

Phytophthora syringae によるリンゴ果実疫病の発生生態

青森県りんご試験場 藤 田 孝 二

はじめに

リンゴ果実疫病は6～9月の長雨や水害時に発生し、しばしば局地的に問題になってきた病害である。その病原菌は柳瀬ら(1979)により *Phytophthora cactorum* と同定されている。ところが、青森県では1989年および90年に県下全域で収穫後(10月下旬以降)のリンゴ果実に疫病が多発した。特に、発生は果実の冷蔵貯蔵中および出荷後に多かったため、仲買業者、市場および消費者から苦情が出、青森県産リンゴの信用にかかわる大きな問題となった。被害果からは *P. cactorum* とは全く異なる菌が検出され、分類学的調査および接種試験により、本病は *P. syringae* (KLEB.) KLEB. による疫病であることが明らかとなった(藤田ら, 1994)。*P. syringae* はそれまでわが国での存在が確認されておらず、海外からの侵入が警戒されてきた病原菌である(君島, 1985)。そのため、わが国での本菌に関する研究はほとんど見られない。海外ではイギリス、スイス、フランスなど北西ヨーロッパで1970年代の中ごろから *P. syringae* によるリンゴ、セイヨウナシの果実腐敗が多発しており、特にイギリスで多くの研究がなされた。しかし、本菌の生態については不明な点も少なからず残されていた。筆者はわが国における *P. syringae* の生態解明を主な目的として一連の研究を実施したので、その概要を紹介する。

I *P. syringae* は在来菌か侵入菌か

疫病菌の伝染経路は、主に川や用水路といわれている。そのため、いったん園地に疫病菌が侵入すると平地では伝染は早い¹⁾が、高地果樹園や森林などへの分布拡大は遅いと考えられる。したがって、*P. syringae* が近年海外から侵入したのであれば、その生息範囲は低地や耕地に限られるであろう。このような観点に基づき、東北地方の植相の異なる各地土壌から次の方法で本菌の検出を行った。すなわち、11月に採取した供試土壌の泥水にリンゴ果実を浸漬し、10℃に2日間保って感染させた後、感染果実を15℃下に移して発病を促し、病斑から

菌を分離して疫病菌を同定する方法(以下、果実浸漬法)である。

その結果、*P. syringae* は東北6県のいずれの土壌からも検出された。また、本菌はリンゴ園のほかにはブドウ、セイヨウナシ、オウトウ、モモの果樹園および牧草地や雑木林の土壌からも検出され、特にリンゴ園からの検出率が高かった。このように、本菌はわが国に広域に存在するうえ、未耕地や高所にも存在することから、在来菌の可能性が高い。たとえ侵入菌であったとしても、その侵入時期はかなり古い時代と考えられる。

それではどうして、*P. syringae* がこれまで発見されなかったのだろうか。その原因として、青森県では本病の感染時期が10～12月に限られ、しかも多発することはまれであること、また、本病の病徴が *P. cactorum* によるものと類似であるため、両者は混同しやすいこと、が挙げられる。

II 疫病菌捕捉量の時期的変動

本病原菌の果実感染は遊走子によっておこる。したがって感染時期を解明するためには、リンゴ園土壌からの各時期ごとの遊走子放出量を調査する必要がある。そこでリンゴ果実浸漬法を用い、果実病斑数とそれから分離される菌種を2年間にわたり3園地で調査した。この方法は自然感染に近い条件で行うので、感染時期の解明には適当と考えられる。

その結果、*P. syringae* と *P. cactorum* が主に捕捉された。*P. syringae* はA園では4月と10～12月に、B園では11～12月に、C園では10～12月に捕捉された。*P. syringae* による発病病斑数は4月が極めて少なく、6～9月は零となり、10月から増加し、11月に最も高まった。8月以降の3園地合計の病斑数(果実表面積100 cm² 当たり病斑数)を図-1に示した。

一方、*P. cactorum* はA園では4～10月に、B園では6月、9月に、C園では5～10月にそれぞれ捕捉された。*P. cactorum* による発病病斑数は4月が少なく、5～8月は多く、9月から減少して11月には零となった(図-1)。

この結果から、*P. syringae* による果実疫病の感染期間は10月上旬～12月、*P. cactorum* による果実疫病では5月下旬(結実期)～10月であり、両者の感染時期

Phytophthora Fruit Rot of Apple Caused by *Phytophthora syringae* (KLEB.) KLEB. By Koji FUJITA

(キーワード: リンゴ疫病, 果実腐敗, 発生生態, *Phytophthora syringae*)

