

# 摘 要

佐賀県の畑作地帯である上場地域ではジャガイモが主要作物として広く栽培されているが、既成畑、新規開発畑ともにジャガイモそうか病が蔓延して、その発生が深刻化しており、そのため栽培面積および生産量は年々減少傾向にある。このような状況のため、本病に対する防除技術の確立が現場から切望されていた。本研究はこのような実情を踏まえて、まず、当該地域におけるジャガイモそうか病の発生実態を明らかにして問題点を抽出し、防除技術を開発する上で最も重要となるそうか病の病原菌の種類について検討を行い、次いで本病の発生生態について調査し、それらの知見をもとに効果的な防除技術の開発を試みた。そして、これらの試験で得られた個別の技術を組み合わせた総合的な防除技術を組み立てることにより、本病の防除が可能であることを明らかにした。それら一連の研究結果は以下のように要約される。

## 1. 発生の概況

ジャガイモそうか病は佐賀県の畑作地帯である上場地域において地域全体に広く発生し、その程度も激しいことから、これが主な生産阻害要因となっていることが確認された。さらに、本病は青果用として一般に栽培されている畑だけではなく、採種畑においても多発している事例が多くみられた。なお、1980年代前半から作付けが増加してきた早掘り春作マルチ栽培においては本病の発生は少なく、実用上問題となるものではなかった。

## 2. 病原菌の形態と生理的性質および DNA 相同性による類別

ジャガイモそうか病罹病塊茎およびテンサイそうか病罹病塊根から分離され、ジャガイモにそうか病斑を形成する *Streptomyces* 属菌は孢子鎖の形態がらせん状の菌株群 (S 型菌) と直〜波状の菌株群 (RF 型菌) の 2 群に大別された。この 2 群の菌の生理的性質を調べたところ、両者間にはほとんどの調査項目に差異は認められなかった。そこで、各菌株から全 DNA を抽出して DNA-DNA 交雑を行い、菌株間の全 DNA の塩基配列の相同値を比較した結果、ジャガイモから分離された S 型菌、RF 型菌およびテンサイから分離された S 型菌、RF 型菌の各菌株間における DNA-DNA 相同値は 12~41% ときわめて低いことから、これらの菌はそれぞれ別種の菌と考えられた。従って、ジャガイモにそうか病を引き起こす病原菌として少な

くとも 4 種の *Streptomyces* 属菌の存在が明らかとなった。

## 3. 病原菌の分類学的所属

*Streptomyces scabies* および *Streptomyces acidiscabies* の type strain と、当該地域で発生しているジャガイモそうか病の病原 *Streptomyces* 属菌である S 型菌と RF 型菌とを比較したところ、形態、生理的性質および 16S リボソーム RNA 遺伝子の塩基配列の相同性の面から、S 型菌は *S. scabies*、RF 型菌は *S. acidiscabies* と同定された。Type strain と佐賀県で分離された菌株とは、生理的性質の一部および抗生物質感受性、さらには生育限界 pH について若干の差がみられたが、それぞれの 16S リボソーム RNA 遺伝子の塩基配列は完全に一致していた。また、*S. scabies* および *S. acidiscabies* の 2 種のそうか病菌は 16S リボソーム RNA 遺伝子の塩基配列に基づく系統樹の上で互いに離れたクラスターを形成したことから、系統的に離れた種であることが示された。

## 4. 病原性の簡易検定

病斑部から病原菌を分離して、その病原性を確認するための極めて簡便で短期間に病原性を検定する方法を開発し、これを「切断萌芽茎接種法」として提案した。本法は供試菌株のジャガイモに対する病原性の検定を室内で簡易に、また、7日間という極めて短期間のうちに、しかも、大量に行えるという利点があった。

## 5. 強酸性土壌における多発原因の解明

当該地域の強酸性土壌畑で多発している本病の罹病塊茎からは、孢子鎖の形態がらせん状の病原菌 *Streptomyces scabies* と直〜波状の病原菌 *Streptomyces acidiscabies* との 2 種が分離され、後者は高率に分離されたが、前者の分離率は低かった。この両型菌の pH に対する反応を *in vitro* で調べたところ、*S. scabies* は pH 4.5 以下では生育がみられなかったのに対して *S. acidiscabies* は pH 4.0 まで生育し、菌体中の ATP 生成の最適 pH は *S. scabies* の 6.0 に対して、*S. acidiscabies* では 5.0 であった。さらに、*S. acidiscabies* は pH 4.4 の強酸性土壌でも強い病原性を示した。

## 6. 種間も伝染とその制御

罹病塊茎を植え付けた場合に本病は激しく発生すること

が確認された。また、無病斑で見かけ上は健全と思われる種いもを植え付けた場合にも、土壌 pH が弱酸性～中性条件下の開墾直後の畑やクロルピクリン処理畑などでは激しく発病することを明らかにした。さらに、種いも伝染を防ぐための手段として種いもの消毒方法について検討し、効果的な手法を確立した。

#### 7. 土壌水分の調節による発病抑制

塊茎肥大初期の土壌が湿潤であると発病が少ないことを確認し、さらに、塊茎の肥大時期と灌水時期および灌水期間と発病との関係を検討して、効率的で実用的な発病抑制技術を確立した。また、土壌が中性～弱酸性条件下で病原菌の活動に好適な場合には灌水による発病抑制効果は不十分であったが、pH 5.5 程度以下の酸性土壌の場合には灌水による顕著な効果が認められた。

#### 8. 土壌伝染の制御

殺菌剤の土壌施用のみによる発病抑制効果は不安定で

あったが、塊茎肥大初期に灌水処理を併用することによって、その効果が向上することを明らかにした。

#### 9. ジャガイモそうか病の防除体系

以上のように、本病の防除対策を講じる場合、まず、種いもを経由した病原菌の土壌中への持ち込みを極力抑えることの重要性を指摘した。次いで、既に土壌中に病原菌が存在している既発生畑の場合には種いも消毒の他に土壌 pH および土壌水分の制御と、場合によっては殺菌剤の土壌施用を併用することによって十分に本病の発病抑制が可能であることを明らかにし、これまで難防除病害とされてきた本病に対しては個々の防除技術を組み合わせた総合的な対策が必要なことを実証した。なお、本研究で確立した防除技術については、すべて *Streptomyces scabies* に起因するそうか病を対象としたものであり、本研究の過程で当該地域に分布していることが明らかとなった *S. acidiscabies* によるジャガイモそうか病を対象とした防除技術についての検討は今後の課題として残されている。

