

リンゴ黒星病に関する研究

(1) 治療効果のある殺菌剤の検索と防除への利用

中 沢 憲 夫 ・ 福 島 千 萬 男

Studies on Apple Scab Disease

(1) Screening Fungicides with Curative Action and Evaluation in the Fields

Norio NAKAZAWA and Chimao FUKUSHIMA

Aomori Apple Experiment Station
Kuroishi, Aomori, 036-03, Japan

目 次

緒 言	17
実験材料及び方法	17
結 果	19
考 察	30
摘 要	32
引用文献	33
Summary	35
写 真	37

緒 言

わが国でリンゴ黒星病が最初に発生したのは1952年ころで、北海道札幌市郊外で発見された(11)。その後、1967年までは発生が北海道に限定されていたが(12)、1968年には本州最初の発生が岩手県で確認され(16, 19)、翌1969年には青森及び秋田県で(7, 16)、また1972年以降は山形(20)、宮城及び福島県で発生が認められるなど、発生地帯は次第に拡大し、現在主要リンゴ栽培県のすべてで本病が確認されている。

青森県では、1969年の初発後3年間は局所的な発生にとどまっていたが、1972年に県内全域に本病が発生してからは、厳しい防除体制(7)にもかかわらず発生量は年々増加している。特に、防除効果が高かったチオファネートメチル及びベノミル両剤に対する耐性菌が多くなった1980年ころ以降は、発生量の増加が著しく、最近では各地で本病が多発して大きな問題となっている。

黒星病の防除に失敗する最も大きな原因は、本病の重要な防除時期である開花直前から落花20日後ころまでの防除が徹底されないことにある。特に目立つのは落花直後の防除の遅れや省略で、この時期は第一次伝染源である子のう胞子が例年最も多く飛散する時期に相当する。黒星病の発生に好適な低温多雨の気象条件下では、開花期間が長引き、また降雨で防除できないことから、落花直後の防除は遅れ、開花直前からの散布間隔はさらに長くなる。従来用いてきた防除剤の大部分は予防効果のみの薬剤であり、病原菌に感染後の散布では発病を阻止できないので、このような散布の

遅れはしばしば黒星病の多発を招いてきた。以上のことから、黒星病防除における定期的な薬剤散布の重要性が指摘される一方、多少の防除の遅れにも十分対応できる殺菌剤の出現が期待されていた。

SZKOLNIK (22, 23)は、黒星病の感染前、感染後、発病前及び発病後のいずれの段階で活性を示すかによって防除薬剤を区分し、数種殺菌剤が感染成立後及び発病後の散布でも効果を示すことを報告した。そこで筆者らは、既に使用されている黒星病防除剤及び未登録(1983年当時)ではあるが各種試験で優れた効果を示した殺菌剤数種を供試し、SZKOLNIK (22)の考えに準じて感染後においても発病を阻止する薬剤を検索し、その利用方法について圃場レベルで検討してきた。それらの結果の一部は既に報告してきているが(9, 10)、その後行った試験も併せて取りまとめたので以下に報告する。なお本報告では、感染成立後の散布による発病阻止効果を便宜上治療効果と呼ぶことにする。

本研究を行うにあたり、病虫部長瀬川一衛氏から多くの有益な助言をいただき、また本論文を校閲していただいた。厚くお礼申し上げる。また、Summaryを校閲していただいたニューヨーク州立農試W. F. WILCOX博士、研究開始当初から激励と助言をいただいた場長工藤祐基氏並びに次長田中弥平氏、走査型電子顕微鏡の操作及び標本作成に助言をいただいた弘前大学植物病理学教室藤田隆氏、圃場試験に協力いただいた病虫部病害担当職員各位に感謝申し上げます。

実験材料及び方法

供試植物及び接種方法：接種には1 a / 5,000の塩ビ製ワグナーポットに植え、新梢が伸長中の‘ふじ’ / マルバカイドウを供試した。供試菌として主にKM-7 (1981年、金木町で採集した‘陸奥’の被害葉から分離)を用いたが、分生孢子形

成能が低下したため、一部試験ではT A M - 1 (1984年、田子町で採集した‘陸奥’の被害葉から分離)を用いた。内壁にガーゼを付着させた広口びんに4%麦芽エキスを35 ml入れ、供試菌を接種した。約20度に傾け、18℃で約3週間培養後、

