特集：果樹病害の発生予察の現状と展望〔3〕

リンゴ病害の発生予察の現状と問題点

青森県りんご試験場 藤 田 孝 二

はじめに

リンゴ樹上病害の防除に関する研究は、殺菌剤の定期散布を前提にしたものが多く、発生予察を利用した防除法の研究は比較的少ない。しかし、主要病害である斑点落葉病と黒星病については種々の試みがなされ、青森県では黒星病の感染予察機が実際に利用されている。その他の病害では輪紋病の発生予察の確立を目指した研究が行われている。そこで、これらの病害を主体に、これまで試行された主要病害の発生予察法とその問題点について述べる。

I 主要病害の発生予察

1 斑点落葉病

本病は葉、果実、枝を加害するが、特に葉に多発すると激しく落葉するうえ、翌年の花芽まで異常発芽するため、2年間にわたって生産の低下につながる重要病害である。本病の大きな特徴は潜伏期間が短いことである。感受性が特に高い品種‘印度’の葉では、26°Cで接種後、4時間で発病し（沢村，1972）、スターキングデリシャスでは25°Cで15時間後に発病する（林ら，1975）。自然条件下においても感染好適条件が到来すると、2～3日後には病斑が急増する。すなわち、発病に気付いてからの防除では手遅れになる場合が多い。そのため本病の防除は約10日間隔での予防散布が一般的であり、年間の防除回数が7～9回にも達する。

本病の発生消長については、工藤ら（1968）、平良木（1973）、落合ら（1976）の報告があり、地域によって多少の違いはあるが、葉上病斑の初発は5月中・下旬で、発病は9月下旬まで継続する。この間、急増期が通常1～3回みられる。この急増期を予測し、適期防除を図ることが本病予察の最も重要なポイントである。落合ら（1976）によれば、発病の急激な増加は降水量との関係が密接であり、40 mm以上で発病が多く、100 mmを越す降雨では著しく増加する。また、気温については、最高気温23°C以上、平均気温18°C以上、最低気温15°C以

上で発病の増加が認められ、それ以下の気温では発病の増加は少ない。武田ら（1982）は、発病葉率が20%以上になる時期を急増期とし、半月平均気温が21°Cに達した後、3日間にわたる降雨があれば、その1～2半月後に急増期になるとの仮説をたて、9か年の調査結果を解析したところ、適合性はきわめて高かったとしている。また、平良木（1985）は、発病葉率20%到来日と初発期の高正の相関を認め、初発期が早い年ほど急増期が早いことを示唆している。以上のことから、気象が正確に予測されるならば、本病の急増期はある程度予察可能と思われる。しかし、本病の発生は地域差および品種間差異が大きいので、1地点の調査で広範囲を代表させることはできない。病害の発生予察に気象要因解析は不可欠であるが、本病の予察精度を高めるためには、それに加えて個々の園地をモニタリングする技術開発が必要である。そのような技術として、葉上の胞子量や葉の発病推移から急増期を予察する方法が考案されている。

大友（1970，71）は、葉上胞子（*Alternaria mali*）を両面セロテープで採取し、圃場における葉上病斑発生消長との関係を調査したところ、発病葉率および病斑数と、10日前の胞子付着量との間にそれぞれ高い正の相関を認めた。そこで、葉上胞子量の急増期から初期の発病急増期を予測し適期防除を行ったところ、慣行防除よりやや発生は多かったものの、実用上問題ない程度で防除できた。しかし、この方法は実用化されていない。その理由は定期的な胞子採取と検鏡が困難であるためであろう。また、問題点として、薬剤散布が行われている園地では葉上胞子が死滅していることもあり、葉上胞子量はその後の発生量を反映するとは限らない。したがって、本法は防除開始時期を決めるのには利用できるが、その後の防除適期を把握するための方法としては難点がある。

この点を改良したのが雪田ら（1990）の考案による新梢葉の過湿処理法（仮称）である。この方法では、高感受性品種の新梢を定期的に採取し、25°Cで3日間の過湿処理を行い、先端から3～7位葉（感染しやすい葉）の発病葉率が70%に達したときを防除適期として薬剤散布する。また、特に病斑数が急増した場合を急増危険期

Present Status and Problems of Forecasting of Apple Diseases. By Koji FUJITA

（キーワード：リンゴ病害，発生予察）

としてポリオキシンを基準薬剤に加用する。

過湿処理法では病原性を持った葉上生存胞子が病斑を形成するので、実際の発病につながる菌密度を推定できる。7年間にわたる調査の結果、過湿処理した葉の発病率および病斑数は、急増期の予兆として数日前から増加する傾向がみられている。