## 謝 辞

本論文は九州大学農学部教授松山宣明博士（現在、東京農業大学）の御指導のもとに取りまとめたものである。終始懇切なる御指導と御鞭撻をいただいたことに対し謹んで感謝の意を表す。また、九州大学農学部教授高浪洋一博士、同助教授古屋成人博士には本論文を取りまとめるにあたり多大な御教示をいただいた。ここに深く謝意を表す。

本研究を実施するにあたり、放線菌に関する実験手法を御教示いただくとともに、終始有益な御教示と暖かい激励を賜った農業環境技術研究所宮下清貴博士（現在、農業生物資源研究所）、農業生物資源研究所鈴木孝仁博士（現在、生物系特定産業技術研究推進機構）、リボソーム RNA 遺伝子の塩基配列の解析に御助力をいただいた農業環境技術研究所斎藤明広博士、走査電子顕微鏡観察を御指導いただいた佐賀大学農学部教授田中欽二博士、有益な御助言を賜った元九州農業試験場孫工弥寿男博士、元長崎県総合農林試験場木村貞夫氏に深く謝意を表す。

また、北海道立北見農業試験場阿部秀夫博士（現在、北海道立道南農業試験場）、広島県立農業試験場後俊孝氏には貴重な菌株の分譲を賜り、佐賀大学前学長佐古宣道博士、佐賀大学農学部教授近藤栄造博士、九州東海大学農学部助教授吉田政博博士、農業生物資源研究所本村知樹博士、長崎県総合農林試験場坂口壮一氏、同松尾和敏博士、長崎県総合農林試験場愛野馬鈴薯支場植松勉博士（現在、農林水産航空協会）、同小川哲治氏、北海道立中央農業試

験場田中文夫博士、東京農工大学農学部助教授夏日雅裕博士、東京農業大学生物産業学部網走寒冷地農場吉田穂積博士、元佐賀県農業専門技術員室江頭泰之氏、元佐賀県農業試験場菅正道氏、佐賀県農業試験研究センター松崎正文氏、元佐賀県果樹試験場長貞松光男博士、佐賀県園芸課稲田稔氏の各位には有益な御助言と御鞭撻を賜るとともに、研究の実施および本論文の作成にあたって御助力をいただいた。ここに厚く御礼申し上げる。

本研究は佐賀県畑作試験場（現在、佐賀県上場営農センター）で行われたものであり、当時の場長宮地万吉氏、同鶴田英俊氏、同小柳芳郎氏、場長補佐小松正義氏には研究の実施にあたって多くの便宜を図っていただいた。また、甲木章氏、脇部秀彦氏、山下修司氏、石橋哲也氏、進藤幸広氏、坂口午和氏、松尾鈴子氏、広島亨氏、繁田守毅氏をはじめとする当時の佐賀県畑作試験場の各位からは多大の御協力と御助力をいただいた。現地調査にあたっては上場農業協同組合、唐津市農業協同組合、上場農業改良普及所、東松浦農業改良普及所および生産者各位の御支援をいただいた。ここに厚く感謝申し上げます。

さらに、佐賀大学名誉教授野中福次博士には本研究の開始当初から懇切な御指導を賜り、常に有益な御教示と暖かい御鞭撻をいただくとともに、本論文をまとめることをおすすめていただき、その作成に際しては草稿の綿密な御校閲を賜った。ここに心から拝謝する次第である。

## 引用文献

1. 阿部秀夫・石川治徳 (1979). てん菜そうか病の発生について. てん菜研会報 21 : 17-30.
2. Adams, M. J. and Lapwood, D. H. (1978). Studies on the lenticel development, surface microflora and infection by common scab (*Streptomyces scabies*) of potato tubers growing in wet and dry soils. Ann. appl. Biol. 90 : 335-343.
3. Adams, M. J. and Hide, G. A. (1981). Effects of common scab (*Streptomyces scabies*) on potatoes. Ann. Appl. Biol. 98 : 211-216.
4. Agrios, G. N. (1988). Environmental effect of infectious plant disease development, Effect of soil pH. In Plant Pathology, 3rd edition, Academic Press, San Diego, p. 152.
5. Aulakh, H. S., Straus, S. E. and Kwon-Chung, K. J. (1981). Genetic relatedness of *Filobasidiella neoformans* (*Cryptococcus neoformans*) and *Filobasidiella bacillispora* (*Cryptococcus bacillisporus*) as determined by deoxyribonucleic acid base composition and sequence homology studies. Int. J. Syst. Bacteriol. 31 : 97-104.
6. Babcock, M. J., Eckwall, E. C. and Schottel, J. L. (1993). Production and regulation of potato scab inducing phytotoxins by *Streptomyces scabies*. J. Gen. Microbiol. 139 : 1579-1586.
7. Barker, W. G. (1953). A method for the *in vitro* culturing of potato tuber. Science 18 : 384-385.
8. Barker, W. G. and Page, O. T. (1954). The induction of scab lesions on aseptic potato tubers cultured *in vitro*. Science 119 : 286-287.
9. Barth, P. T. and Grinter, N. J. (1975). Assay of deoxyribonucleic acid homology using a single strand specific nuclease at 75C. J. Bacteriol. 121 : 434-441.
10. Bonde, M. R. and McIntyre, G. A. (1968). Isolation and biology of a *Streptomyces* sp. causing potato scab in soils below pH 5.0. Am. Potato J. 45 : 273-278.
11. Breed, R. S., Murray, E. G. D. and Hitchens, A. P. (1948). Bergey's Manual of Determinative Bacteriology, 6th Ed. The Williams & Wilkins Co., Baltimore. pp. 892-980.
12. Brenner, D. J., Farmer III, J. J., Fanning, G. R., Steigerwalt, A. G., Klykken, P., Wathen, H. G., Hickman, F. W. and Ewing, W. H. (1978). Deoxyribonucleic acid relatedness of *Proteus* and *Providencia* species. Int. J. Syst. Bacteriol. 28 : 269-282.
13. Buchanan, R. E. and Gibbons, N. E. (1974). Bergey's Manual of Determinative Bacteriology, 8th ed., The Williams & Wilkins Co., Baltimore. p. 827.
14. Cairns, H., Greeves, T. N. and Muskett, A. E. (1936). The control of common scab of the potato by tuber disinfection. Ann. appl. Biol. 23 : 718-742.
15. Catalogue of strains 15th Ed. (1982). American Type Culture Collection, Rockvill.
16. Conn, K. L., Leci, E., 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.
17. Corbaz, R. (1964). Etude des streptomycetes provoquant la gale commune de la pomme de terre. Phytopathol. Z. 51 : 351-360.
18. Coykendall, A. L. and Munzenmaier, A. J. (1978). Deoxyribonucleic acid base sequence studies on glucan-producing and glucan-negative strains of *Streptococcus mitior*. Int. J. Syst. Bacteriol. 28 : 511-515.
19. Crosa, J. H., Williams, B. L., Jorgensen, J. J. and Evans, C. A. (1979). Comparative study of deoxyribonucleic acid homology and physiological characteristics of strains of *Peptococcus saccharolyticus*. Int. J. Syst. Bacteriol. 29 : 328-332.
20. Davis, J. R., McMaster, G. M., Callihan, R. H., Garner, J. G. and McDole, R. E. (1974). The relationship of irrigation timing and soil treatments to control potato scab. Phytopathology 64 : 1404-1410.
21. Davis, 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.
22. Davis, J. R., McMaster, G. M., Callihan, R. H., Nissley, F. H. and Pavec, J. J. (1976). Influence of soil moisture and fungicide treatment on common scab and mineral content of potatoes. Phytopathology 66 : 228-233.

