

# リンゴ輪紋病菌の果実への感染および発病要因と防除対策

福島県果樹試験場 お 尾 が た た だ し  
形 正

## はじめに

リンゴ輪紋病は、枝梢部に発生したものをいぼ皮病と称する。しかし、生産現場においては果実腐敗による被害が最も深刻であり、この発生予察とそれに基づく防除対策は重要となる。本病は有袋栽培で果実に発生することはほとんどないが、無袋栽培では梅雨期に高温多雨条件で不安定な天候が続くと、薬剤防除が予定どおりに実施されなかったり、防除タイミングを逃したり、散布間隔が空いたりして、年によっては多発して大きな問題となる。本病は‘ふじ’では主に6～8月中旬ごろまで果実感染が多いが、発病するのは収穫期近くなってからであり、発病してからでは対策の施しようがない。筆者らは、これまで果実感染および発病にかかわる要因と防除方法について検討してきたので、これらを取りまとめて紹介する。

## I 病原菌

本病の病原菌を、小金沢ら(1984)は *Botryosphaeria berengeriana* de Not. f. sp. *piricola* (NOSE) KOGANEZAWA et SAKUMA とし、これとは別に枝梢に“いぼ”を生じることはないが、果実には外観的に輪紋病と全く区別のできない病徴を呈し、培養菌叢の色彩が異なるリンゴ胴腐病菌については、*Botryosphaeria berengeriana* de Not. としている。しかし、JONES (1990) が紹介しているように、*Botryosphaeria dothidea* (MOUG.) CES. & de NOT. を病原菌とする Apple white rot と日本で記載されているリンゴ輪紋病 (Apple ring rot) とは同一ではないかとの論議がある。さらに本属による病害としては *Botryosphaeria obtusa* (SCHWEIN.) SHOEMAKER による Apple black rot も知られており、現在、これらに対する見解は必ずしも統一されていない。

Environmental and Cultural Factors Affecting Occurrence-Cycle of *Botryosphaeria* Fruit Rot of Apple, and it's Control Measurements. By Tadashi OGATA

(キーワード：リンゴ輪紋病, 果実感受性, 果実感染, 感染好適条件, 柄孢子飛散)

## II 枝病斑からの柄孢子飛散消長と気象要因

本病は主幹、主枝および側枝上のいぼ病斑に形成される柄子殻中の柄孢子(分生子)が主な伝染源である。柄孢子は降雨でいぼ病斑が濡れると、雨滴に混じって飛散する。降雨がなくても早朝に結露することがあるが、結露程度の濡れでは飛散に結びつかない。また、この柄孢子の飛散にとって、柄子殻が十分成熟して柄子殻内に柄孢子が存在する場合、温度条件はあまり重要とはならない。

柄孢子の飛散と気象条件について、林(1984)は、柄孢子の飛散は降水量と関係が深いことを報告している。SUTTON (1981) は *B. dothidea* と *B. obtusa* の子のう胞子および分生子の飛散量は降水量およびその持続時間と正の相関があることを記載している。筆者らは、圃場において罹病枝を使って柄孢子の飛散消長を調査した結果、年次別の気象条件により違いは認められるものの、

表-1 温度の違いによる柄孢子飛散割合(単位:%)

時間 \ 温度(°C)	9	11	14	17	21	25	28
20(分)	38.1	24.0	14.9	40.2	21.7	29.6	6.3
1(時)	64.9	58.5	16.4	83.2	52.0	66.7	25.9
2	88.7	94.6	89.5	97.5	86.0	89.5	77.1
3	91.0	97.9	92.5	98.5	89.0	91.5	96.5
6	98.3	99.9	94.0	99.5	99.2	94.4	98.6

飛散割合は8時間の合計飛散数を100とした各時間毎の累積飛散数の割合

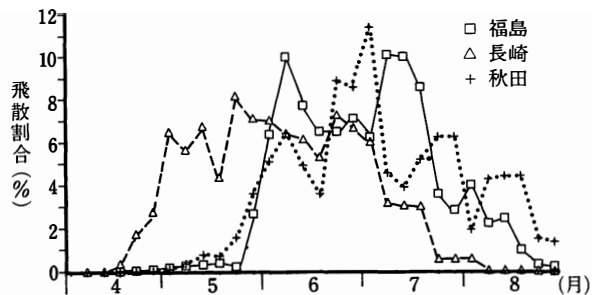


図-1 枝病斑の設置場所の違いによる柄孢子飛散消長(1993)