この方法で防除試験を行ったところ、予察利用による防除体系（過湿処理葉の発病葉率が70%以上に達したときに散布）では標準防除体系（青森県防除暦に準じて約10日間隔で散布）に比較して、少発生園では5回の防除回数削減、多発生園でも3回の削減となり、しかも防除効果は標準防除体系とほぼ同等であった。なお、単純に約15日間隔で防除した省略防除体系では、他の体系より防除効果が明らかに劣った（表-1）。

この方法の利点は、生産者にもできるという容易さと、予測の正確さである。反面、労力がかかるうえ、検定期間が長いという欠点もある。これまでの試験では、新梢の代わりに若葉を採取して保湿する方法でも同様の結果が得られている。また、保湿期間を2日にしても大きな違いはみられない。このような点を改善すれば実用化の可能性はあるものと考えている。

2 黒星病

本病も斑点落葉病と同様感染期間が長いうえ、いったん多発するとその実害は凄まじい。そのため、青森県における本病の年間防除回数は12回と非常に多い。本病は外国からの侵入病害で、世界的な病害であり、その研究については欧米諸国が先行しており、膨大な報告がある。発生予察に関する研究も多いが、その中で最も基礎となった報告は、葉が感染を受ける場合の、温度、葉の濡れ時間、感染程度との関係を明確にしたMILLSの表（MILLS and LAPLANTE, 1954）であろう。佐藤ら（1991）はMILLSの表とTOMERLIN and JONES（1983）の報告による潜伏期間のデータを用いて、本病の初発日を予測することに成功している。

MACHARDY and GADOURY（1989）は黒星病の感染条件をさらに詳しく研究し、MILLSの表に修正を加えた。これらの基礎研究に基づき、本病の感染予察機の開発がアメリカやオーストリアでなされた。JONES et al.（1980）はこの機器の有効性を圃場試験で確認した。その後、EBI剤（エルゴステロール生合成阻害剤）の登場によって予察機の有用性はさらに高まった。EBI剤は感染後数日以内の散布で治療の効果（発病阻止あるいは孢子形成阻止効果）を示すので、感染後の防除が可能となる。特に本病の場合は潜伏期間が8~20日と長いので、感染後の防除をしやすい。ELLIS et al.（1984）は、感染予察機によって予測された感染時期の3~4日後にEBI剤を散布する防除体系と、従来の保護殺菌剤を用いた標準防除体系とを比較した。その結果、前者の防除回数が後者より数回少なかったにもかかわらず、ほぼ同等の効果であった。

青森県では1992年にオーストリア製の感染予察機（METOS-D）を導入し、その予測精度と実用性を検討した。本機は充電式バッテリーを内蔵し、1回の充電で約3か月間作動する。内蔵プログラムにはMILLS方式とMACHARDY方式の2種類があり、MILLSプログラムでは子のう孢子モードと分生孢子モードの切り換えができる。初発生前は子のう孢子モードで、発病後は分生孢子モードで作動させる。警報は感染条件が到来すると6~9時間後から出され、軽度感染(L)、中程度感染(M)、重度感染(S)の3段階がある。まず、METOS-Dの感染予測精度を明らかにするため、予察機の表示した警報と、苗木を用いて推定した感染時期および感染量とを比較した。その結果、両プログラムの警報は推定感染日とほぼ一致し、M以上の警報表示は推定感染量とも合致することが多かった（新谷, 1996）。

以上の結果を踏まえての、METOS-Dの利用による防除試験例を表-2に示したが、予察機利用による防除体系では従来の標準防除体系より散布回数が1回少なく

表-1 新梢葉の過湿処理による予察法を利用した斑点落葉病の防除^{a)}
(青森りんご試, 1989)

実施場所	防除体系	散布回数	発生量(9月8日調査)	
			発病葉率(%)	1葉当たり病斑数
りんご試 本場 (少発生)	予察利用による防除	3	24.8	0.6
	省略防除(15日間隔)	5	25.1	0.5
	標準防除(10日間隔)	8	15.6	0.4
りんご試 藤崎圃場 (多発生)	予察利用による防除	5	39.5	0.9
	省略防除(15日間隔)	5	68.7	4.5
	標準防除(10日間隔)	8	38.8	1.9

^{a)}：試験期間：6月中旬~8月下旬，供試品種：スターキングデリシャス。

表-2 感染予察機 METOS-D を利用したリンゴ黒星病の防除^{a)}
(青森りんご試, 1994)