23. Davis, R. J., McDole, R. H. and Callihan (1976). Fertilizer effects on common scab of potato and the relation of calcium and phosphate-phosphorus. *Phytopathology* 66 : 1236-1241.
24. Dey, S. K. and Singh. N. (1983). Studies on variability of seven isolates of *Streptomyces* spp. causing common scab of potato in the Punjab (India). *Phytopath. mediterr.* 22 : 59-64.
25. DoDson, M. S., Mangan, J. and Watson, S. W. (1983). Comparison of deoxyribonucleic acid homologies of six strains of ammonia-oxidizing bacteria. *Int. J. Syst. Bacteriol.* 33 : 521-524.
26. Doering-Saad, C., Kampfer, P., Manulis, S., Kritzman, G., Schneider, J., Zakrzewska-Czerwinska, J., Schrempf, H. and Barash, I. (1992). Diversity among *Streptomyces* strains causing potato scab. *Appl. Environ. Microbiol.* 58 : 3932-3940.
27. Duff, G. H. and Welch, C. G. (1927). Sulphur as a control agent for common scab of potato. *Phytopathology* 17 : 297-314.
28. Elesawy, A. A. and Szabó, I. 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. Sci. Hung.* 26 : 311-320.
29. Engelhard, A. W. (1989). Management of diseases with macro- and microelements; Management of common scab of potato with plant nutrients (Anthony, P. *et al.* eds.). APS Press, Minnesota. pp. 152-166.
30. Faucher, E., Savard, T. and Beaulieu, C. (1992). Characterization of actinomycetes isolated from common scab lesions on potato tubers. *Can. J. Plant Pathol.* 14 : 197-202.
31. Fellows, H. (1926). Relation of growth in the potato tuber to the potato scab disease. *J. Agric. Res.* 32 : 757-781.
32. 船越建明・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.
33. 船越建明・松浦謙吉 (1983). バレイショそうか病の耕種的防除法に関する研究. 第2報 完肥と硫黄華の併用による発病抑制効果. 広島農試報告 64 : 63-70.
34. 藤田耕朗・村上正雄 (1981). ジャガイモそうか病に対する防除薬剤. 関東東山病虫研究会報 28 : 37.
35. Gerhardt, P., Murray, R. G. E., Wood, W. A. and Krieg, N. R. (1994). Methods for general and molecular bacteriology American Society of Microbiology : 690-692.
36. Gillespie, J. I. (1918). The growth of the potato scab organism at various hydrogen ion concentrations as related to the comparative freedom of acid soils from the potato scab. *Phytopathology* 8 : 257-269.
37. 後藤正夫 (1981). 新植物細菌病学. ソフトサイエンス社, 東京. pp. 35-36.
38. 後藤正夫 (1990). 3. 原核生物の分類. 植物細菌病学概論. 養賢堂. 東京. pp. 27-45.
39. 後藤孝男・中村吉秀 (1993). 植物性有機物によるジャガイモそうか病の防除. 日植病報 59 : 720-721(講要).
40. Goyer, C., Faucher, E. and Beaulieu, C. (1996). *Streptomyces caviscabies* sp. nov., from deep-pitted lesions in potato in Quebec, Canada. *Int. J. Syst. Bacteriol.* 46 : 635-639.
41. Goyer, C., Otrysko, B. and Beaulieu, C. (1996). Taxonomic studies on streptomycetes causing potato common scab : A review. *Can. J. Plant Pathol.* 18 : 107-113.
42. Goyer, C. and Beaulieu, C. (1997). Host range of streptomycete strains causing common scab. *Plant Dis.* 81 : 901-904.
43. Güssow, H. T. (1914). The systematic position of the organism of the common potato scab. *Science N. S.* 39 : 431-433.
44. Harrison, M. D. (1962). Potato russet scab, its cause and factors affecting its development. *Am. Potato J.* 39 : 368-387.
45. Hayashida, S., Uematsu, T. Choi, M. and Nannri, N. (1988) Control of potato common scab by antibiotic biofertilizer produced from swinefeces containing *Streptomyces albidoflavus* CH-33. 5th Int. Cong. Pl. Pathol., Kyoto, Abstr. Papers : 92.
46. Healy, F. G. and Lambert, D. H. (1991). Relationships among *Streptomyces* spp. causing potato scab. *Int. J. Syst. Bacteriol.* 41 : 479-482.
47. 平石 明 (1995). PCRを利用した16S rRNA遺伝子の解析と系統研究-1 16S rDNAの増幅と制限酵素断片解析. 日本微生物生態学会報 10 : 31-42.
48. Hoffmann, G. M. (1958). Untersuchungen zur aetiologie pflanzlicher actinomycosen. *Phytopathol. Z.* 34 : 1-56.
49. Hooker, W. J. and Kent, G. C. (1946). Infection