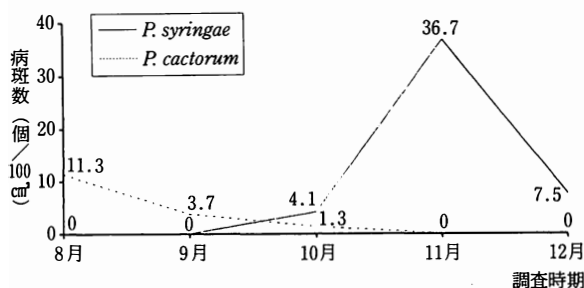


図-1 リンゴ疫病菌の土壤中での時期的変動
リンゴ果実浸漬法による捕捉用果実上の病斑数(3 園地の合計)

は大きく異なることが明らかとなった。両病害の症状は酷似しているため現場では両病害を混同することが多い。そこで、そのような混乱を避けるため、筆者は *P. syringae* によるリンゴ果実疫病的を「おそ疫病」、*P. cactorum* によるリンゴ果実疫病的を「はや疫病」と区別して呼称することを提案した(藤田, 1996 年)。

III 越冬伝染源

P. syringae は厚膜胞子を形成せず(形成を認めたとする報告もある)、また菌糸や遊走子の寿命は比較的短いので、本菌の主要な越冬形態は卵胞子と考えられる。本菌の卵胞子がリンゴやセイヨウナシの落葉に形成されることは既に明らかであるが(HARRIS, 1979)、そのほかの植物組織については詳細な調査がない。そこで、筆者は各種植物の葉片へ *P. syringae* の遊走子を接種し、卵胞子の形成を調査した。その結果、供試した 25 種の植物中 19 種に卵胞子の形成が認められ、その中には林木および草本植物も含まれた。特にリンゴ、セイヨウナシ、バラ、ナナカマドなどのバラ科植物で形成量が多かった。このことから、先に述べたように本菌が果樹園のほか林地や草地など広域に存在していた原因は、本菌の卵胞子形成可能な植物が多いことにあると考えられた。

次の問題は、リンゴ園に放置された落果や *P. syringae* による被害果が土壌中の *P. syringae* 密度を高めるか否かである。そこで *P. syringae* 遊走子を接種した果皮切片および果実における卵胞子形成調査、接種果実の土壌混和実験および被害果の圃場敷設実験を行った。その結果、リンゴおよびセイヨウナシの果皮切片には 10°C、弱光下、35 日間の培養で卵胞子が多量に形成された。しかし、リンゴ果実に接種した場合は病斑部に卵胞子の形成は認められず、被害果を *P. syringae* の存在しない土壌に混和しても 1 年後に供試土壌から本菌を捕捉することができなかった。よって、被害果は伝染源と

しての重要性が低いものと推察された。しかし、リンゴ樹下に *P. syringae* による被害果を放置した実験では、土壌中の本菌密度が高まった。その原因は、*P. syringae* が被害果から落葉に伝染し、葉に多量の卵胞子を形成するためであることが、その後の実験で明らかになった。結論として、被害果は翌年の伝染源としては重要性が低いものの、本病未発生地への伝播上重要な役割を果たすものと考えられる。

P. syringae は植物の根にも寄生するので、被害根が伝染源になる可能性もある。そこで本菌密度の高い圃場に生えた各種草本植物の根から、疫病菌分離用選択培地(MASAGO et al., 1977)を用いて本菌の検出を試みた。しかし、*P. syringae* は検出されず、草本植物の根が伝染源になる可能性は低いと考えられた。

IV 卵胞子の発芽条件

先に述べたように、青森県では *P. syringae* による疫病の感染時期(遊走子の発生時期)は秋期の一山型であるが、イギリスでは春と秋の双山型である(SEWELL et al., 1974)。このような感染時期の違いはどうしておこるのだろうか。この問題に取り組む前に、本菌の生活環についての予備知識が必要である。

感染のもとになる遊走子は遊走子のうから生じるが、遊走子のうの多くは卵胞子の発芽によって生じる(図-2)。つまり遊走子量は卵胞子量によって決まる。成熟卵胞子は 15°C 照明下、3 日で発芽し始め、遊走子のうは水温 15°C 以下では 2 時間以内に遊走子を放出する。したがって、成熟卵胞子から遊走子放出に至るまでの期間は数日と短い。*P. syringae* の主な越冬形態は卵胞子であるから、翌年の感染時期の始まりは越冬卵胞子の発芽開始時期とほぼ一致するものと考えられる。そこで卵胞子の発芽時期を推定するため、各種の発芽実験を行った。

一般に *Phytophthora* 属菌の卵胞子は成熟期間を経てから発芽する。そこでリンゴ葉ディスクに *P. syringae* の遊走子を接種し、卵胞子形成後、経時的に発芽率を調査した。その結果、20°C、30 日間の培養で卵胞子が形成され、その卵胞子の中には既に発芽能力を有するものもあった。したがって、本菌の卵胞子は 20°C の条件下では比較的速やかに成熟し、しかも特別な休眠期間を必要としないものと考えられた。*Phytophthora* 属菌の卵胞子発芽は卵胞子発育期間中の環境条件、特に温度・光・湿度に強く影響される。そこで、リンゴ葉ディスクに形成させた *P. syringae* 卵胞子を各種条件下に保ち、その後の卵胞子発芽率を調査した。その結果、卵胞子の発芽率は 20°C で形成・発育した場合に最も高く、温度