区	防除体系	散布回数	葉の発病		果実の発病	
			調査葉数	発病葉率(%)	調査果数	発病果率(%)
1	予察機利用による防除 ^{b)}	4	260	0.4	67	0.5
2	標準防除 ^{c)}	5	287	0.6	67	0
3	殺菌剤無散布	0	35	73.3	5	100

^{a)}：試験期間：5月中旬～6月下旬，供試品種：陸奥11年生(無散布区は鉢植え苗木)。
試験規模：1区1樹3反復で数値は平均値。

^{b)}：MまたはSの警報の3日後にジラム・チウラム・ビテルタノール水和剤600倍を散布。
ただし，散布後7日間は警報が出てても散布しない。

^{c)}：開花直前(5月中旬)と落花直後にジフェノコナゾール水和剤3,000倍を散布。
その後はマンゼブ水和剤600倍を約10日間隔で散布。

でも，標準防除体系と同等の効果を示した。

このように，感染予察機はEBI剤を有効に利用するうえで非常に有益である。そこで，青森県では1996年から津軽地方と県南地方(太平洋側)の2か所にMETOS-Dを設置し，その警報と子のう胞子飛散の情報を県のパソコン通信，アップルネットを通じて提供している。しかし，残念ながら，それらの情報は現場でまだ十分に利用されていない。その理由として，現在の防除体制は共同防除組合(以下，共防)が主体で，定期防除となっており，予察機利用による臨機応変型の不定期防除になじまないこと，また，不定期防除では他の病害虫防除との兼ね合いが難しいことが上げられる。

II その他病害の発生予察

発生予察を目的とした研究は少ないが，これまでの発生生態に関する研究の中で，予察に関連するものをいくつか述べる。

1 輪紋病

本病は岩手県以南で問題となっている病害で，樹皮にイボ状病斑を形成し，これが伝染源になって果実に輪紋状の腐敗を起こす。果実感染時期は6～8月であるが，潜伏期間が長いので，収穫期に近づいてから発病する。そのため発生の子測は難しい。

尾形・落合(1991～93)は，本病の発生予察法を確立する目的で一連の研究を行い，以下の結果を得ている。イボ病斑からの胞子飛散には，最低気温16℃以上で，0.5～2mm以上の降水量が1～2時間以上持続するような気象条件が必要であった。また，果実感染が起こるためには，降雨日の最低気温が高いこと，および相対湿度が高いことが必要であり，降水量や胞子飛散量の多少が感染に影響した。さらに，本病に対する品種の感受性差異が認められ，その要因として品種の感受性期間が異なる

ことが推察された。

このように，本病の生態解明と予察に関する研究は進行しており，今後，感染予察の実用化が期待される。

2 腐らん病

本病の枝腐らんでは，凍害を受けたと考えられる冬から1年後の冬～春に増える傾向が認められている(藤田ら，1981)。枝腐らんは感染1年後に発生する場合が多いので，凍寒害で生じた枯死組織が侵入門戸となり，翌年の増加につながるものと考えられている。

3 白紋羽病，紫紋羽病

土壌病害の場合，栽植前の土壌中の病原菌密度を知ることが予防上最も重要である。そのため，これら紋羽病菌を検出する各種方法が考案されている。枝などの組織片を土中に埋めて病原菌を捕捉する方法(仲谷，1989；糸井ら，1964；四方ら，1978；久保村，1977)，指標植物で捕捉する方法(佐久間ら，1984)，ポリエチレンシートを土中に埋めて検出する方法(藤田ら，1986；藤田，1988)などがある。このような手法は病害の生態研究には活用されているものの，現場での予察にはほとんど利用されていない。それは労力的に困難であること，検出精度が不十分であることなどの理由による。

紫紋羽病の最も実用的な早期発見法として，早期黄変葉・落葉の観察法(岩谷ら，1990)と地際部発病の観察法(仲谷ら，1989)がある。この方法は生産者の間でも実行されているが，経験と観察力が必要である。問題点は，感染初期では樹上に症状が現れないので，必ずしも早期発見にはならないことである。今後，生産者にも実施でき，簡易で精度の高い予察法の開発が望まれる。