4月中旬から10月下旬まで長期間、孢子飛散が認められ、とりわけ6月から7月にかけて飛散量が多くなり、8月以降は漸減した。連続降雨を想定したモデル実験では、水滴が柄子殻に当ててから2~3時間のうちにほぼ80%以上の飛散がみられた(表-1)。さらに、柄孢子飛散数と降雨条件を含めた各種気象要因について統計的手法を用いて検討したところ、柄孢子飛散は最低気温16°C以上で気温がやや高めに推移し、0.5°C~2mm以上の降雨が持続する必要があることが明らかとなった(尾形ら, 1991)。また気象条件が異なる長崎県、福島県、秋田県において同一材料の枝病斑(福島県白河市にて採取)を設置して、柄孢子飛散の急増期を検討した結果(図-1)、最低気温が早く高くなる長崎県では他の地域よりも早くから急増した。このことは柄子殻中の柄孢子的形成過程において、比較的短期間の好適温度条件が影響するものと考えられた。

### III 伝染源量の違いが果実発病に及ぼす影響

‘ふじ/M.26’の樹上に罹病枝(3~5年生枝、長さ50cm)を0, 5, 20本6月下旬から8月中旬の間つり

表-2 接種源量の違いと果実発病(1991)

接種源の本数	樹上における累積発病果率			25°C保存10日後調査	
	調査果数	9月17日 %	11月15日 %	調査果数	発病果率 %
0	326	4.6	51.6	95	42.1
5	463	21.9	70.1	73	77.2
20	330	27.2	78.1	34	90.0

0, 20本区は2区合計・平均, 5本区は3区合計・平均。

下げ、殺菌剤無散布で管理を行った。収穫時までの累積発病果率を調査するとともに、収穫時外観健全な果実を25°Cで10日間置いた後発病状況を調査した(表-2)。その結果、罹病枝0本区の供試樹の枝にほぼ病斑が存在するため、収穫時に発病果が認められたものの、罹病枝をつり下げ病原菌密度が高い区ほど果実発病が増加する傾向がみられた。

### IV 病原菌に対する果実感受性と果実表面の変化

病原菌に対する果実感受性は果実の肥大生長に伴って変化する。図-2は‘ふじ’の果実に対して接種時期を変え、収穫後の発病果率によって果実の感受性変化を示したものである。品種および調査年次によって多少異なるが、ほぼ6月上・中旬ごろから感受性が高まり、梅雨時期を中心に高い感受性を持続し、果実肥大の最大生育期後半ごろ(‘ふじ’の場合は8月中旬ごろ)から感受性低下が認められた。このことから、果実肥大に伴う果実表面の変化が、本病原菌に対する感受性変化にも影響していることがうかがわれた。そこで、発病部位を実体顕微鏡で観察してみたところ、これまで果実における感染部位は気孔由来の果点であるとされてきたが、果点のほかに、毛茸痕(hair-base)を中心として進展している果実病斑も認められた。果実への病原菌の侵入門戸を経時的に考察してみると、リンゴの幼果期にはその表面が毛茸に覆われており、6月に入ると果実肥大に伴って脱落する。6月中旬ごろまでの毛茸脱落期以前は気孔からの侵入が多く、その後は果点と毛茸痕から感染し、果点および毛茸痕の褐変コルク化とともに果実感受性が低下す

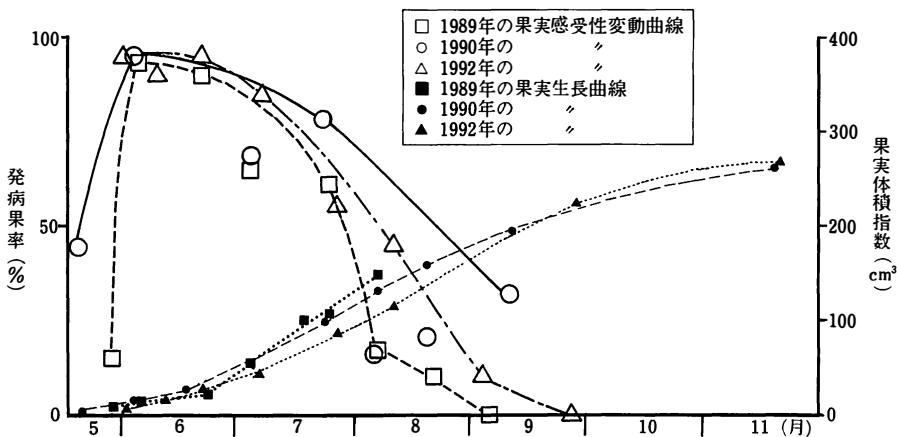


図-2 ‘ふじ’の輪紋病に対する果実感受性変動曲線および果実生長曲線(果実体積指数  $\text{cm}^3 = \text{縦径} \times \text{横径}^2 \times \pi/6$ )

