

ジャガイモそうか病の防除の現状と問題点

北海道立十勝農業試験場 たなか ふみお みやじま くにゆき
田中 文夫・宮島 邦之

はじめに

ジャガイモそうか病は、西欧では 1890 年代に最初の記載が見られるが、北海道においても、その発生は古く、1902 年の北海道農会報の記載に始まる。

道内で観察される症状には、盛り上がる病斑 (raised scab), 深くえぐれる病斑 (deep scab), さらにその中間の病斑 (common scab) など、いくつかの症状があるが、生食・加工用ジャガイモではいずれも発生するとほぼ商品価値を失い、被害許容水準が非常に低いことが特徴である。デンプン原料用でも甚発生ではデンプン価の低下につながる。

ジャガイモは北海道の畑作の基幹作物の一つであり、平成 7 年度現在 65,100 ha の作付け面積がある。用途別栽培内訳ではメークイン、男爵薯などに代表される生食・加工原料用が約 54%, 紅丸, コナフブキなどに代表されるデンプン原料用は約 37% で、その他を種薯生産用などが占める。

本病の発生状況を概観すると、最近 10 年ぐらいの間に発生被害が漸増傾向にあるが、道内の地域別には、網走、根室、釧路地方などの道東地方で被害が特に激しい傾向がある (図-1)。これらの地域はデンプン原料用栽培の比重が高い地域であるが、多発生の原因の一つに、ジャガイモの作付け頻度が高いことが考えられる。

しかし、デンプンの輸入自由化を控えて、これらの地域では付加価値の高い生食・加工原料用栽培への転換が急務となっており、その他の生食・加工用栽培地域でも発生の増大を危惧する現状がある。

佐賀県、長崎県などでは田代ら (1983, 1985) の詳細な研究に基づいて、防除対策が確立されているが、本道でもこのような背景の下に平成 6 年から道立十勝農試を中心に、道立北見、中央、根釧農試が協力して 10 か年計画でジャガイモそうか病プロジェクトチームを発足させ、総合的な対策の確立を求めて試験を開始した。

そこで本稿では、これまで得られた知見のうち、1996 年 6 月に開催された土壌微生物研究会での発表内容を中心に、ジャガイモそうか病の病原菌の種類と識別法、土

壌環境制御による防除の試み、防除の問題点と今後の研究の方向についてご紹介したい。

I 病原菌の種類と識別法

谷井 (1985) は、道内に分布する 4 種のそうか病菌の形態、培養・生理的性質の詳細な比較を行い、その代表的な形質から、孢子鎖の形態が直〜波状型 (RF) で緑黄色色素の産生 (-) と (+) の 2 種、また孢子鎖がらせん型 (S) でメラニン様色素の産生 (+) と (-) の 2 種を記載した。亀の甲症はそうか病と区別しており、その病原菌は谷井ら (1986)、鈴井・宮下 (1987) の記載に従い、*Streptomyces cheloniumii* と同定された。

そこで、これらそうか病菌 4 種の同定を目的として、ATCC 所蔵の種名既知の *Streptomyces* 属菌 14 菌株を比較菌株に用いて、その形態、培養・生理的性質のほか、血清学的性質および DNA 相同性を比較した。これらの同定の具体的方法については本稿の主な目的ではないので省略するが、同定の結果、供試した道内産ジャガイモ罹病塊茎より分離された 70 菌株の内の 11 菌株は S 型の孢子鎖、メラニン (+) のほか、抗生物質耐性、炭素源利用能などの性質が LAMBERT and LORIA (1989) の *S. scabies* の記載と一致した。また、13 菌株は S 型で、メラニン (-) の性質を除いて *S. scabies* の性質と一致することから、ELESAY and SZABO (1979) の記載に従い、*S. scabies* の亜種、subsp. *achromogenes* と同定した (田中ら, 1994 c)。

一方、残りの 43 菌株は孢子鎖 RF で緑黄色色素 (-), GC 含量が平均 71.7 と *S. scabies* の約 71 と比べて同等、

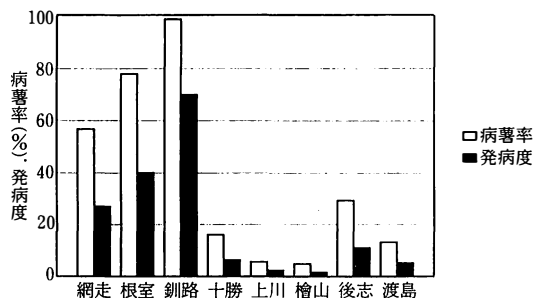


図-1 北海道におけるジャガイモそうか病の地域別発生状況 (1994)