III リンゴ病害予察の抱える問題点と展望

現在，防除の対象となる樹上のリンゴ病害は12種類

にのぼる。そのほか、対象害虫が十数種類ある。これらの病虫害を少ない回数で防除するためには1回の防除で多くの病虫害を同時防除しなければならない。そのため、これまでは殺菌剤、殺虫剤、殺ダニ剤を適宜混用して定期散布してきた。この方法は無駄もあるが、わかりやすいので生産者には受け入れやすい。もし発生予察を利用して全病虫害を個々に防除するとすると、各病虫害ごとの不定期散布となり、単純に組み合わせれば総防除回数は著しく増加する。この矛盾を解消するためには、現在の定期防除を基盤とし、これに発生予察利用による臨機応変型防除法を組み込むことである。すなわち、各時期における主要病虫害の防除重要度を予察し、散布予定日を延長したり、あるいは逆に防除を強化する。また、害虫では殺虫剤加用の必要性を判断する。この場合、個々園地または共防単位で予察できることが望ましいので、生産者にも実施できる予察法の開発が望まれる。

次に、品種ごとの発生予察も重要課題である。品種の変遷により、過去の研究成果が現在の主力品種（ふじ、王林、つがる、ジョナゴールド、陸奥など）に適用できない場合もある。

現在のような広域一斉防除では、病害に弱い品種に合わせた防除体系となるため、病害に強い品種では過剰防除になる。発生予察をうまく利用するためには、感受性の強弱を考えた品種構成と栽植様式をとることが重要になる。また、臨機応変型の防除では、共防より個人防除のほうが実施しやすいので、防除体制の改変も一考の余地がある。

情報の迅速な伝達は、予察利用型防除には欠かせないものであり、パソコン通信による情報を共防や個人の農家も利用できるようにしたい。

おわりに

リング病虫害の発生予察には多くの困難な問題が含ま

れ、予察法を研究する前に、マイナーな病虫害を含め、発生生態を十分に解明することが先決である。そのうえで主要な病虫害から順に予察法を研究すべきであろう。しかし、予察法を作ってもそれが農家に受け入れられなければ役に立たない。予察法は経済性を考慮して作られるものだから、実害が生じない程度の省力・低コスト防除体系の確立が目標である。現在のように、病虫害が多発するごとに損害賠償が持ち上がる状況下では、減農薬にかかわる予察データを提供するのは勇気のいることであり、栽培者の意識改革も必要である。

引用文献

- 1) 新谷潤一 (1996): 植物防疫 50(8): 23~26.
- 2) ELLIS, M. A. et al. (1984): Plant Dis. 68: 1055~1057.
- 3) 藤田孝二ら (1981): 青森りんご試報 19: 57~84.
- 4) ——— (1986): 北日本病虫研報 37: 191.
- 5) 藤田孝二 (1988): 日植病報 54: 90~91.
- 6) 林 重昭・落合政文 (1975): 福島園試報 5: 23~29.
- 7) 平良木武 (1973): 岩手園試報 3: 1~75.
- 8) ——— (1985): 農及園 60(7): 59~64.
- 9) 糸井節美ら (1964): 日蚕雑 33: 161~166.
- 10) 岩谷 齊・藤田孝二 (1990): 東北農業研究 43: 215~216.
- 11) JONES, A. L. et al. (1980): Plant Dis. 64: 69~72.
- 12) 久保村安衛 (1977): 蚕糸研究 101: 121~132.
- 13) 工藤祐基ら (1968): 青森りんご試報 12: 25~122.
- 14) MACHARDY, W. E. and D. M. GADOURY (1989): Phytopathology 79: 304~310.
- 15) MILLS, W. D. and A. A. LAPLANTE (1954): Cornell Ext. Bull. 711 rev.: pp. 20~28.
- 16) 仲谷房治ら (1989): 北日本病虫研報 40: 70~73.
- 17) 仲谷房治 (1989): 日植病報 55: 489.
- 18) 落合政文・林 重昭 (1976): 福島園試報 6: 17~26.
- 19) 尾形 正・落合政文 (1991): 北日本病虫研報 42: 74~76.
- 20) ———・——— (1992): 同上 43: 85~86.
- 21) ———・——— (1993): 同上 44: 83~85.
- 22) 大友義視 (1970): 同上 21: 70.
- 23) ——— (1972): 同上 23: 117.
- 24) 佐久間勉ら (1984): 果樹試報 C11: 39~47.
- 25) 佐藤利美ら (1991): 北日本病虫研報 42: 69~73.
- 26) 沢村健三 (1972): 弘大農報 18: 152~235.
- 27) 四方 久・三枝隆夫 (1978): 日蚕雑 47: 519~526.
- 28) 武田真一ら (1982): 北日本病虫研報 33: 148.
- 29) TOMERLIN, J. R. and A. L. JONES (1983): Phytopathology 73: 51~54.
- 30) 雪田金助ら (1990): 日植病報 56: 112~113.