るのではないかと考えられた(尾形, 1996)。また接種時期と発病時期との関係から、感染時期が早いと発病時期も早くなり、感染時期が遅いと発病時期も遅れることが知られている(林, 1982)。

### V 果実感染と好適条件

降雨とともに飛散した柄胞子が果実に到達した後、感染が成立するためには一定の気象条件が必要である。‘アルプスオトメ’の樹上着果の幼果(7月)を用いた試験では、25°Cで24時間および12時間保湿ではいずれも著しく発病が多くなり、25°Cで8時間、20°Cで12時間、15°Cで24時間の保湿でも多くなった。しかし、25°Cおよび20°Cで4時間保湿では発病がきわめて少なかった。このことは果実感染が温度と濡れの時間に影響されることを示すものである。圃場においては5月下旬から9月中旬ごろまで降雨のあるたびに除袋と被袋を繰り返し、収穫時および収穫後25°Cに保存して発病果の調査を行った。そして各暴露期間の気象要因および柄胞子飛散量と果実発病との関係を1990年と1991年の2か年について重回帰分析により解析したところ、対象とした要因のうち収穫時と収穫後貯蔵中の累積発病果率に対し、各暴露期間中の降雨日の最低気温および相対湿度の平均値との相関が高かった。このことから、果実感染要因として降雨日の最低気温が高く、相対湿度も高いことが必要であり、さらに降水量や柄胞子飛散量の多少も影響することが明らかになった(尾形ら, 1993)。図-3には1990年と91年の発病果率を示したが、1990年には7月末から8月中旬に高い発病果率を示し、1991年には6月下旬から8月中旬まで高く推移した。その後は発病果率が低下する傾向が認められた。これには柄胞子飛散量の減

少、気温および相対湿度の低下も影響したと考えられるが、必ずしもそれらだけでは説明できず、この時期には病原菌に対する果実感受性の低下が影響しているものと考えられた。むしろ8月中旬以降も10%程度の果実発病が認められ、この時期でも本病に対する防除対策が必要であると考えられた。また現地において1990年に比べ1991年は輪紋病が多発したが、両年の発病果率をみると1991年のほうが高く、感染好適条件が長期間続いたことが認められ、このことが果実感染を助長したと考えられた。

### VI 品種の違いによる果実感受性の差異

現地における果実の被害は、調査年次、防除のタイミングなどの要因によって発生程度に差が認められる。また慣行防除を行っている圃場について、品種間に差があるかどうか、1991年に調査した結果を図-4に示した。この調査内容に林ら(1982)の発生実態調査結果を加味すると、‘ふじ’、‘王林’や‘千秋’では果実発病が多く、‘スターキング・デリシャス’、‘つがる’ではやや多く、‘陽光’、‘あかね’、‘ジョナ・ゴールド’、‘紅玉’では少ない結果であった。このように果実発病は品種間に差があることは明らかである。品種によって果実感受性に差が生じる原因は、品種固有の果実表面の変化の違いや熟期における果実の内容成分組成の差異と推察される。

### VII 果実内容成分の変化と果実発病

林(1986:未発表)は、果実内容成分の変化と発病との関係について検討したところ、全糖の増加、デンプンおよびタンニンの減少とともに果実発病が増加する傾向であった。また高橋ら(1971)は、果実の酸度および糖度の変化を調査し、発病には糖度より酸度の低下が影響すると考察している。一方、KOHNら(1983)はApple white rotの病斑の進展について検討し、接種した果実



図-3 暴露試験による感染時期と頻度

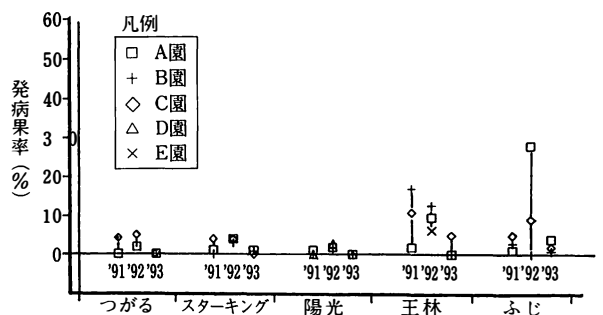


図-4 リング輪紋病病に及ぼす品種間差異

中の糖の濃度が約10.5%では病斑の進展はなく、13.8%に達したとき果実腐敗の発生率は100%に達したが、果汁のpHは生育期を通して3.5~3.8の範囲で推移し、果実の感受性とは関係しないと報告している。

