根腐立枯症の地下茎 7) サツマイモ根腐立枯症発生土壌

表-7 接種試験に供試した放線菌の来歴、菌型及び特性

菌番号	分離源	採集地	採集年月	菌型	菌そう(基菌糸)の色 (PDA培地)	孢子形成程度	メラニン色素産生
A-3	ジャガイモ塊茎(亀の甲症)	千葉県多古町	1983. 6.	A	クリーム色~黄色	-~+	-
A-12	" (")	"	"	A	"	-	-
A-13	" (")	"	"	A	"	+++	-
A-14	" (")	"	"	A	"	-~++	-
A-24	" (")	"	"	A	"	++	-
A-72	土壌	"	"	A	"	++	-
A-431	"	"	"	A	"	-~+	-
A-441	ジャガイモ塊茎(亀の甲症)	"	"	A	"	++	-
A-539	サツマイモ地下茎(立枯症)	"	"	A	"	++	-
A-754	ジャガイモ塊茎(粗皮症)	北海道早来町	1983. 8.	A	"	+	-
A-755	" (")	"	"	A	"	+	-
A-842	" (")	茨城県谷田部町	"	A	"	-~+	-
A-1057	土壌	群馬県吾妻町	1983.11.	A	"	++	-
A-592	ジャガイモ塊茎(粗皮症)	静岡県三島市	1983. 7.	A'	クリーム色~黄色	+++	+
A-611	" (")	"	"	A'	"	+++	+
A-698	サツマイモ地下茎(立枯症)	千葉県多古町	1983. 6.	A"	クリーム色~黄色	++	-
A-699	" (")	"	"	A"	"	++	-
A-11	ジャガイモ塊茎(亀の甲症)	千葉県多古町	1983. 6.	B	淡褐色	++	+
A-467	" (")	"	"	B	"	++	+
A-472	" (")	"	"	B	"	++	+
A-572	ジャガイモ塊茎(亀裂褐変症)	静岡県三島市	1983. 7.	B'	濃褐色	+++	+
A-579	" (")	"	"	B'	"	+++	+
A-634	" (")	"	"	B'	"	+++	+
A-681	ジャガイモ塊茎(そうか病)	千葉県袖ヶ浦町	1983. 7.	S	褐色	++	+
A-685	" (")	"	"	S	"	+++	+
A-792	" (")	"	"	S	"	++	+
A-820	" (")	"	"	S	"	++	+
IFO	ジャガイモ塊茎(そうか病)			S'	褐色~黒色	+++	-
a-37	ジャガイモ塊茎(皮目褐変症)	茨城県谷田部町	1981.10.	C	濃褐色	+++	-
a-45	" (")	"	"	C	"	++	-
A-1011	サトイモ塊根(亀裂症)	千葉県多古町	1983.11.	D	クリーム色~黄褐色	+++	+
A-1023	" (")	"	"	D	"	+++	+

いた。*Rhizotonia* sp. AG-A の亀の甲症への関与についても再度検討するために、AG-A 菌 2 菌株を用い、単独の病原性を検討するとともに、放線菌 A 型菌との混合接種区を設け、合計 24 区とした (表-9)。

放線菌はスターチ培地で 28°C、10 日間培養したペトリ皿 5 枚の菌そうをホモジナイザーで磨碎し、蒸留水で 1 ℓ に増量して接種源とした。前年と同じプラスチック製コンテナに殺菌した谷田部町の畑土 25 ℓ をつめ、接種源を全層に接種し、よく混合した。土壌の pH (H₂O) は石灰で 7.28 に調整した。4 月 27 日にジャガイモ (品種 メークイン) をコンテナ当り 4 株植え付け、屋外に設置した。

7 月 30 日に全株掘り取り、亀の甲症及びそうか病の発病を調査した。なお、発病した塊茎の被害部から放線菌の再分離を行なった。

実験結果

実験 1 結果は表-8 に示した。

亀の甲症からの A 型菌 A-12, A-441, 土壌からの A 型菌 A-431, 及び亀の甲症発生は場の土壌を接種した区に典型的な亀の甲症の発生が認められ (写真 II-2), 発生症状から同種の放線菌 A 型菌が再分離された。これに対して A', B, B', C, S 及び S' 型菌の区では亀の甲症の発生が認められなかった。

そうか病から分離した S 型菌は供試した 4 菌株すべての接種区でそうか病が激発し (図版 II-3), 発生部位から S 型菌が再分離された。しかし、S' 型菌の区ではそうか病の発生が認められなかった。