Pathogens and Cultural Control of Scab Disease of Potato in Hokkaido. By Fumio TANAKA and Kuniyuki MIYAZIMA
(キーワード: ジャガイモそうか病, 病原菌, 防除)



図-2 北海道におけるジャガイモそうか病菌の分布

S. acidiscabies の利用するラフィノースを利用しない、比較菌種と抗生物質耐性が大きく異なるなど、該当する菌種が見当たらなかったことから、新種と判断し、*S. turgidiscabies* と命名し、提案した (田中ら, 1995 a)。*turgidiscabies* の語源の“turg”は病斑が盛り上がる意味である。

なお、冒頭に触れた RF 型の緑黄色色素(+)の菌群はこの時点では菌株数が少なく、同定を控えているが、中標津町など道東のごく一部の地域に局在しているようである。一方、*S. acidiscabies* (LAMBERT and LORIA, 1989) は幸い道内では未確認である。

ところで、上記のように同定された3菌群の道内での分布には明らかな地理的偏りがある。北海道の脊梁、日高山脈を境にして *S. scabies* および subsp. *achromogenes* は道央、道南、上川地方に、*S. turgidiscabies* は道東地方に局在し (田中ら, 1995 b)、その傾向は 1986 年の谷井の調査結果と変わらない (図-2)。この原因は明らかではないが、現象的には *S. scabies* は道東に、*S. turgidiscabies* は道央にも定着可能であることから、種薯の移動が地域内に限定されていた結果によるものと考えられる。

一方、そうか病菌の土壤中での動態把握は、その生態的弱点に基づく防除対策開発のうえで最も基礎的な知見を与える。また、作付け前にあらかじめ経済的な被害許容水準を超えると判断される圃場では、作付けを回避するといった土壌検診への応用の可能性も期待される。しかし、土壤中の菌量評価の試みは LORIA (私信) のメラニン産生能を利用したチロシン含有培地が唯一とも言える例で、わが国での利用は一部に限定されると推測される。

そこで、病原菌の識別の方法として ELISA 法、

DIBA 法等の血清学的手法および種特異的プライマーによる PCR 法を検討した。なお、北海道病害虫防除所の西脇および道立中央農試の美濃は種特異的な寄生性アクチノファージの利用を試みた。

具体的な方法については紙面の都合上省略するが、血清学的手法では、非病原性菌 *S. diastatochromogenes*、*S. bottropensis* および *S. griseus* などによる吸収血清法を用いて得られた *S. scabies* および *S. turgidiscabies* に対する特異抗体は識別能が高く、ELISA 法によるこれら病原菌の識別が可能であった (田中ら, 1994 a, b)。ただし、抗 *S. scabies* 特異抗体では *S. diastatochromogenes* で非特異反応が見られ、改良の余地がある。今後は平板コロニーを用いた DIBA 法 (コロニー ELISA 法) などに応用が可能と考える。

次に PCR を利用した方法であるが、3 種のそうか病菌に対する特異的なプライマー (竹内ら, 1995) を使用した。これはリボソーム DNA の SPACER 領域のシーケンス解析に基づく設計で、21~23 個の塩基で構成されるものである。平板コロニーまたは罹病薯の単一病斑からのテンプレートの調整方法はいずれも簡便な操作で可能であった。

PCR の結果、平板コロニーおよび病斑いずれの場合も *S. scabies* は 236 bp、*S. acidiscabies* が 836 bp、*S. turgidiscabies* が 686 bp の単一の増幅断片として特異的に検出された。

さらに西脇、美濃は *S. scabies* subsp. *achromogenes* を亜種レベルで識別可能なアクチノファージ株を選抜し、その検定方法を明らかにしている (1997 年日本植物病理学会で発表)。