ガーゼを取り出し、蒸留水中で強くかくはんして分生胞子を懸濁させた。この懸濁液をガーゼで濾過し、遠心(4,000 rpm, 20分)によって集菌した後、蒸留水を加えて分生胞子濃度約 1.6×10^5 個/ml の接種源を得た。接種にはクロマト用噴霧器を用い、葉の表面に小さな水滴ができる程度に分生胞子懸濁液を噴霧接種した。

感染条件の検討：接種したポット植えの‘ふじ’を直ちに5, 10, 15, 18, 20及び25℃に保った過湿条件下に移し、12, 24, 36, 48及び72時間後にそれぞれの温度段階から2ポットずつ取り出した。以後野外での管理を続け、接種2週間後に新梢のすべての葉について発病の程度を下記の基準で調査した。

発病程度

- 0：発病なし
- 1：病斑面積が葉の1/4未満
- 2：病斑面積が葉の1/4～1/2未満
- 3：病斑面積が葉の1/2以上

治療効果を有する薬剤の検索：本研究では第1表に示した16種の殺菌剤を供試した。このうち10種については接種直前、接種2, 5及び8日後の‘ふじ’苗木に散布し、残り6種については接種直前及び接種2日後の苗木に散布した。散布は手動式の噴霧器を用い、葉の表裏両面にていねいに行った。接種した苗木は18℃の過湿条件に2日間保ち、その後は野外で管理を続けた。接種20日後、すべての葉について発病の有無を調査した。

発病後の分生胞子形成阻止効果：‘ふじ’苗木に分生胞子懸濁液を噴霧接種し、発病が認められた接種11日後に1薬剤当たり4樹を供試して薬剤を散布した。接種21日後に各新梢の発病の最も激しい葉を採取し、それらの病斑から直径0.8 cmの円板10個を任意に打ち抜いた。各円板を5 mlの殺菌蒸留水が入った試験管に入れ、簡易ミキサーで1分間強く振とうした後、懸濁液1滴をスライドグラスに滴下し、検鏡によって分生胞子数を数えた。

治療病斑の走査電子顕微鏡観察及び病原菌の分

第1表 供試殺菌剤一覧表

殺菌剤		供試濃度(倍)
トリフルミゾール30%	水和剤	3,000
ビテルタノール25%	水和剤 ¹⁾	2,500
フェナリモル12%	水和剤	3,000
プロクロラズ50%	水和剤	1,000
CC-132	水和剤 ²⁾	1,000
トリホリン7.7%	水和剤	500
ベノミル50%	水和剤	3,000
グアザチン25%	液剤	1,000
ピリフェノックス50%	乳剤	4,000
ジラム50%・チウラム30%	水和剤	600
キャプタン40%・ホセチル40%	水和剤	800
キャプタン80%	水和剤	800
プロピネブ70%	水和剤	500
有機銅 50%	水和剤	750
マンゼブ4%・DPC66%	水和剤	500
HF-8334	水和剤 ³⁾	1,000

1)：一部3,000倍

2)：不明化合物2.5%，キャプタン47.5%

3)：不明化合物15%

離：供試薬剤を発病前(接種6日後)及び発病初期(接種13日後)の‘ふじ’苗木に散布した。接種21日後、典型的な黒星病斑、赤褐色斑点及び治癒型病斑から5 mm角の切片を切り取り、組織片置床法によって黒星病菌の分離を行った。分離にはストレプトマイシン30 ppm加用アンズ煎汁寒天培地を用いた。一方、同様にして得た病斑の切片を2%グルタルアルデヒド及び1% OsO₄ で二重固定し、エタノール系列で脱水した。これを酢酸イソアミルで置換した後、イオンスパッタリングで蒸着し、走査型電子顕微鏡(日本電子, JSM-T200型)によって観察した。