実験 2 結果は表-9 に示した。

ジャガイモ塊茎に亀の甲症をひきおこす放線菌はすべて A 型菌であった。しかし、A 型菌に極めて類似するサツマイモ根腐立枯症からの A' 型菌はジャガイモに病原性を示さなかった。また、S 型菌はそうか病を高率に発生させたが、亀の甲症の発生は認められなかった。更に、サトイモ亀裂症からの D 型菌及び *Rhizoctonia* sp. AG-A の接種区では発病が認められなかった。

放線菌 A 型菌と *Rhizoctonia* sp. AG-A との混合接種区では亀の甲症が発生したが、A 型菌単独接種区より発病が増加する傾向は認められなかった。

以上実験 1 及び実験 2 の結果から、放線菌 A 型菌はジャガイモ亀の甲症を、S 型菌はそうか病を起因することが判明し、他の菌型の放線菌はいずれも両症状に関与しないことが明らかとなった。また、*Rhizoctonia* sp. AG-A の亀の甲症との関連性も否定された。

考 察

ジャガイモの連作障害の一つと考えられる亀の甲症は、初め塊茎被害部から *Rhizoctonia* sp. (Binucleate *Rhizoctonia*) AG-A が高率に分離されたことから糸状菌病として報告された (荒木ら, 1979)。その後、*Fusarium oxysporum* 及び *F. solani* も含めて複合感染の可能性と病徴再現の確認のために、これらの糸状菌の病原性を検討した。しかし、*Rhizoctonia* sp. AG-A は塊茎に皮目の褐変をおこすが、典型的な亀の甲症を再現させることができずに経過した。

一方、同症状の発生以来、亀の甲症の原因が放線菌ではないかとする考えもあった。ジャガイモには放線菌 *Streptomyces scabies* (THAXTER) WAKSMAN et HENRICI 1948 によるそうか病がある。しかし、この *S. scabies* は type strain として現存する放線菌がジャガイモに病原性がなく、BUCHANAN ら (1974) の *Bergey's manual of determinative bacteriology*. 8th ed. では同種は不確定種として位置づけられ、また SKERMAN ら (1980) の *Approved lists of bacterial names* からは除外されており、ジャガイモそうか病から分離される病原性を有する放線菌の所属については問題が残されている。

1981 年からは、亀の甲症の原因として糸状菌でなく放線菌を想定し、放線菌の選択分離法を検討するとともに、ジャガイモ塊茎被害部や土壌から分離される様々な放線菌を著者らの設定した基準によっていくつかの菌型に類別し、各菌型から選別した代表菌株のジャガイモに対する病原性を検討した。

病斑部及び土壌からの放線菌の分離法としては基本的には LAWRENCE (1956) の方法を採用した。この方法は分離材料を殺菌水とともに磨碎し、段階希釈を行なう過程でフェノール水に通すことにより、混入する細菌の発育を大幅に抑制するものであった。また、LAWRENCE は本報告での菌型 S 型菌を選択的に分離することを目的としたが、著者らは亀の甲症及び類似症に関与する放線菌を幅広く分離することを目的としたのでフェノール水の濃度などについては再度検討を加えた。その結果、フェノール水の濃度 140 倍、10 分間の処理で、放線菌の集落数の減少割合は菌型によって 1/3—1/14 と異なったが、死滅する菌型は認められず、更に、分離培地にアルブミン培地を併用することによって、目的とする放線菌を効率的に分離することが可能となった。

この分離法によって亀の甲症、類似症、及びそうか病から放線菌を分離したところ、A, A', B, B', C, E,

表-8 分離された放線菌のジャガイモ塊茎に対する病原性

菌番号	菌型	発病塊茎率 (%)				菌番号	菌型	発病塊茎率 (%)			
		I ¹⁾		II ²⁾				I ¹⁾		II ²⁾	
		亀の甲症	そうか病	亀の甲症	そうか病			亀の甲症	そうか病	亀の甲症	そうか病
A-3	A	0	0	0	0	A-572	B'	0	0	0	0
A-12	A	10.5	0	7.7	0	A-579	B'	0	0	0	0
A-13	A	0	0	0	0	A-634	B'	0	0	0	0
A-14	A	0	0	0	0	A-681	S	0	72.7	0	80.0
A-24	A	0	0	0	0	A-685	S	0	66.7	0	90.9
A-431	A	60.0	0	11.1	0	A-792	S	0	85.0	0	83.3
A-441	A	47.1	0	12.5	0	A-820	S	0	66.7	0	100
A-592	A'	0	0	0	0	a-37	C	0	0	0	0
A-611	A'	0	0	0	0	a-45	C	0	0	0	0
A-11	B	0	0	0	0	IFO	S'	0	0	0	0
A-467	B	0	0	0	0	病いも ³⁾		0	0	0	0
A-472	B	0	0	0	0	病土 ⁴⁾		30.0	0	15.8	0
						無接種		0	0	0	0