今後は、これらの識別法のそれぞれの長所を生かし、土壤中の病原菌の定量法開発につなげる必要がある。

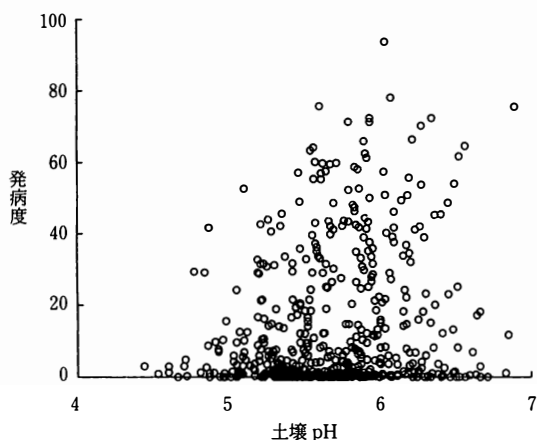


図-3 土壌 pH と発病度の関係

II 環境制御による防除の試み

そうか病菌の新塊茎への感染時期は、一般に着蕾期以降の約1か月間とされ、北海道では6月下旬から7月下旬に当たる。その間の高温乾燥による土壌水分の低下が感染を著しく増加させること、また同時に土壌 pH の高い条件下で多発することも多くの試験で確認されている (LAMBERT and MENZER, 1991; LAPWOOD, 1966; LEWIS, 1970)。このような、そうか病菌の生態的な弱点に基づいた環境制御による防除法として長崎県では連作を前提とした、土壌 pH の低下 (下限 pH 4.5) とクロルピクリンによる土壌消毒が実用化されている。しかし、北海道では畑輪作の中で永続的に土壌を酸性化させることは問題が多く、土壌消毒もスケールのまた環境への配慮から困難と思われる。

北海道ではこれまで灌水チューブを用い pH 2.3 を目安とした圃場灌水と土壌 pH 降下資材のフェロサンド (硫酸第1鉄, 土壌 pH 5.3 を目標) の全面施用土壌混和の併用による防除が指導されている。両処理の併用により 60 程度の防除価が得られている。しかし、灌水チューブによる圃場灌水は、広く、かつ勾配を有する本道の圃場条件では技術的に難しく、またフェロサンド単独施用を想定すると、目標 pH 5.3 では効果が十分ではないという問題があった。

発生実態調査の結果でも、土壌 pH 5.0 以下または置換酸度 μ 値が 5.0 以上では発生が少ないことが示された (図-3)。

そこで、灌水方法の問題を解決するために、道立北見農試では大型のスプリンクラーであるレインガンによる灌水およびレインガンのヘッドをスプレーに改装したり

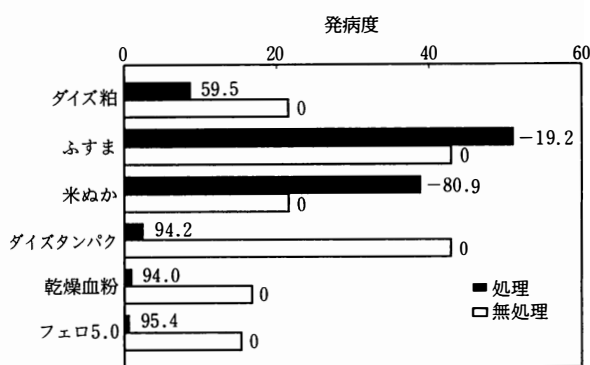


図-4 有機物施用によるそうか病防除効果 (図内の数字は防除価)

ールマシンとよばれる自走式の灌水機による灌水試験を継続してきた。その方法は、まず後述のフェロサンドの植え付け前全面施用土壌混和に組み合わせて、萌芽前に 25 mm 以上の多量灌水を行って、安定的に土壌 pH を低下させる。その後、7月末まで pH 2.3 を実施の目安として、一回につき 10 mm 程度を灌水する。7月に土壌の乾燥が進むために、被害の大きい網走地方では畑灌施設の整備が進められており、今後の防除効果が期待される。

一方、土壌酸度調整に関しては道立十勝農試において、フェロサンドを中心として、水野ら (水野・吉田, 1993) の報告した硫酸アルミニウムまたは各種の高タンパク質資材の土壌施用による防除試験を行ってきた。1994 年の試験では、供試資材としてフェロサンドおよびダイズ粕、米ぬか、ふすま、ダイズタンパク質、乾燥血粉など、C/N 比を異にする有機物資材を用いた。この時点では植え付け前に全層施用を行い、施用量はこれらフェロサンドが 600 kg/10 a、有機物はいずれも 1,000 kg/10 a である。試験圃場の優占菌種は *S. turgidiscabies* であった。

供試資材のうち、フェロサンド、ダイズタンパク質、乾燥血粉は防除価 90 以上の高い防除効果を示した (図-4)。後藤・中村 (1993) は、*S. scabies* に対して植物性タンパク質の土壌施用の高い防除効果を報告しているが、本試験でもその効果が確認された。

処理後の土壌 pH の推移を調査した結果、効果の高かったダイズタンパク質、乾燥血粉、フェロサンドでは、処理 1 か月から土壌 pH の顕著な低下が観察され (宮島・田中, 1994)、植え付け前の 6.4 に対して、最も低い pH 値は処理 1 か月後の 4.6 であった。その後はやや上昇傾向が見られるものの低い値で推移した。さらに秋