分生胞子発芽阻止効果：4%麦芽エキスで約3週間培養した黒星病菌の分生胞子を供試薬液に懸濁し、その0.05 mlをスライドグラス上の1%素寒

天に滴下した。18℃の過湿条件に20時間保った後、コットンブルーで染色、固定し、発芽率及び発芽管長を検鏡によって調査した。

子のう胞子の飛散消長：10月下旬～11月上旬に黒星病被害葉を採集し、りんご試験場敷地内に設置した縦、横及び高さそれぞれ1.2、1.2及び0.6 mの木枠に地面が見えなくなる程度に敷き詰めた。翌年5月1日から6月20日まで毎日、グリセリンゼリー塗抹スライドガラス2枚を、塗抹面を上にして被害葉堆積面から1 cmの高さに設置し、付着した子のう胞子数を検鏡によって調査した。検鏡は、1枚のスライドガラスに18×18mmのカバーガラスを1枚かけ、その全面について行った。

圃場における防除効果：1984及び1985年は黒石市高館の現地圃場で6～7年生の‘ふじ’を1区3樹供試して、また1986年から1988年までは弘前

市一野渡の現地圃場で約10年生の‘ふじ’を1区3樹供試して行った。いずれも開花直前から落花20日後ころまでを試験対象時期とし、動力噴霧機を用いていねいに薬剤を散布した。6月下旬～7月上旬に1樹当たり20新梢を目通りの高さから任意に選び、その全葉について発病の有無を調査した。

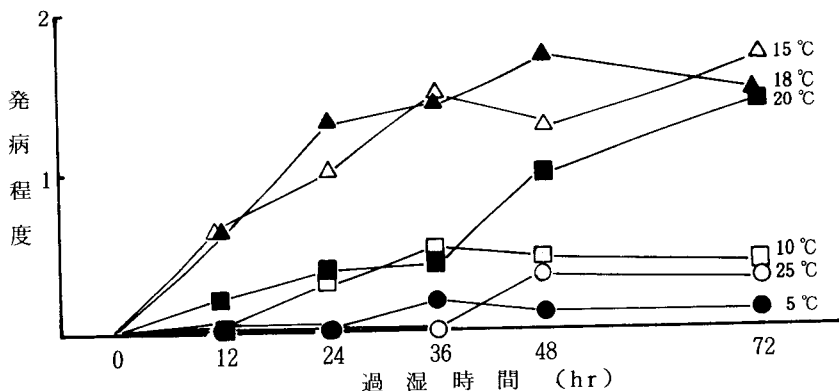
発生消長調査：1985年は黒石市高館、1986年は弘前市一野渡、1987～1988年は黒石市牡丹平、青森県りんご試験場で行った。それぞれ圃場の一角を殺菌剤無散布とし、高館では7年生の‘ふじ’、一野渡では10年生の‘ふじ’をそれぞれ3樹供試し、1樹当たり20新梢に標識を付け、その全葉について5月下旬から7月上、中旬まで発病程度を調査した。また、りんご試験場では‘ふじ’の若木数樹から20～30新梢を選んで標識を付け、高館及び一野渡と同様に調査した。

結 果

(1) 感染成立条件

接種した‘ふじ’苗木における発病と接種後保った過湿時間及び温度との関係を第1図に示した。温度が15、18及び20℃では12時間の過湿で10日後に発病が認められたが、10℃では24時間、5及び25℃ではそれぞれ36及び48時間の過湿時間が感染に必要であった。また、15及び18℃では過湿時間が36及び48時間の場合に最も高い発病程度に達し

たが、5及び25℃では過湿時間を長くしても発病程度は高まらなかった。以上のことから、黒星病の感染には15～18℃の過湿条件が好適で、48時間後には侵入すべき大部分の黒星病菌が葉の中に侵入し、感染が成立するものと考えられた。そこで、以下の試験では接種した植物はすべて18℃の過湿条件に48時間保ち、その後は野外で管理を続けた。