1) 谷田部町の畑土, 2) 西ヶ原心土, 3) 亀の甲症のジャガイモ塊茎を種いもとして使用, 4) 亀の甲症が前年発生したほ場の土壌を1/25の割合で混入して使用

表-9 分離された放線菌, *Rhizoctonia* sp. AG-Aのジャガイモ塊茎に対する病原性

菌番号	菌型	発病塊茎率 (%)		菌番号	菌型	発病塊茎率 (%)	
		亀の甲症	そうか病			亀の甲症	そうか病
A-12	A	43.9	0	A-431 + C-539		31.3	0
A-72	A	28.0	0	A-441 + C-539		88.2	0
A-431	A	90.0	0	A-12 + C-540		30.0	0
A-441	A	92.2	0	A-431 + C-540		56.7	0
A-539	A	40.9	0	A-441 + C-540		47.2	0
A-754	A	34.3	0	A-698	A"	0	0
A-755	A	45.9	0	A-699	A"	0	0
A-842	A	41.2	0	A-685	S	0	97.9
A-1057	A	85.7	0	A-820	S	0	100
C-539	<i>Rhizoctonia</i> sp. AG-A	0	0	A-1011	D	0	0
C-540	<i>Rhizoctonia</i> sp. AG-A	0	0	A-1023	D	0	0
A-12 + C-539		42.3	0	無接種		0	0

F, S, S'型菌が、また、サトイモ亀裂症からD型菌が分離された。これらの各菌型のうちA型菌だけが亀の甲症を再現することができ、また、S型菌でそうか病を再現することができた。

A型菌, S型菌はいずれもジアミノピメリン酸がLL型(鈴井ら, 1985), 孢子鎖は4~6重のらせん状(写真II-6)を示すことから, *Streptomyces* 属に所属すると思われる。なお, S型菌はメラニン様色素を産生するが, A型菌は産生しなかった。また, 最近問題になっているサツマイモ根腐立枯症(千葉ら, 1982)をおこすと思われるA'型菌はA型菌に極めて類似するが, 気菌糸の色が青色系であり, 赤色系のA型菌とは異なっていた。

Rhizoctonia sp. AG-Aの本症との関連についても検討したが, 放線菌A型菌との複合感染の可能性は否定された。したがってジャガイモ亀の甲症は放線菌 *Streptomyces* sp.のA型菌単独によっておこることが明らかになった。

本菌は孢子のうを形成せず, 孢子の表面はとげ状であった。本菌の種名及び本症の病名については, 本症がジャガイモ象皮病(病原菌 *Streptomyces verrucosus* SHIBATA et KIMURA 1977)(木村・柴田, 1977)に類似するため, この菌との異同を今後更に検討する必要がある。

引用文献

- 1) 荒木隆男・鬼木正臣・生越 明 (1979) : 2核の *Rhizoctonia* 菌によるジャガイモ塊茎の亀の甲症状の発生. 日植病報, **45**, 530 (講要)
- 2) BUCHANAN, R.E. and N.E. GIBBONS (1974) : *Bergey's manual of determinative bacteriology*. 8th ed. p.1246. Williams and Wilkins Co., Baltimore
- 3) 千葉恒夫ら (1982) : サツマイモ根腐れ立枯れ症状の発生における品種間差異. 関東病虫研報, **29**, 45
- 4) 土壤微生物研究会編 (1975) : 土壤微生物実験法. p.467 (pp.431-432). 養賢堂, 東京
- 5) 木村貞夫 (1979) : ジャガイモそうか病と象皮病に関する最近の知見. 植物防疫, **33**, 32-37
- 6) ———・柴田元雄 (1977) : ジャガイモそうか病 (*Streptomyces scabies*) と象皮病 (*Streptomyces* sp.) について. 日本放線菌研究会 昭52 講要, 7
- 7) KUSTER, E. and S.T. WILLIAMS (1964) : Selection of media for isolation of *Streptomyces*. *Nature*, **202**, 928-929
- 8) LAWRENCE, C.H. (1956) : A method of isolating actinomycetes from scabby potato tissue and soil with minimal contamination. *Canadian J. of Bot.*, **34**, 44-47
- 9) LINGAPPA, Y. and J.L. LOCKWOOD (1961) : A chitin medium for isolation, growth and maintenance of Actinomycetes. *Nature*, **189**, 158-159
- 10) LOCHHEAD, A.G. and F.E. CHASE (1943) : Qualitative studies of soil microorganisms: V. Nutritional requirements of the predominant bacterial flora. *Soil Sci.*, **55**, 185-195
- 11) 鬼木正臣ら (1984 a) : ジャガイモ亀の甲症からの放線菌の分離法. 日植病報, **50**, 395 (講要)
- 12) ———ら (1984 b) : ジャガイモ亀の甲症から分離される放線菌とその病原性. 同上, **50**, 395 (講要)
- 13) SHINOBU, R. (1958) : Physiological and cultural study for the identification of soil actinomycete species. *Mem. Osaka Univ. B. Nat. Sci.*, **7**, 1-76
- 14) SKERMAN, V.B.D., V. MCGOWAN and P.H.A. SNEATH (1980) : Approve lists of bacterial names. *Int. J. System. Bact.*, **30**, 225-420
- 15) 鈴井孝仁ら (1985) : ジャガイモ亀の甲症をおこす *Streptomyces* sp.. 日植病報, **51**, 345 (講要)
- 16) 田代暢哉・角 博・松尾良満 (1985) : 冬作ジャガイモに発生した粗皮症状について. 日植病報, **51**, 60 (講要)

