

第9章 総合考察

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、重要な生産阻害要因となっていることが現地における掘り取り調査の結果から確認された。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。当該地域では種いもを安価で安定的に供給するために、地域内で独自の採種事業を行っており、本病が多発している採種畑からの種いもも供給されていた。このため、これらの種いもが無病斑で見かけ上は健全であっても、種いもを経由した病原菌の伝搬が起こっていることが懸念され、このことが地域全体の本病の多発に大きく関与しているのではないかと推察された。

次に、本病の生態解明と制御技術の開発を行う上でその基礎となる本病の病原菌について検討を行い、ジャガイモにそうか病を引き起こす *Streptomyces* 属菌は、孢子鎖がらせん状の菌株群と直〜波状の菌株群の形態的に異なる2つのグループに分かれることを明らかにした。しかし、この両菌群には生理的性質に明瞭な違いは認められなかった。そこで、菌体の全DNAを抽出し、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、ジャガイモそうか病菌として遺伝的類縁関係の異なる少なくとも4種の *Streptomyces* 属菌が存在することを明らかにした。一方、1974年以降不確定種とされてきた *Streptomyces scabies* が Lambert ら⁷²⁾ によって復活され、さらに、*Streptomyces acidiscabies* が新種として提案された⁷³⁾。そこでこれら2種の 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* 属菌とを比較した。その結果、形態、生理的性質および16SリボソームRNA遺伝子の塩基配列から、佐賀県上場地域に分布する病原菌は *S. scabies* および *S. acidiscabies* と同定された。さらに、これら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。現在、我が国で報告されているジャガイモそうか病菌は、北海道で分離された *S. scabies* (subsp. *scabies*, subsp. *achromogenes*)¹⁵¹⁾ と *S. turgidiscabies*¹¹⁰⁾ の2種があり、佐賀県には *S. scabies* と *S. acidiscabies* が分布していることになる。*S. acidiscabies* の存在が明らかになったのは我が国では初めてのことである。なお、長崎、広島、茨城の各県のジャガイモそうか病

斑から分離された菌株は本研究の結果からすべて *S. scabies* と判断され、本種は我が国に広く分布していることが示唆された。

S. acidiscabies については、アメリカ北東部およびカナダでもみられているように、本県においても強酸性土壌で本病の多発生を引き起こしていることが明らかとなった。アメリカで分離された *S. acidiscabies* と佐賀県で分離された *S. acidiscabies* とは生理的性質の一部、すなわち、ラフィノースおよびキシランの利用能がアメリカ分離株は-および+、佐賀分離株は+〜-および-と異なり、さらに生育限界pHについても若干の差がみられたが、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。地理的に大きく隔たった場所に進化の程度を同じにする遺伝的にまったく同一とみなされる病原菌が存在していることは、興味ある問題である。

以上の分類学的研究を行うにあたっては、まず最初に病斑部から分離した菌株の病原性を確認する必要があるが、これまでの方法では結果が得られるまでに2〜3か月を要し、その手法も簡便ではなかった。そこで、従来の方法よりも極めて簡便に病原性を検定する方法を開発し、'切断萌芽接種法'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り、病原性を有する菌株の選抜には極めて有効であった。今後、本法は病原性の検定以外に、感染機作解明のための実験系や品種抵抗性の検定、さらには薬剤スクリーニングにも応用できるものと思われる。

これまで、ジャガイモそうか病菌の土壌中での生態については土壌中からの菌の検出および定量を行うことが困難なために不明の点が多いままとなっている。しかし、土壌中で病原菌は宿主が存在しない条件下においても長期間生存する⁴⁷⁾ことが知られており、このことが本病の防除を困難なものにしている原因の一つとなっている。一方、Manzer ら⁹⁸⁾は *S. acidiscabies* の土壌中での生存力は比較的弱く、発病が毎作認められるのは種いもを経由した病原菌の新たな持ち込みによるものであることを指摘している。本研究においても、*S. acidiscabies* による本病の発生はクロルピクリン処理を行って土壌微生物相が単純になったと考えられる条件下では病原菌の接種直後には激しいものの、その後、時間の経過とともに発病は徐々に減少していくことが認められた。このため、Manzer ら⁹⁸⁾が指摘し

ているように、新たな病原菌の持ち込みがなければ発生は軽減されていくことが期待され、このことから、種いも伝染を防止することの重要性がうかがわれる。

現地における発生実態調査の結果から、本病の種いも伝染による発生の拡大および被害の深刻化が示唆されたので、この点について詳細な検討を行い、本病の種いも伝染の重要性を明らかにすることができた。すなわち、これまでの報告には本病の種いも伝染について否定的な見解^{3,54,140}もあったが、本研究では罹病種いも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。さらに、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が明らかになった。無病斑で見かけ上は健全な種いもを植え付けた場合にも激しく発病する場合があることが示されたことは、本病の伝染防止を図る上で重要な意義があると思われる。すなわち、現状では種いもの外観の観察だけでは病原菌が存在しているのかどうかを判別することは不可能なことから、無病斑の種いもであっても病原菌が付着しているという前提に立って、必ず種いも消毒を実施することが発病を防ぐために必要なことであると考えられる。