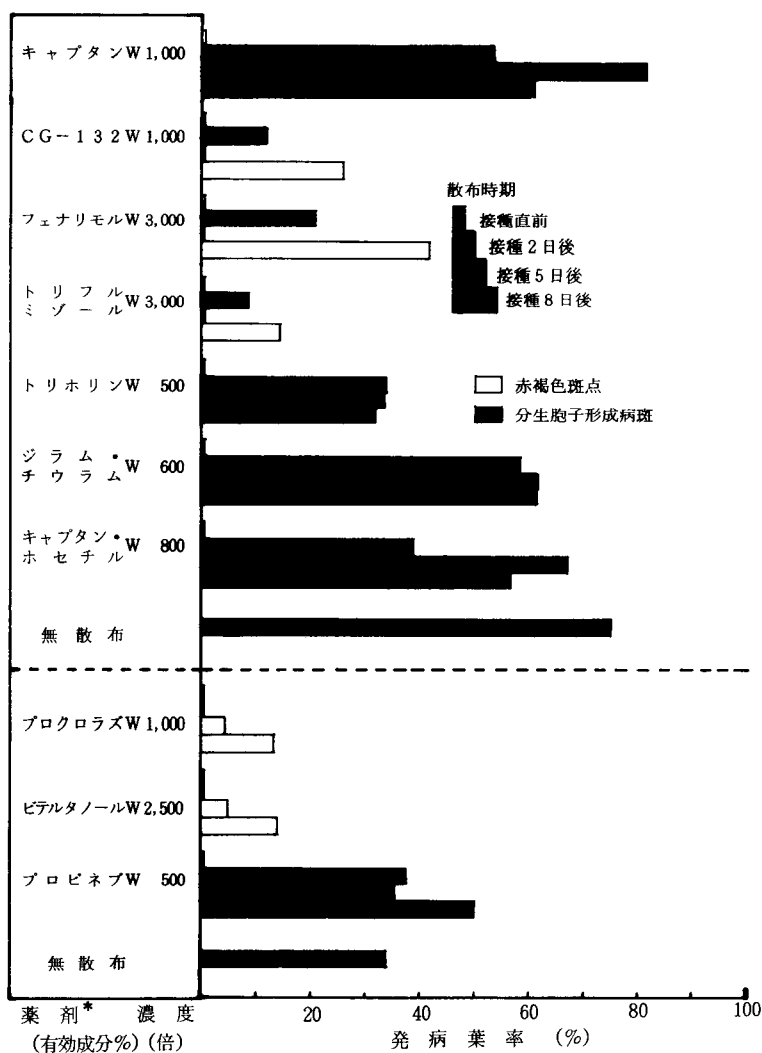


第1図 接種後保った過湿時間及び温度と発病程度

(2) 治療効果を有する薬剤の検索

10種の殺菌剤を接種直前、接種2、5及び8日後の‘ふじ’に散布した結果を第2図に示した。いずれの薬剤においても接種直前の散布では発病が認められず、高い予防効果が確認された。接種2、5及び8日後の散布では、散布むらによる発病が一部に認められたものの、トリフルミゾール、フェナリモル、ビテルタノール、プロクロラズ及びCG-132が明らかに発病を阻止し、治療効果が認められた。接種5又は8日後にこれらの薬剤を

散布した葉では、分生胞子形成の認められない赤褐色の斑点が観察された(写真I-2, 3)。ジラム・チウラム、キャプタン、キャプタン・ホセチル及びプロピネブは、接種2、5、及び8日後に散布しても発病が多く、治療効果は認められなかった。トリホリンは接種2、5、及び8日後のいずれの散布でも発病がやや少なかったが、赤褐色の斑点は観察されず、トリフルミゾール、フェナリモル及びビテルタノール等とは明らかに異なった。ほかの6種の殺菌剤についても、接種直前

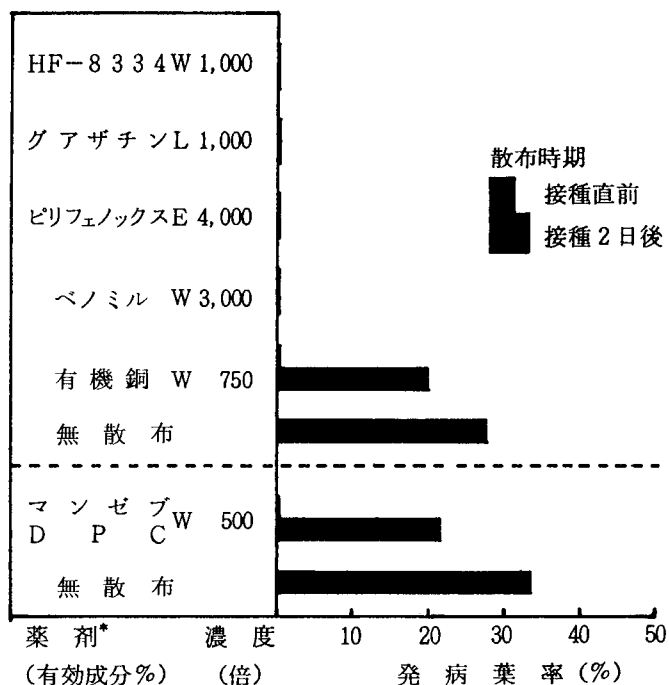


第2図 各種薬剤の黒星病発病阻止効果(1)