- studies with *Actinomyces scabies*. *Phytopathology* 36 : 388-389.
50. Hooker, W. J., Sass, J. E. and Kent, G. C. (1950). Stem necrosis of potatoes caused by *Streptomyces scabies*. *Phytopathology* 40 : 464-476.
  51. Hooker, W. J. & Kent, G. C. (1950). Sulfur and certain soil amendments for potato scab control in the peat soils of northern Iowa. *Am. potato J.* 27 : 343-365.
  52. Hooker, W. J. (1981). Common scab. *In* Compendium of Potato Diseases (Hooker, W. J. ed.). American Phytopathological Society, St. Paul. Minnesota pp. 33-34.
  53. Horsfall, J. G., Hollis, J. P. and Jacobson, H. G. M. (1954). Calcium and potato scab. *Phytopathology* 44 : 19-24.
  54. Houghland, G. V. C. and Cash, L. C. (1956). Some physiological aspects of the potato scab problem. I. Acidity and aluminium. *Am. Potato J.* 33 : 86-91.
  55. Hughes, C., McCrum, R. C. and Manzer, F. E. (1971). Protein and esterase electrophoretic patterns of *Streptomyces* spp. isolated from Maine potatoes. *Am. Potato J.* 48 : 206-213.
  56. 池田一徹・小柳芳郎・木原唯幸・田中茂雄 (1974). おんじゃくの改良に関する研究 (第1報) おんじゃくの理化学性とその改良試験. *九農研* 36 : 167-169.
  57. JIS色票委員会監修 (1985). JIS Z 8271 準拠標準色票. 財団法人日本規格協会, 東京.
  58. Johnson, J. L. (1973). Use of nucleic acid homologies in the taxonomy of anaerobic bacteria. *Int. J. Syst. Bacteriol.* 23 : 308-315.
  59. Jones, L. R., McKinney H. H. and Fellows, H. (1922). Influence of soil temperature on potato scab. *Wis. Agr. Exp. Sta. Res. Bul.* 53 : 1-40.
  60. Kataoka, M., Ueda, K., Kudo, T., Seki, T. and Yoshida, T. (1997). Application of the variable region in 16S rDNA to create an index for species identification in the genus *Streptomyces*. *FEMS Microbiology Letters* 151 : 249-255.
  61. 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 : 554-559.
  62. 木村貞夫 (1981). 放線菌病研究の現状と今後の課題. *植物防疫* 35 : 115-118.
  63. 木村貞夫 (1984). IV. 種々の病原の分離と同定 放線菌. 新版土壤病害の手引き (「新版土壤病害の手引」編集委員会編.) 日本植物防疫協会. 東京. pp. 71-74.
  64. 木村貞夫 (1985). ジャガイモそうか病の現状と問題点 (九州). 放線菌の分類と特性研究会資料. 農業環境技術研究所編 : 53-61.
  65. King, R. R., Lawrence, C. H., Clark, M. C. and Calhoun, L. A. (1989). Isolation and characterization of phytotoxins associated with *Streptomyces scabies*. *Chem. Commun.* 13 : 849-850.
  66. 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.
  67. King, R. R., Lawrence, C. H. and Calhoun, L. A. (1992). Chemistry of phytotoxins associated with *Streptomyces scabies*, the causal organism of potato common scab. *J. Agric. Food Chem.* 40 : 834-837.
  68. Krasil'nikov, N. A., Korenyako, A. I., Shneider, Yu. I. and Khashkhozhev, A. Kh. (1970). Novye vidy aktinomisetov-vozbuditelei parshi kartofelya, *Mikol. Fitopatol.* 4 : 430-435.
  69. Krintzman, G. and Grinstein, A. (1991). Formalin application against soil borne streptomyces. *Phytoparasitica* 19 : 248.
  70. 九州農政局 (1985). 営農技術確立調査 (新墾畑土壌熟化調査) 湊地区報告書.
  71. Labeda, D. P. (1992). DNA-DNA hybridization in the systematics of *Streptomyces*. *Gene.* 115 : 249-253.
  72. Lambert, D. H. and Loria, R. (1989). *Streptomyces scabies* sp. nov., nom. rev. *Int. J. Syst. Bacteriol.* 39 : 387-392.
  73. Lambert, D. H. and Loria, R. (1989). *Streptomyces acidiscabies* sp. nov. *Int. J. Syst. Bacteriol.* 39 : 393-396.
  74. Lapwood, D. H. and Dyson, P. W. (1966). An effect of nitrogen on the formation of potato tubers and the incidence of common scab (*Streptomyces scabies*). *Pl. Path.* 15 : 9-14.
  75. Lapwood, D. H. (1966). The effects of soil moisture at the time potato tubers are forming on the incidence of common scab (*Streptomyces scabies*). *Ann. appl. Biol.* 58 : 447-456.
  76. 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.
  77. Lapwood, D. H. and Hering, T. F. (1970). Soil moisture and the infection of young potato tubers by *Streptomyces scabies* (common scab). *Potato Res.* 13 : 296-304.