Causal Agent of Russet Scab of Potato

Masaomi ONIKI*¹, Takahito SUZUI*², Takao ARAKI*³,
Ryo-ichi SONODA*⁴, Tsuneo CHIBA*⁵ and Tomiichi TAKEDA*⁶

Summary

In recent years, russet scab of potato, which is probably a new disease, has been causing problems in various districts of Japan. The experiments were made to determine the pathogenic microorganisms causing the symptoms. Several fungi, i. e. *Rhizoctonia* sp. AG-A, *Fusarium oxysporum* and *F. solani* were isolated with high frequencies from the lesions of russet scab. These fungi, however, did not reproduce the same symptoms in an inoculation test. By an isolation method using phenol solution and albumin agar culture, an actinomycete (A type) was isolated with a high frequency from russet scab of potato and also from infested soil. The substrate mycelium of this actinomycete A type was yellow cream in color on PDA medium. Inoculation of this actinomycete resulted in reproduction of typical russet scab on potato. These results suggested that the actinomycete A type is the causal agent of russet scab of potato. This actinomycete was found to belong to the genus *Streptomyces* from the following characteristics: negative production of melanoid pigment, reddish color of sporulating aerial hyphae, and surface of the spores spiny.

*1 National Institute of Agro-Environmental Sciences. Yatabe, Tsukuba, Ibaraki, 305 Japan (Present address : National Research Institute of Tea).

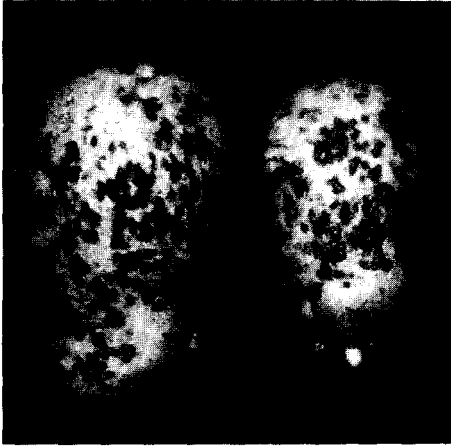
*2 National Institute of Agro-Environmental Sciences. Yatabe, Tsukuba, Ibaraki, 305 Japan.

*3 Institute of Japan Protection Association. Ushiku, Inashiki, Ibaraki, 300-11 Japan.

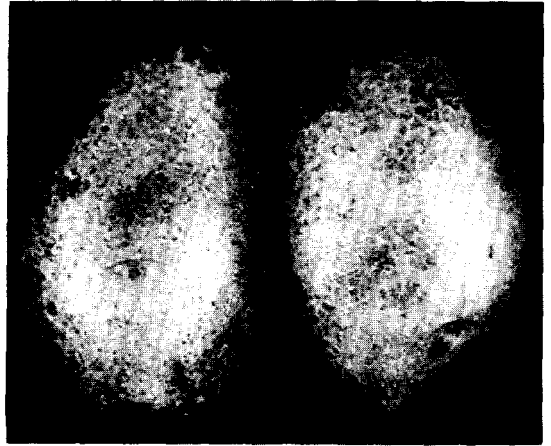
*4 Tohoku National Agricultural Experiment Station. Omagari, Akita, 014-01 Japan.