(* : W 水和剤)

及び接種2日後の‘ふじ’に散布して発病程度を調査した結果、ベノミル、グアザチン及びピリフェノックスなど4種で治療効果が認められた（第

3図）。有機銅及びマンゼブ・DPCでは治療効果が認められなかった。



第3図 各種薬剤の黒星病発病阻止効果(2)

(* W:水和剤, L:液剤, E:乳剤)

治療効果のある殺菌剤としてトリフルミゾール及びビテルタノールを、また予防効果のみの殺菌剤としてキャプタン及びジラム・チウラムをそれぞれ供試し、発病初期の病斑に散布した結果を第2表に示した。キャプタン及びジラム・チウラムを散布した病斑の分生胞子数は無処理葉と同程度であったが、トリフルミゾール及びビテルタノールを散布した病斑上の分生胞子数は無処理葉と比較して明らかに少なく、胞子形成阻止効果が認められた。

第2表 殺菌剤を散布した病斑における分生胞子量

殺菌剤	濃度(倍)	100倍1視野当たり分生胞子数*
トリフルミゾールW	3,000	0.2
ビテルタノールW	2,500	0.1
ジラム・チウラムW	600	4.6
キャプタンW	800	2.3
無散布		2.5

*:病斑を殺菌水5mlに入れ、振とうして検鏡。
W:水和剤。

第3表 治ゆ型病斑からの黒星病菌の分離

殺菌剤	濃度(倍)	散布 接種後(日)	症状	供試切片数	調査可能* 切片数	黒星病菌 分離数
トリフルミゾールW	3,000	6	赤褐色斑点	30	18	0
		13	え死病斑	30	13	9
ビテルタノールW	2,500	6	赤褐色斑点	30	25	0
		13	え死病斑	30	14	12
キャプタンW	800	6	典型的病斑	30	8	8
		13	典型的病斑	30	13	13
チウラム・ジラムW	600	6	典型的病斑	30	13	13
無散布		—	典型的病斑	30	4	4

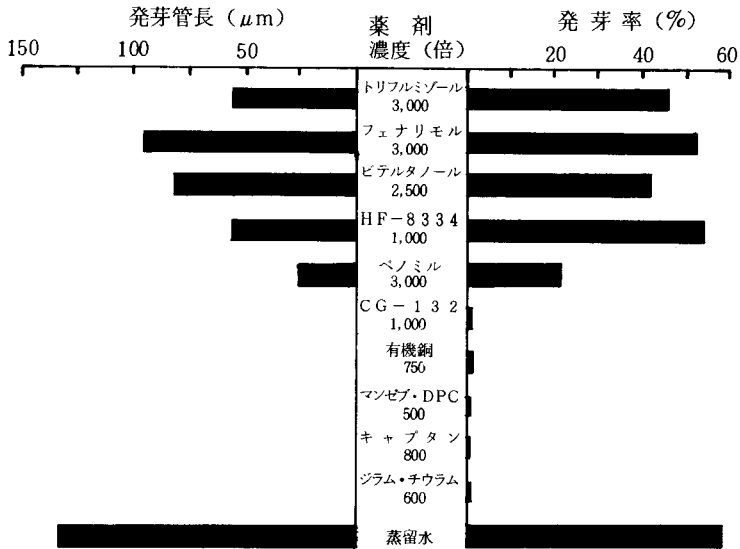
*：雑菌の汚染で調査不能となった切片を除いた数。 W：水和剤。

第3表は、発病前の接種6日後及び発病初期の接種13日後に殺菌剤を散布し、接種21日後に病斑の観察と黒星病菌の分離を行った結果である。キャプタン及びジラム・チウラムを散布した葉では、発病前及び発病後の散布を問わず、無処理(写真I-1, 6)と同様典型的な黒星病斑(写真I-7)が認められ、これらの病斑からは黒星病菌が高率に分離された。一方、トリフルミゾール及びビテルタノールを散布した場合、発病前の散布では孢子形成を伴わない赤褐色斑点(写真I-2, 3)が出現し、発病初期の散布ではその後の孢子形成が抑えられ(写真I-8)、やがて褐色のえ死病斑(写真I-4, 5)となった。このうち、え死病斑からは黒星病菌が分離されたが、赤褐色斑点からは全く分離されなかった。