本病は感染から発病まで潜伏期間が2~3か月を有するが、その間は果実肥大とともに内容成分も変化する。潜伏していた病原菌を活性化させる内容成分については必ずしも明らかにされていないが、糖や酸といった一つの要因ではなく、各種内容成分の変化との相互関係が感染後の病斑拡大のきっかけに影響するのではないかと推察される。

### VIII 温度条件と果実発病

数種温度条件下で有傷接種を行ったところ、果実の発病は25°C~30°Cではよく発病し、15~20°Cでは発病が抑制され病斑拡大は遅延した。しかし10°Cでは発病は認められなかった(林, 1980: 未発表)。青森県や秋田県など北東北のリンゴ産地では、枝梢部においていぼ皮病の発生は認められるものの、例年、果実発病が問題となることは少ない。このことは、晩生種の‘ふじ’が成熟期に入る10月以降の気温低下が、果実発病を抑制しているのではないかと推察される。

### IX 防除法

#### 1 枝幹部に対する防除対応

現在、福島県で指導している防除法について紹介する。本病原菌は枝幹部に発生するいぼ病斑で越冬するので、いぼ病斑の発生を少なくすることが防除の基本となる。いぼ皮病は樹勢が弱いと発生しやすいので、樹勢を健全に保つことが必要である。特に排水不良園や、若木の時期の管理が不十分であった場合に多発する。

いぼ皮病の治療法としては患部をていねいに削り取り、石灰硫黄合剤7倍液を塗布するか肩掛け噴霧器でていねいに散布する。いぼ皮病の予防対策としては3月下旬(休眠期)に石灰硫黄合剤10倍液を散布する。この場合ホワイトン・パウダー10倍を加用することになり付着量を多くして防除効果を高めることや、生育期の薬剤散布の際には、枝幹部にも十分薬液をかけるなどの点に配慮する。

#### 2 果実感染に対する防除対応

病原菌に感染した果実に対して治療効果が期待できる防除薬剤がない現状では、果実の感受性が高い6~8月上旬の予防的な薬剤散布が必要となる。本病に対する防

除薬剤としてはボルドー液4-12式が最も優れており、ボルドー液2-12式も安定した防除効果が認められる。有機殺菌剤ではキャプタン・有機銅剤、キャプタン剤、ベフキノン水和剤、ベフラン液剤、ボルックス水和剤および有機銅剤が有効である。しかしこれらの有機殺菌剤を使用した場合には、長期間の残効が期待できないので10日以上散布間隔をあけることは危険である。一方、福島県では、近年、無ボルドー液防除体系に対する要望が高まっていることも事実である。現段階では、①輪紋病に比較的感受性の低い品種、②ボルドー液使用後、収穫まで期間が短い品種、③ボルドー液によって葉害が出やすい品種などの条件を考慮して‘つがる’、‘陽光’および‘ジョナ・ゴールド’などで無ボルドー液体系を採用している。

### おわりに

一般に病害の発生を予測することは難しく、さらに発生量を予測することはきわめて困難である。PARKERら(1993)は、Apple white rotについて‘ゴールデン・デリシャス’の果実を供試して、果実の感染時の温度条件と濡れの持続時間によって説明した予察式を提示した。しかしリンゴ輪紋病菌に対する果実の感受性は品種の違いや果実肥大とともに変化しており、いずれの生育ステージにも適応できるものとはなっていない。また本病は感染から発病までの潜伏期間が長く、いもち病の発生予察で行われているような、生育ステージごとの発病状況をその後の発病予測に利用するような手法は困難である。そこで筆者らは、各種殺菌剤の残効性を考慮しながら、これまで明らかになった果実感染要因によって、発生予察の可能性をさらに追求したい。

### 引用文献

- 1) ———・落合政文(1982): 北日本病虫研報 33: 149.
- 2) ———・———(1984): 同上 35: 65~67.
- 3) JONES, A. L. (1990): Compendium of Apple and Pear Diseases: 28.
- 4) KOHN, F. C., Jr. and F. F. HENDRIX (1983): Plant Dis. 67: 410~412.
- 5) 小金沢碩城・佐久間勉(1984): 果樹試報C 11: 49~62.
- 6) 尾形 正・落合政文(1992): 北日本病虫研報 43: 85~86.
- 7) ———・———(1993): 同上 44: 83~85.
- 8) ———ら(1993): 日植病報 59: 301(講要).
- 9) ———(1995): 同上 61: 229~230(講要).
- 10) PARKER, K. C. and T. B. SUTTON (1993): Plant Dis. 77: 181~185.
- 11) SUTTON, T. B. (1981): Phytopathology 71: 584~589.