上述のように、実際場面における本病の種いも伝染の重要性が確認されたので、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。しかし、なお、場合によっては種いも消毒による発芽遅延やそれに伴う収量の低下などの障害を生じることもあり、今後はより効果的な薬剤の検索とともに、これらの問題を引き起こさない薬剤を見い出すことも必要である。なお、病原菌の薬剤感受性や薬剤の効果発現機構についても不明な点が多く、今後の検討課題である。

次に、*S. scabies* による本病の発生を抑制するための土壌環境制御の観点から、土壌 pH および土壌水分について検討する。まず、土壌 pH についてはその値を 5.2 程度以下に保つことによって発病が抑制される^{4,36,102,113}ことは古くから知られている。しかし、ジャガイモと他作物との輪作を行う場合には他作物の好適土壌 pH を考慮する必要があるため、輪作作物の種類によっては土壌を pH 5.2 以下の強酸性状態に保つことには難がある場合もある。一方、ジャガイモのみの連作を継続していく場合には他作物に対する酸性土壌の悪影響を考慮する必要がないため、土壌を酸性～強酸性に保つことは有効な防除手段として十分に適用できると思われる。しかし、このことは *S. scabies* によるそうか病については当てはまるが、*S. acidiscabies* に起因するそうか病については、同菌による発病が pH 5.2 以下の強酸性土壌においても激しくみられること

から、土壌 pH を強酸性に保持することだけで十分な発病抑制効果を期待することはできない。このため、*S. acidiscabies* が分布している土壌においては他の制御技術を組み合わせることが必要となってくる。

もう一つの土壌条件である土壌水分が *S. scabies* による発病に与える影響については、これまでの報告^{75,77,78,79,135}と同様に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た。さらに、塊茎の肥大と発病との関係を詳細に調査し、灌水による発病抑制を行う場合、これまでに報告されていた灌水期間^{20,22,33,76,80,145,147,155,180}よりもより短い期間で十分な発病抑制効果が得られることを明らかにし、効率的な水利用を図る観点から、より実用的な発病抑制技術を確立することができた。

しかし、このような土壌水分制御による発病抑制効果については、発病塊茎率の低下の場面よりも発病程度の低下の面でより顕著に現れていることから、クロルピクリン剤による土壌燻蒸処理のような顕著な発病防止効果ではなく、あくまでも被害程度を軽減する効果であることを認識しておく必要がある。このため、灌水による発病抑制効果は常に高く現れるとは限らず、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不十分であった。一方、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被害軽減効果の発現が認められた。さらに、Davis ら^{20,22}が明らかにしているように、殺菌剤の土壌施用を併用することによって灌水による発病抑制効果が向上することを確認した。このように、本病に対する灌水の効果は、さらに他の制御技術、すなわち、土壌 pH を下げることや殺菌剤を施用することなどを組み合わせることによってより向上することが示された。なお、灌水による発病抑制機構については、これまでいくつかの報告^{2,31,86}があるが、その詳細については不明のまま、今後その機構が解明されることによって、より効果的な発病抑制技術に発展していくことが期待される。

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。そして、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た。すなわち、大畑¹²⁸が指摘しているように、これまで難防除病害とされてきた本病に対しては単一の防除手段では不十分で、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。今後、本研究の成果が現場で実証され、広く普及していくことが期待される。

なお、それぞれの防除手法およびそれらを組み合わせた対策についても当然、防除効果が発現する限界の病原菌密度があると考えられ、病原菌密度とそれぞれの防除手法および総合的な手法による発病抑制効果との関係を明らかにしていくことが必要である。そして、このことが可能になれば各畑地における防除手段の選択および組み合わせが可能になり、より効果的な防除を行うことができるようになると思われる。このためにも、土壌中の病原菌の定量手法の開発が望まれるところである。

また、土壌水分制御による発病抑制については畑地灌漑に要する経費の問題があり、さらに、畑地灌漑施設が整備されていない地域では本技術の適用は困難で、防除の選択

の幅が制限される。また、殺菌剤の土壌施用については経費の問題とともに環境への影響を考慮すると、大面積で実施することには問題がある。このため、今後は生物防除技術の開発とともに抵抗性品種の育成が急がれ、これらの技術を組み合わせたより総合的な防除体系を構築していくことが必要である。

なお、本研究で確立した防除技術については、前述のとおりすべて *Streptomyces scabies* に起因するそうか病を対象としたものであり、本研究の過程で当地域に分布していることが明らかとなったジャガイモそうか病菌 *S. acidiscabies* を対象とした防除技術の開発は今後の課題として残されている。