表-2 遊走子の果実感染に及ぼす温度の影響

温度 (°C)	接種箇所数 ^{a)}	発病率 (%)
0	30	33
5	30	67
10	30	100
15	30	70
20	30	33
25	30	0
無接種 (15°C)	—	0

^{a)} : 1 温度区につき 6 果供試し, 1 果当たり 5 か所接種

温度は 10°C 付近であった (表-2)。また, 本菌がリンゴ果実組織へ侵入するために必要とする時間は 10°C では 10 時間, 15°C では 6 時間と推定された。

解剖学的調査および走査電顕観察からは, 本菌が果皮の果点のほかにクチクラ層裂開部からも侵入し, 15°C では接種後 8 時間で果点組織内へ到達することが明らかとなった。したがって, 地表面の保菌水が果実に付着した場合, 5 時間以内に水洗処理をていねいに行わなければ果実腐敗が生じる。

VI 潜 伏 期 間

本病は果実の貯蔵中や出庫後にも発生するが, その原因は本菌の潜伏期間が長いとみとえられる。そこで, 保菌泥水をリンゴ熟果 (品種: ふじ) に接種し, 各種貯蔵条件下に保ち, 発病までの期間 (潜伏期間) を調査した。

その結果, 接種完了後初期病斑が発現するまでの日数は, 普通貯蔵温度 15°C で 6 日, 10°C で 10 日, 5°C で 15 日であり, 0°C では普通貯蔵および CA (Controlled Atmosphere) 貯蔵のいずれも 40 日であった。あらかじめ 10°C で 4 日間貯蔵した果実を 0°C で CA 貯蔵した場合 (変温区) は 25 日後に発病した (図-3)。しかし, 各区とも病斑は一斉に発現せず, 15°C では初発以降 9 日間, 10°C では 10 日間, 5°C では 20 日間, 変温区では 100 日間にわたって新病斑が次々と発現した。この実験から, 本病の潜伏期間は 0°C では 40~125 日と非常に長く, そのために貯蔵中や出庫後に発生することが明らかになった。

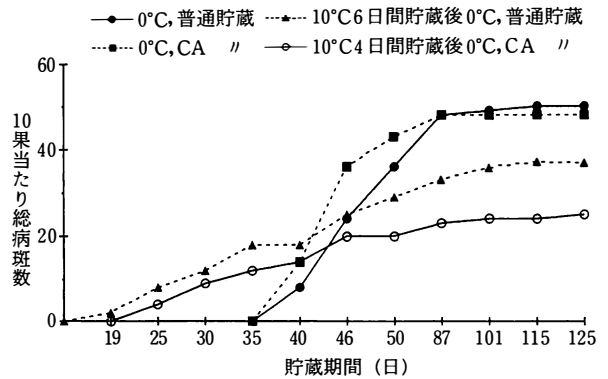


図-3 貯蔵条件と果実疫病の発病消長

お わ り に

P. syringae は果実だけでなく, 根をも加害することが海外で報告されている。しかし, わが国ではリンゴの根の疫病菌として *P. cambivora* と *P. cactorum* の 2 菌種が報告されているにすぎず, *P. syringae* はいまだ検出されていないので, 今後この点についての調査が必要である。

防除面では, 収穫作業の際に地表の泥水が果実に付着しないように注意することにより発生を大幅に少なくできる。しかし, 作業上困難でもあり, 現場ではそのような指導が守られず発生する事例も見られる。そのため簡便な防除法が求められているが, 収穫間近の薬剤散布は効果が高いものの実用的でなく, また薬剤の地表散布による病原菌密度低減法もコスト高や環境汚染などの問題を含み普及性に乏しい。今後新たな発想による防除法の開発が求められる。

引 用 文 献

- 1) 藤田孝二ら (1994) : 日植病報 60 : 717~724.
- 2) ——— (1996) : 青森りんご試報 29 : 37~114.
- 3) HARRIS, D. C. (1979) : Ann. Appl. Biol. 91 : 309~312.
- 4) KAVANAGH, J. A. et al. (1969) : Ir. J. Agric. Res. 8 : 439~441.
- 5) 君島悦夫 (1985) : 果実日本 40(2) : 74~77.
- 6) MASAGO, H. et al. (1977) : Phytopathology 67 : 425~428.
- 7) SEWELL, G. W. F. et al. (1974) : Ann. Appl. Biol. 76 : 179~186.
- 8) 柳瀬春夫・佐久間 勉 (1979) : 果樹試報 C 6 : 105~119.