*5 Ibaraki Agricultural Experiment Station. Mito, Ibaraki, 311-42 Japan (Present address : Hokota Plant Protection Office).

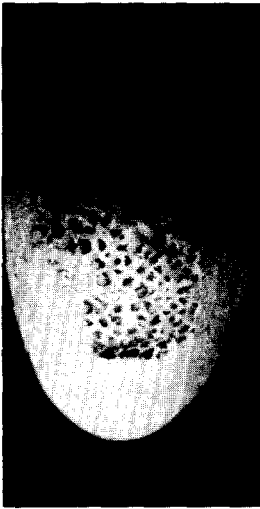
*6 Yamagata Agricultural Experiment Station. Yamagata, Yamagata, 990-02 Japan.



1



2



3



4



5

写真 1

ジャガイモ塊茎の症状の類別

- 1 亀の甲症
- 2 粗皮症
- 3 褐変症
- 4 亀裂褐変症
- 5 そうか病

写真 II

接種による病徴

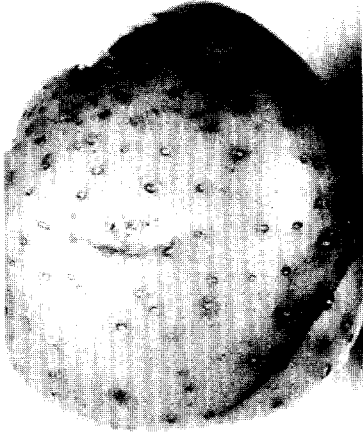
- 1 *Rhizoctonia* sp. AG-A (C-539) による皮目褐変症
- 2 放線菌A型菌 (A-441) による亀の甲症
- 3 放線菌S型菌 (A-685) によるそうか病

菌そうの比較

- 4 フェノール水を使った分離法による放線菌の集落 (アルブミン培地)
- 5 孢子形成培地 (酵母エキス・マルトエキス培地) での菌そう A : A型菌 (A-441), B : S型菌 (A-685)

走査型電子顕微鏡写真による放線菌A型菌の胞子の形態

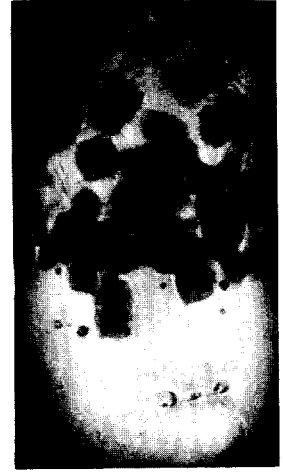
- 6 1,500倍
- 7 10,000倍



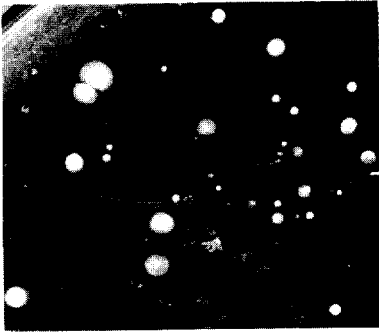
1



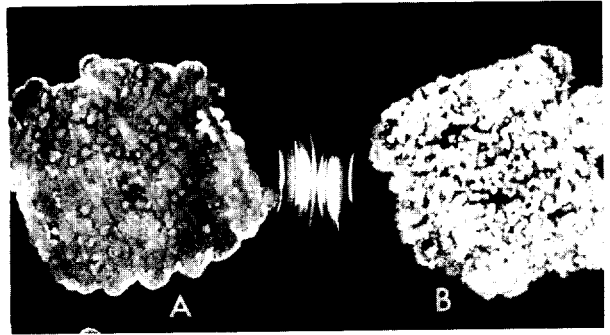
2



3



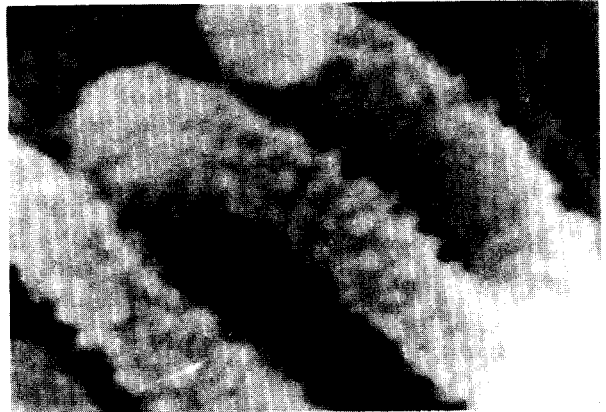
4



5



6



7