78. Lapwood, D. H. (1972). The relative importance of weather, soil and seed borne inoculum in determining the incidence of common scab (*Streptomyces scabies*) in potato crops. *Pl. Path.* 21 : 105-108.
79. Lapwood, D. H. and Adams, M. J. (1973). The effect of a few days of rain on the distribution of common scab (*Streptomyces scabies*) on young potato tubers. *Ann. appl. Biol.* 73 : 277-283.
80. Lapwood, D. H. and Adams, M. J. (1975). Biology and control of soil-borne plant pathogens. The American Phytopathological Society, St. Paul, Minnesota : 123-129.
81. Lawrence, C. H. (1956). A method of isolating actinomycetes from scabby potato tissue and soil with minimal contamination. *Can. J. Bot.* 34 : 44-47.
82. Lawrence, C. H. and Barker. (1963). Pathogenicity of *Streptomyces scabies* on potato tubers cultured in vitro. *Nature* 199 : 509-510.
83. Lawrence, C. H., Clark, M. C and King, R. R. (1990). Introduction of common scab symptoms in aseptically cultured potato tubers by the vivotoxin, thaxtomin. *Phytopathology* 80 : 606-608.
84. Leach, J. G., Decker, P. and Becker, H. (1939). Pathogenic races of *Actinomyces scabies* in relation to scab resistance. *Phytopathology* 29 : 204-209.
85. Lechevalier, M. P. and Lechevalier, H. A. (1970). Chemical composition as a criterion in the classification of aerobic actinomycetes. *Int. J. Syst. Bacteriol.* 20 : 435-443.
86. Lewis, B. G. (1970). Effect of water potential on the infection of potato tubers by *Streptomyces scabies* in soil. *Ann. appl. Biol.* 66 : 83-88.
87. 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.
88. Lorang, J. M., Anderson, N. A., Lauer, F. I. and Wildum, D. K. (1989). Disease decline in a Minnesota scab plot. *Am. Potato J.* 66 : 531.
89. Lorang, J. M., Liu, D., Anderson, N. A. and Schottel, J. L. (1995). Identification of potato scab inducing and suppressive species of *Streptomyces*. *Phytopathology*. 85 : 261-268.
90. Loria, M. and Kempter, B. A. (1986). Relative resistance of potato tubers produced from stem cuttings and seed piece propagated plant to *Streptomyces scabies*. *Plant Dis.* 70 : 1146-1148.
91. Loria, R., Kempter, B. A. and Jamieson, A. A. (1986). Characterization of *Streptomyces* spp. causing potato scab in the Northeast. *Am. Potato J.* 63 : 440.
92. Loria, R., Bukhalid, R. A., Creath, R. A., Leiner, R. H., Olivier, M. and Steffens, J. C. (1995). Differential production of thaxtomins by pathogenic *Streptomyces* species *in vitro*. *Phytopathology* 85 : 537-541.
93. Loria, R., Bukhalid, R. A., Fry, B. A. and King, R. R. (1997). Plant pathogenicity in the genus *Streptomyces*. *Plant Dis.* 81 : 836-846.
94. Lutman. (1923). Potato scab in new land. *Phytopathology* 13 : 241-244.
95. Mcintosh, A. H., Bateman, G. K., 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.
96. 牧野孝宏 (1980). 静岡県におけるジャガイモそうか病, 粉状そうか病対策の現状. *植物防疫* 34 : 160-163.
97. Maniatis, T., Jeffrey, A. and Kleid, D. G. (1975). Nucleotide sequence the rightward operator of phage  $\lambda$ . *Proc. Natl. Acad. Sci. USA.* 72 : 1184-1188.
98. Manzer, F. E., McIntyre, G. A. and Merriam, D. C. (1977). A new potato scab problem in Maine. *Maine Life Sci. Agric. Stn. Bull.* 85 : 1-24.
99. Marmur, J. (1961). A procedure for the isolation of deoxyribonucleic acid from microorganism. *J. Mol. Biol.* 3 : 208-218.
100. Martin, W. H. (1920). The relation of sulphur to soil acidity and to the control of potato scab. *Soil Sci.* 9 : 393-408.
101. Martin, W. H. (1921). Comparison of inoculated and uninoculated sulphur for the control of potato scab. *Soil Sci.* 11 : 75-84.
102. Martin, W. H. (1921). Influence of soil moisture and acidity on the development of potato scab. *Soil Sci.* 16 : 69-73.
103. 松本和夫 (1979). ジャガイモそうか病菌の孢子形成培地と菌の長期保存法. *植物防疫* 33 : 461-463.
104. 松尾和敏・泉 省吾・田淵尚一 (1987). バレイショそうか病に対する抵抗性の品質間差異と春・秋作間の発生様相. *九農研* 49 : 69.
105. 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.
106. Menzies, J. D. (1959). Occurrence and transfer of a biological factor in soil that suppresses potato scab. *Phytopathology* 49 : 648-652.
107. Millard, W. A. and Sydney Burr. (1927). A study of twenty-four strains of *Actinomyces* and their relation to types of common scab of potato. *Ann. appl. Biology*. 13 : 580-644.
108. 宮島邦之・田中文夫 (1994). 高タンパク質資材の土壤施用によるジャガイモそうか病防除効果. *日植病報* 60 : 796 (講要).
109. 宮島邦之・田中文夫・阿部秀夫・相馬 潤 (1995). 施用量・位置を異にする高タンパク質資材のジャガイモそうか病抑制効果. *日植病報* 61 : 648 (講要).
110. Miyajima, K., Tanaka, F., Takeuchi, T. and Kuninaga, S. (1998). *Streptomyces turgidiscabies* sp. nov. *Int. J. Syst. Bacteriol.* 48 : 495-502.
111. Miyashita, K., Mikami, Y. and Arai, T. (1984). Alkalophilic actinomycete, *Nocardioopsis dassonvillei* subsp. *prasina* subsp. nov., isolated from soil. *Int. J. Syst. Bacteriol.* 34 : 405-409.
112. 宮下清貴 (1987). 放線菌の分類研究の現状と問題点. *植物防疫* 41 : 225-230.
113. 水澤芳次郎 (1935). 馬鈴薯の瘡痂病に就いて(2). *農及園* 5 : 1511-1522.
114. 水野直治・吉田穂積 (1994). 土壤 pH, 置換酸度 y1 とバレイショそうか病との相互関係. *土肥誌* 65 : 27-33.
115. 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.
116. 水野直治・吉田穂積・牛木 純・但野利秋 (1997). アロフェン質黒ボク土におけるジャガイモそうか病発生に対する施肥法の影響. *土肥誌* 68 : 686-689.
117. Morse, W. J. (1912). Does the potato-scab organism survive passage through the digestive tract of domestic animals?. *Phytopathology* 2 : 146.
118. Mortvedt, J. J., Fleischfresser, M, H. K, C. Berger, and H, M. Darling, (1961). The relation of soluble manganese to the incidence of common scab in potatoes. *Am. Potato J.* 38 : 95-100.
119. Muncie, J. H., Moore, H, C. Tyson, J. and E, J. Wheeler, (1944). The effect of sulphur and acid fertilizer on incidence of potato scab. *Am. Potato J.* 21 : 293-304.
120. Natsume, M., Ryu, R. and Abe. H. (1996). Production of phytotoxins, concanamycins A and B by *Streptomyces* spp.. *Ann. Phytopathol. Soc. Jpn.* 62 : 411-413.
121. Natsume, M., Yamada, A., Tashiro, N. and Abe, H. (1998). Differential production of the phytotoxins thaxtomin A and concanamycins A and B by potato common scab-causing *Streptomyces* spp.. *Ann. Phytopathol. Soc. Jpn.* 64 : 202-204.
122. Ndwora, T. C. R., Kinkel, L. L., Jones, R. K. and Anderson, N. A. (1996). Fatty acid analysis of pathogenic and suppressive strains of *Streptomyces* species isolated in Minnesota. *Phytopathology* 86 : 138-143.
123. 賛田裕行・林 宣夫 (1982). ジャガイモそうか病防除試験. *関東東山病虫研会報* 29 : 44.
124. 日本放線菌研究会編 (1985). 放線菌の同定実験法. 日本放線菌研究会事務局. 東京. 344 pp.
125. 西脇由恵・秋野聖之・生越 明 (1996). ジャガイモそうか病土壤に存在するアクチノファージの宿主選択性. *土と微生物* 47 : 45-50.
126. 西山雅也 (1998). 土壤微生物の分類と分子系統. 新・土の微生物(3)遺伝子と土壤微生物. (土壤微生物研究会編). 博友社. 東京. pp. 5-28.
127. Ogiso, H., Akino, S. and Ogoshi, A. (1999). Identification of two types of actinophages parasitic to potato common scab pathogens in Hokkaido, Japan. *Soil Microorganisms* 53 : 37-43.
128. 大畑貫一 (1985). 放線菌研究の現状と今後の課題. *農林水産技術研究ジャーナル* 8 : 8-13.
129. Oswald, J. W. and Lorenz, O. A. (1956). Soybeans as a green manure cop for the prevention of potato scab. *Phytopathology* 46 : 22 (Abstract).
130. 小柳津広志 (1992). 16S リボソーム RNA の塩基配列による細菌の同定と細菌相の分析. *微生物の生態-18* (日本微生物生態学会編). 学会出版センター. 東京. pp. 51-60.
131. Pridham, T. G. and Gottlieb, D. (1948). The utilization of carbon compounds by some Actinomycetales as an aid for species determination. *J. Bacteriol.* 56 : 107-114.
132. Rich, A. E. (1983). Potato scab. *In* *Potato Diseases*. Academic Press, New York. pp. 14-18.
133. Saitou, N. and Nei, M. (1987). The neighbor joining