表-1 有機物施用に伴う土壌放線菌数の推移

処理	総放線菌数 ($\times 10^5$ cfu/g・乾土)*			
	6/13	6/29	7/20	8/9
ダイズ粕	157.1	16.0	92.1	116.7
無処理	109.1	190.7	152.3	143.0
ダイズタンパク	4.6	2.6	24.0	76.6
無処理	119.3	140.4	171.0	138.9
乾燥血粉	39.8	36.0	90.2	79.6
無処理	132.5	171.6	174.8	115.8
フェロサンド	72.4	11.7	21.2	24.2
無処理	53.6	92.7	59.2	101.6
米ぬか	190.8	217.1	156.1	107.2
無処理	89.2	95.3	113.8	124.9
ふすま	106.2	68.5	76.1	71.0
無処理	110.8	102.1	68.7	112.8

*：アルブミン増地を用いた土壌希釈平板法による。

期の耕起作業に伴う土壌の攪拌により、初冬から翌春には原土の土壌 pH に回復し、防除効果も翌年には持続しなかった。しかし、土壌の攪拌がない条件下では低下した pH のまま維持されることが実験的に確かめられた。

高い防除効果の見られた、上記 3 処理区の微生物性を土壌希釈平板法を用いて調査すると、処理 1 か月後から総細菌・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（表-1）。逆に総糸状菌数は顕著な増加傾向を示した。特に *Penicillium* 属菌の増加が特徴的であった。

これらの知見をもとに暫定的ではあるが、以下の防除法が提案された。すなわち、原土の pH 5.5 以上の圃場を対象に、施用前のインキュベーション試験によって算定された必要資材量をもとに経済的な評価を行い、施用目標値を pH 5.0 としてフェロサンドを 10 cm の作土深に全層混和する。ただし、多発圃場では本防除法では効果が不十分である。経済的な被害許容水準を発病率 15%（発病度 5.0）程度とすれば、防除効果から算出して発病率 30% 程度以下の圃場に適用することが望ましい。

さらに低コスト化を図ると同時に酸性化を極力避けるために、現在これらの資材や硫酸などの生理的酸性肥料の局所（作条）施用の効果を検討中である（宮島ら、1995）。なお、タンパク質資材の肥料的な評価は今後の検討課題である。

III 防除の問題点と今後の研究の方向

現在、北海道におけるジャガイモそうか病の防除のうえでいくつかの問題点がある。その一つは土壌の酸性化

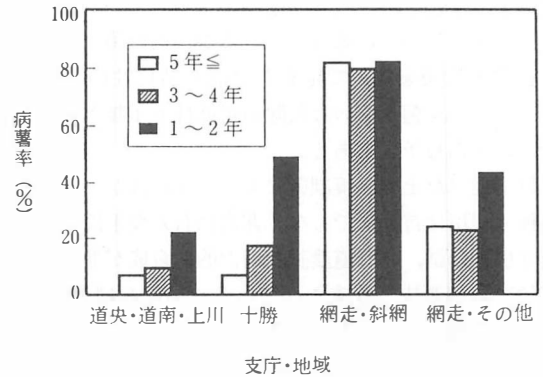


図-5 輪作年数とそうか病の発生関係 (1994)

による生産性低下である。道内の畑作地帯ではテンサイが輪作上で重要な品目であるが、最近はその根病の発生拡大を防止するために石灰質資材の施用を極力控えてきた経緯がある。そのために土壌の酸性化が徐々に進み、乾燥年では一部の作物に石灰欠乏などの症状が現れることがある。そのために、そうか病対策としての土壌 pH 低下は効果は高いとしても、繰り返して施用は土壌の極端な酸性化を促進することが予想され、単独で恒常的な対策とはなりにくい側面を持つ。そこで上述のように、酸性資材の局所（作条）施用の検討と併せて、本病の発生を抑制する選択性のある土壌施用薬剤の探索と実用化が望まれる。

次に有機物施用、特に堆肥施用の問題がある。畑作物の生産性維持のために堆肥の施用が重要であるが、未熟有機物の施用は本病の発生を増大させることから、積極的に堆肥を圃場に還元することに抵抗が生じている。そのためには、本病の発生に影響を与えない輪作の上での堆肥の施用時期やその性質を評価する必要がある。

輪作作物との関係を見ると、多発地帯ではテンサイ、ジャガイモなどの根菜類の作付け頻度が高く、マメ類が少ないという特徴がある。テンサイ、ニンジン、ゴボウ、ヤマノイモなどにも同様に発生が見られ、菌量低下に結び付かないことが推測される。1993～96年に全道的に行った発生実態調査の結果、少発地帯では輪作年数が長期になるほど発生が少ないという明らかな傾向を認めた（図-5）。そこで今後はマメ類や根菜類を主体とした輪作の影響を評価する予定である。さらに北海道農試では発生を抑制する植物由来抗菌性物質の実用性の評価を継続中である。