発病初期に薬剤を散布した病斑を散布8日後に採取し、走査型電子顕微鏡で観察した結果、キャプタンを散布した病斑では分生孢子が多く(写真II-3)、またその形態のゆがみや奇形も観察さ

れず(写真II-4)、殺菌剤無散布の病斑(写真II-1, 2)との差が認められなかった。これに対し、トリフルミゾール及びビテルタノールを散布した病斑では、正常な形態の分生孢子は少なく(写真II-5, 7)、孢子形成の認められない分生子柄や奇形の分生孢子が観察された(写真II-6, 8)。

第4図には各種殺菌剤の分生孢子発芽阻止効果を示した。接種試験で治療効果を示した薬剤のうち、混合剤のCG-132を除くトリフルミゾール、ビテルタノール、フェナリモル、ベノミル及びHF-8334のすべてで高率に分生孢子的発芽が認められた。これらの薬剤のうち、ベノミルでは発芽管先端の分岐や膨潤など異常発芽(18)が観察されたが、ほかの薬剤では、発芽管の伸長がやや抑えられたものの異常発芽は認められなかった。一方、治療効果の認められなかった有機銅、マンゼブ・DPC、キャプタン及びジラム・チウラムはいずれも発芽を強く抑制した。

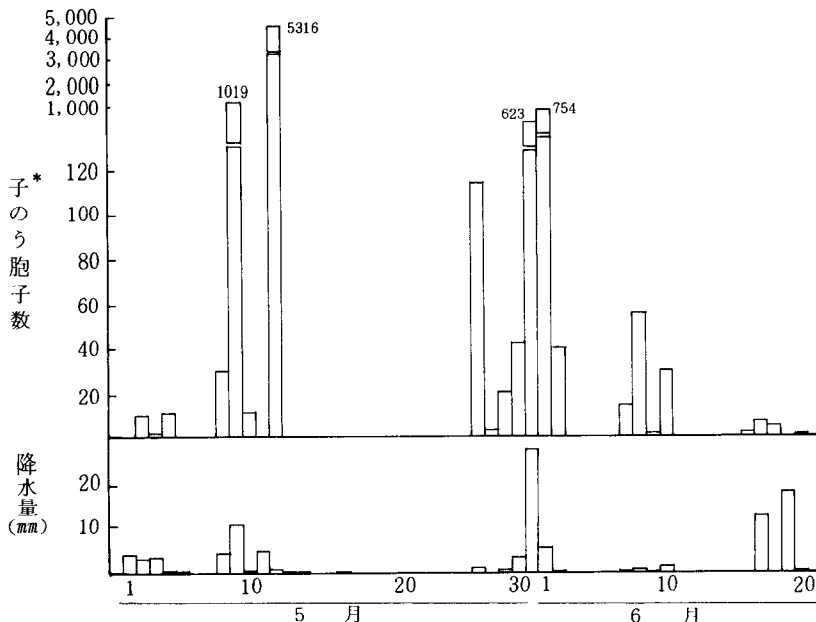


第4図 各種薬剤の分生孢子発芽阻止効果

(3) 圃場における防除効果

1984年：子のう孢子飛散消長と気温及び降水量の推移を第5図に示した。子のう孢子飛散のピークは5月2～4日，7～12日，27～6月2日，7～10日及び16～19日の5回認められた。この年は春から低温が続いてリンゴの生育が著しく遅れた

ため，前2つのピーク時は展開した葉が少なく，感染はほとんどなかったものと推定される。感染に関与したと考えられる後半3つのピークのうち，特に5月27日～6月2日は子のう孢子数が多く，また降雨も5日連続認められており，発生量に最も大きく関与したと考えられる。