- method, a new method for reconstructing phylogenetic trees. *Molecular and Biological Evolution* 4 : 406-425.
134. 坂口壮一・豊村 順・松原徳行 (1982). 夏季, ほ場のビニール被覆によるジャガイモそうか病ならびに青枯病発生防止効果. 九病虫研会報 28 : 34-36.
135. Sanford, G. B. (1923). The relation of soil moisture to the development of common scab of potato. *Pyhtopathology* 13 : 231-236.
136. Sanford, G. B. (1926). Some factors affecting the pathogenicity of *Actinomyces scabies*. *Pyhtopathology* 16 : 525-547.
137. 澤田宏之 (1994). *Agrobacterium* 属細菌の系統および分類に関する研究. 果樹試特報 5 : 1-110.
138. 沢田和也・西田康一・宮下清貴・木村龍介・浜田龍之介 (1995). 日本各地から分離されたジャガイモそうか病菌の多様性. 土肥誌 66 : 599-608.
139. 澤田直登・岩村辛雄・清水 徹・林 英生 (1992). PCR 法による細菌リボソーム RNA 遺伝子を指標とした検出・同定の試み. 日本細菌学雑誌 47 : 607-616.
140. Schaal, L. A. (1946). Seed and soil treatment for the control of potato scab. *Am. Potato J.* 23 : 163-170.
141. Shapovalov, M. (1915). Effect of temperature on germination and growth of the common potato scab. *Jour. Agr. Res.* 4 : 129-133.
142. 篠田辰彦・太田 庸・飯田 格・君ヶ袋尚志 (1979). 開墾地土壌および既耕地土壌から採種した微生物の植物病原菌に対する拮抗作用. 日植病報 45 : 478-483.
143. Shirling, E. B. and Gottlieb, D. (1966). Methods for characterization of *Streptomyces* species. *Int. J. Syst. Bacteriol.* 16 : 313-340.
144. Skerman, V. B. D., McGowan, V. and Sneath, P. H. A. (1980). Approved list of bacterial names. *Int. J. Syst.* 30 : 225-420.
145. 孫工弥寿雄・喜多孝一 (1976). 水利用による土壌病害防除に関する研究 2. ジャガイモそうか病の病土に対する土壌水分調節と発病防止効果. 日植病報 42 : 337 (講要).
146. 孫工弥寿雄・喜多孝一 (1977). ジャガイモそうか病菌の接種条件と発病. 日植病報 43 : 117 (講要).
147. 孫工弥寿雄・喜多孝一 (1977). ジャガイモそうか病の病土に対するかんがい調節時期, 調節深と防除効果. 九病虫研会報 23 : 64-65.
148. 早田隆典・矢野文夫 (1984). ばれいしょ畑土壌の微生物相に及ぼす有機物施用および陽熱処理の影響. 長崎総農林試研報 (農業部門) 12 : 59-70.
149. 鈴木孝仁 (1985). 放線菌による病害発生の実態と問題点. 農林水産研究ジャーナル 8(9) : 19-25.
150. 鈴木孝仁 (1992). 第 5 章土壌伝染性病原菌の計数, 分離, 同定そうか病菌. 新編土壌微生物実験法 (土壌微生物研究会編). 養賢堂. 東京. pp. 117-120.
151. 鈴木 敦・谷井昭夫・酒井隆太郎・美濃羊輔 (1985). 北海道におけるジャガイモそうか病菌について. 日植病報 51 : 345-346 (講要).
152. 高橋賢司・梅村芳樹・佐藤章夫・加藤雅康 (1995). ジャガイモそうか病抵抗性の簡易検定法 2. 人工汚染土および萌芽茎への接種による検定. 北日本病虫研報 46 : 63-67.
153. 高橋賢司・佐藤章夫・中尾 敬・小原明子・梅村芳樹 (1996). ジャガイモそうか病の病斑型の決定要因と塊茎品質に及ぼす影響. 日植病報 51 : 345-346 (講要).
154. Takeuchi, T., Sawada, H., Tanaka, F. and Matsuda, I. (1996). Phylogenetic analysis of *Streptomyces* spp. causing potato scab based on 16 S rRNA sequences. *Int. J. Syst. Bacteriol.* 46 : 476-479.
155. 竹内晴信 (1997). 畑地かんがいによるジャガイモそうか病の被害軽減対策. 北海道立農試集報 73 : 11-16.
156. Takumi, T., Fujiwake, H. and Kurachi, Y. (1997). A dye terminator method for automated DNA sequencing using four fluorescent dideoxynucleosides and thermal cycling. *Analytical Sciences* 13 : 735-739.
157. 田村 元・竹内晴信・田中文夫 (1997). ジャガイモそうか病に対する土壌酸度調節資材の抑制効果と残効性. 北海道立農試集報 73 : 57-62.
158. 田中文夫・竹内 徹・宮島邦之 (1997). PCR によるジャガイモそうか病菌の識別. 日植病報 63 : 528-529 (講要).
159. 谷井昭夫 (1984). 北海道におけるジャガイモ黒あし病に関する研究. 北海道立農試報 45 : 1-104.
160. 谷井昭夫 (1985). ジャガイモそうか病の現状と問題点—特に北海道における研究および防除の現状と問題点について—. 放線菌の分類と特性研究会資料. 農業環境技術研究所. pp. 31-52.
161. Tanii, A., Takeuchi, T. and Horita, H. (1988). Bio-control of scab, black scurf and soft rot of potato by seed tuber bacterizations, 5th Int. Cong. Pl. Pathol. Kyoto., Abstr. Papers, p 170.
162. 谷井昭夫・上野末秋・道場啄也・田中文夫 (1992). 土壌 pH および土壌水分調整によるジャガイモそうか病の防除. 日植病報 58 : 593-594.