さらに種薯消毒は、発生の拡大防止の基本的防除技術であることは言うまでもないが、今後もより効果の高い薬剤の探索を行う必要がある。また、*S. scabiei* の近縁

種である *S. diastatochromogenes* を用いた生物防除を Liu, et al. (1995) が報告しているが、病原菌の感染時期の高温・乾燥条件下で定着が可能な拮抗性の非病原性 *Streptomyces* 菌を用いた防除の可能性も示唆される。今後、取り組む予定である。

以上述べた土壌環境制御による防除のほかに、抵抗性品種の利用は言うまでもなく非常に有効な手段であり、道立根釧農試、北海道農試で精力的に育成が進められ、有望系統が選抜・育成されている。早ければ 1997 年に実用性品種が誕生する可能性がある。

しかし、まだ真性抵抗性の品種は見当たらず、将来的な優占菌種の変動も想定すると、抵抗性品種の利用と土壌環境制御の組合せによる防除が永続的に有効と考える。いずれにしても、北海道における本格的な防除に向けての取り組みは緒についたばかりと言える現状であり、今後の生態的知見の集積が急務である。

本報告は故・谷井昭夫氏、研究班の道立十勝農試・宮島邦之、同 田中文夫、同 田村 元、道立北見農試・竹内晴信、同 相馬 潤、現・北海道病害虫防除所・西脇由恵、現・道立道南農試・阿部秀夫ならびに道立中央農試・竹内徹氏、現・道立上川農試・清水基滋氏の共同研究に基づく成果を取りまとめたものである。最後に DNA 相同性の試験で、ご指導いただいた北海道医療大

学の国永史朗博士、ELISA 法の指導をいただいた道立北見農試萩田孝志博士、ならびに発生実態調査にご協力いただいた道内全域の農業改良普及センター、各 JA の方々に深く感謝の意を表す。

引 用 文 献

- 1) ELESAWAY, A. A. and M. SZABO (1979): Acta Microbiol. Acad. Scient. Hungaricae 26: 311~320.
- 2) 後藤孝雄・中村吉秀 (1993): 日植病報 59: 720~721 (講要).
- 3) LAMBERT, D. H. and R. LORIA (1989): Int. J. Syst. 393~396.
- 4) ——— and F. E. MENZER (1991): Phytopathology 81: 632~636.
- 5) LAPWOOD, D. H. (1966): Ann. Appl. Biol. 58: 447~456.
- 6) LEWIS, B. G. (1970): ibid. 66: 83~88.
- 7) 宮島邦之・田中文夫 (1994): 日植病報 60: 796.
- 8) ———ら (1995): 同上 61: 648 (講要).
- 9) 水野直治・吉田穂積 (1993): 土肥要旨集 39: 250 (講要).
- 10) 鈴井孝仁・宮下清貴 (1987): 日植病報 53: 405~406.
- 11) 竹内 徹ら (1995): 同上 61: 264 (講要).
- 12) 田中文夫ら (1994 a): 同上 60: 374 (講要).
- 13) ———ら (1994 b): 同上 61: 374 (講要).
- 14) ———ら (1994 c): 同上 60: 795 (講要).
- 15) ———ら (1995 a): 同上 61: 253~254 (講要).
- 16) ———ら (1995 b): 同上 61: 647~648 (講要).
- 17) 谷井昭夫 (1985): 放線菌の分類と特性研究会資料: 31~52.
- 18) ———ら (1986): 日植病報 52: 138.
- 19) 田代鶴哉ら (1983): 九病虫研会報 29: 18~21.
- 20) ———ら (1985): 同上 28: 36~40.

本 会 発 行 図 書

『応用植物病理学用語集』

濱屋悦次 (前 農林水産省農業環境技術研究所微生物管理科長) 編著

定価 4,893 円 (本体 4,660 円) 送料 340 円 B6 版 本文 506 ページ

植物病理学研究に必要な用語について、植物病理学はもちろん、農薬、防除、生化学、分子生物学などについても取り上げ (約 6,800 語)、紛らわしい用語には簡単な説明を付けそれぞれを英和、和英に分けてアルファベット順に掲載し、また、付録には植物のウイルス、細菌、線虫の分類表を付した用語集です。植物病理学の専門家はもちろん広く植物防疫の関係者にとってご活用いただきたい用語集です。

お申し込みは前金 (現金書留・郵便振替) で直接本会までお申し込み下さい。