163. 田代暢哉・山本平三・松尾良満 (1982). ジャガイモ  
そうか病の発病経過と灌水による防除. 九病虫研会報  
28 : 36-40.
164. 田代暢哉・松尾良満・角 博 (1983). 佐賀県上場地  
域におけるジャガイモそうか病の発生実態と発生に及ぼ  
す要因. 九病虫研会報 29 : 18-21.
165. 田代暢哉・松尾良満・角 博 (1985). ジャガイモそ  
うか病の発生に及ぼす土壌水分, 土壌 pH および薬剤処  
理の影響. 九病虫研会報 31 : 27-29.
166. 田代暢哉・松尾良満 (1986). ジャガイモそうか病の  
種いも伝染による発生と種いも伝染に及ぼす土壌消毒お  
よび種いも消毒の影響. 九病虫研会報 32 : 24-27.
167. Tashiro, N., Miyashita, K. and Suzui, T. (1990).  
Taxonomic studies on the *Streptomyces* species, Iso-  
lated as causal organisms of potato common scab.  
Ann. Phytopathol. Soc. Japan 56 : 73-82.
168. 田代暢哉・宮下清貴・松尾良満 (1999). 強酸性土壌  
におけるジャガイモそうか病の多発生とそれに関与する  
*Streptomyces* 属菌. 日植病報 65 : 197-203.
169. 田代暢哉 (1999). ジャガイモ萌芽茎を利用したジャ  
ガイモそうか病を引き起こす病原 *Streptomyces* 属菌の  
簡易検定法. 日植病報 65 : 211-215.
170. Thaxter, R. (1891). The potato scab. Conn. Agric.  
Exp. Stn. Rep. 14 : 81-94.
171. Thomas, W. D. (1947). Growth and variation of six  
physiologic races of *Actinomyces scabies* on different  
culture media. Phytopathology 37 : 319-331.
172. 鶴内孝之・陣野久好 (1984). ジャガイモ短期輪作に  
関する研究 1. 輪作年数と収量およびそうか病との関係.  
長崎総農林試研報 12 : 11-17.
173. 植松 勉・片山克己 (1990). ジャガイモの連作下  
におけるそうか病の発生生態と防除対策. 長崎総農林試研  
報 18 : 61-115.
174. Waksman, S. A. and Fred, E. B. (1922). A tentative  
outline of the plate method for determining the num-  
ber of microorganisms in the soil. Soil Sci. 14 : 27-28.
175. Waksman, S. A. (1922). The influence of soil reac-  
tion upon the growth of actinomyces causing potato  
scab. Soil Sci. 14 : 61-79.
176. Waksman, S. A. and Henrici, A. T. (1943). The  
nomenclature and classification of the Actinomycetes.  
J. bact. 46 : 337-341.
177. Waksman, S. A. (1961). Pathogenic properties of  
Actinomycetes. In The Actinomycetes, Ronald Press,  
New York, pp. 232-237.
178. Waksman, S. A. (1961). The Actinomycetes, Vol. 2.  
The Williams & Wilkins Co., Baltimore. pp. 274-275.
179. Watanabe, K., Furumai, T., Sudoh, M., Yokose, K.  
and Maruyama, H. B. (1984). New  $\alpha$  amylase in-  
hibitor, trestatins. Taxonomy of the producing strains  
and fermentation of trestatin A. J. Antibiotics. 37 :  
479-486.
180. 渡辺文吉郎・鮫島常喜・井上 平・坂口壮一 (1973).  
パレイショそうか病に対する畑地かんがいの効果. 九病  
虫研会報 19 : 25-26.
181. Weinhold, A. R., Oswald, J. W., Bowman, T.,  
Bishop, J. and Wright, D. (1964). Influence of green  
manures and crop rotation on common scab of potato.  
Amer. Potato J. 41 : 265-273.
182. Weinhold, A. R. and Bowman, T. (1964). Influence  
of substrate on activity of a bacterium antagonistic to  
*Streptomyces scabies*. Phytopathology 55 : 126.
183. Weinhold, A. R. and Bowman, T. (1968). Selective  
inhibition of the potato scab pathogen by antagonistic  
bacteria and substrate influence on antibiotic produc-  
tion. Plant and soil 28 : 12-24.
184. Weinhold, A. W. (1970). Significance of populations  
of major plant pathogens in soil : bacteria including  
*Streptomyces*. In Root diseases and soil-borne path-  
ogens (Toussoun, T. A., Bega, R. V. and Nelson, P. E.  
eds.), University of California Press, Berkeley and Los  
Angeles, pp. 22-24.
185. Williams, S. T., Goodfellow, M., Alderson, G.,  
Wellington, E. M. H., Sneath, P. H. A. and Sackin, M.  
J. (1983a). Numerical classification of *Streptomyces*  
and related genera. J. Gen. Microbiol. 129 : 1743-1813.
186. Williams, S. T., Goodfellow, M., Wellington, E. M.  
H., Vickers, J. C., Alderson, G., Sneath, P. H. A.,  
Sackin, M. J. and Mortimer, A. M. (1983b). A probab-  
ility matrix for identification of some *Streptomyces*.  
J. Gen. Microbiol. 129 : 1815-1830.
187. 山田憲一・神納 浄・高木 広 (1986). 太陽熱利用  
によるジャガイモそうか病の防除. 関西病虫研報 28 :  
45.
188. 矢野文夫・永尾嘉孝・早田隆典 (1982). ばれいしょ  
連作栽培の畑土壌について. 長崎総農林試研報 (農業部  
門) 10 : 35-42.
189. 吉田穂積・山田武志・水野直治 (1994). ジャガイモ  
そうか病の発生における土壌の交換性アルミニウムと可  
溶性ケイ酸の影響. 日植病報 60 : 630-635.

## Summary

At upland farming area located in Uwaba district in Saga Prefecture, potatoes have been cultivated in wide areas as a main crop. Potato scab, a major disease of the plant, is observed over all areas in both of new reclaimed and long term cultivated fields. As the damage caused by potato scab had become severer with years, growing area and productivity of potato have decreased gradually in recent years. From this situation, the establishment of control method for potato scab had been required. The following subjects were studied for the purpose of clarification of the problems.

### 1. Occurrence of potato scab in field

Surveys in potato fields were conducted to clarify the true facts of occurrence of potato scab. As potato scab is widespread with very serious damage at Uwaba district, it was confirmed that scab disease is one of the limiting factors of potato production in this district. Potato scab occurs not only on fresh eating tubers but also on seed tubers, in spring and fall cropping. In early spring cropping, on the other hand, scab disease slightly occurred by culturing with polyethylene film mulching. The degree of infectivity and severity of the scab varied depending on the sampling plots in a field.

### 2. Morphology, physiological characteristics and DNA homology of *Streptomyces* spp. causing potato scab disease

Taxonomic studies were made on *Streptomyces* species, causal organisms of potato scab, isolated from lesions of potato tubers and sugar beet roots in Japan. They were divided into two groups based on the spore chain morphology : spiral spore chain isolates (SI) group and rectiflexibile spore chain isolates (RFI) one. Although the two groups did not significantly differ each other in the physiological and biochemical characteristics, DNA homology study further divided them into four distinct groups : SI from potato, RFI from potato, SI from sugar beet, and RFI from sugar beet. Because of the low DNA homology values among the four groups, they should be considered as separate species. Present

study confirmed that the potato scab is caused by at least four genetically distinct species of *Streptomyces*.

### 3. Identification of *Streptomyces* spp. causing potato scab disease

*Streptomyces* spp. causing potato scab disease at Uwaba district in Saga Prefecture were identified as *S. scabies* and *S. acidiscabies*, according to morphology, physiological characteristics and the partial 16S rRNA sequence. Based on the phylogenetic analysis, it was showed that *S. acidiscabies*, which causes acid scab, is clearly separated from the major potato scab pathogen, *S. scabies*, which causes common scab.

### 4. Simple method for assessment of the pathogenicity of *Streptomyces* spp. causing potato scab disease

Using etiolated potato sproutings, the pathogenicity of *Streptomyces* spp. causing potato scab disease was simply assessed. The cut sproutings (6-8 cm long) were wrapped individually with a piece of tissue paper containing a concentrated spore suspension of the isolate with different pathogenicity. After keeping for 7 days at 25°C and high humidity in the dark, the sproutings were examined for necrotic and raised lesion formations. The pathogenicity of the isolates examined by this simple method completely coincided with that assessed by the conventional soil inoculation method.

### 5. Severe incidence of potato scab in highly acidic soils and its causal *Streptomyces* sp.

The existence of the causal agent of potato scab in high acid soils having a pH as high as 4.4 was confirmed in Japan. A five years survey of potato fields in the Uwaba district revealed the occurrence of potato scab disease in highly acidic soils with pH values of less than 5.2. A pathogenic *Streptomyces* sp. forming rectiflexibile spore chains identified as *Streptomyces acidiscabies* was isolated in high frequency from scab lesions of potato tubers grown in highly acidic soil. On the other hand, a pathogenic *Streptomyces* sp. forming spiral spore chains identified as *Streptomyces scabies* was isolated in low

frequency from the same tubers. *S. scabies* could not grow on acidic media with pH values of less than 4.5, however, *S. acidiscabies* could grow on acidic media with a pH value of 4.0. The optimum pH values for ATP production of *S. scabies* and *S. acidiscabies* were 6.0 and 5.0, respectively. Severe pathogenicity of *S. acidiscabies* was observed in soil with a pH value of 4.4 in the field inoculation test.

#### **6. Tuber-borne of scab disease and its control**

Test carried out over a period of 7 years (9 cropping) indicated the existence of tuber-borne infection in scab of potatoes. When seed tubers in which more than 6% of the surface area was affected with scab were planted, the scab incidence in progeny tubers was very high. When seed tubers in which less than 5% of the surface area was affected with scab were planted, the scab incidence was very low and comparable to that when seed tubers devoid of lesions were planted. However in fields disinfected with chloropicrin, although seed tubers in which 5% of surface area affected and seed tuber without lesions were planted, a severe incidence of the disease was observed. In non-infected fields, the application of copper compounds and streptomycin was effective for control of scab, while in fields which had been disinfected the effect of the application decreased.

#### **7. Control by watering for maintaining the soil moisture during tuber formation**

By successive observations of the development of

potato scab caused by *Streptomyces scabies* in the field, it was found that the infection period of the organism as about thirty days in the early stages of tuber development and the soil moisture in the infection period was closely related to the severity of the potato scab. The relationship between these findings was tested by watering during three stages into which the thirty days infection period was divided : the first stage, the second stage and the last stage. Potato scab were greatly reduced by high moisture during the twenty days of the second and last stages. The moisture level required for the control was analyzed in composing several moisture regimes. Limit of irrigation point to control scab seemed to correspond to pF 2.2-2.3, and these values were suitable for maximum potato production. A significantly lower scab incidence resulted from irrigation was recorded in soils with a low pH value (pH 5.2-5.4) unlike in those with a higher pH value (pH 6.0-6.5).

#### **8. Control by combination of irrigation and chemical treatment**

Irrigation and fungicide treatment (PCNB and Trichlamide) were tested to evaluate their effects on scab in field with a high pH value, where no scab reduction by irrigation had been achieved. An additional effect between irrigation and chemical treatment was eventually observed.