第5図 越冬被害葉からの子のう孢子飛散消長と降水量の推移 (1984)

(* : 18×18mmのカバーガラス2枚当たり数)

第4表 異なる殺菌剤，散布時期及び散布間隔による黒星病発生量の差異 (1984)

散布回数	殺 菌 剤*					発病葉率(%)
	(5・23)	(6・2)	(6・7)	(6・12)	(6・22)	
4	T	T	—	T	T	0.1
4	C	C	—	C	C	4.9
3	T	—	T	—	T	0
3	C	—	C	—	C	7.4
2	T	—	—	T	—	13.1
2	C	—	—	C	—	10.3
2	—	T	—	—	T	1.5
2	—	C	—	—	C	9.9
1	T	—	—	—	—	22.2
1	C	—	—	—	—	37.6
1	—	T	—	—	—	7.0
1	—	C	—	—	—	5.7
1	—	—	—	T	—	18.5
1	—	—	—	C	—	22.6
0	—	—	—	—	—	23.4

* T：トリフルミゾール水和剤3,000倍 C：キャプタン水和剤800倍，—：無散布。

()内は散布月日で，それぞれ開花直前，落花直後 落花5日後，落花10日後及び落花20日後にはほぼ相当する。

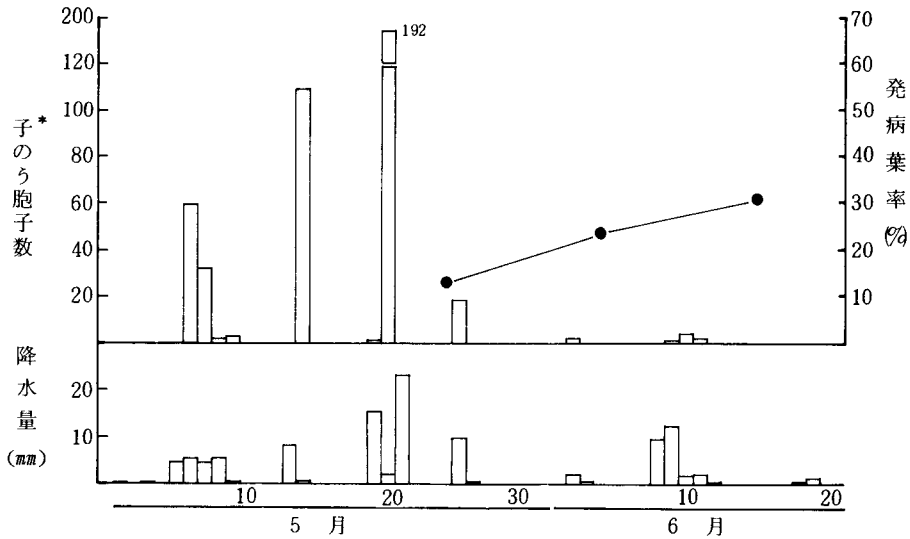
このような子のう胞子の飛散状況下で行った防除試験の結果を第4表に示した。治療効果のある殺菌剤としてトリフルミゾール，予防効果のみの殺菌剤としてキャプタンをそれぞれ供試し，両殺菌剤の防除効果を比較した。両薬剤を開花直前(5月23日)，落花直後(6月2日)及び落花10日後(6月12日)のいずれか1回散布した場合，両薬剤とも落花直後，すなわち子のう胞子が7日連続飛散した第3のピークの最終日が最も防除効果が高かった。落花直後に散布しないと発病の多くなる傾向が認められたが，トリフルミゾールは開花直前，落花5日後及び落花20日後の3回散布(15日間隔)でも4回散布(10日間隔)と同等の効果を示し，ともにキャプタンの4回散布より防除効果が勝った。また，トリフルミゾールの2回散布(20日間隔)のうち，落花直後及び落花20日後に散布した場合は同剤の3及び4回散布より劣ったが，キャ

プタンの4回散布よりは勝る防除効果を示した。キャプタンは散布間隔が長くなるにつれて発生量が多くなった。

1985年：子のう胞子飛散消長及び降水量の推移を第6図に示した。子のう胞子の飛散日数が少なく，2日以上連続して飛散が認められたのは5月6～9日，13～14日，19～20日及び6月9～11日の4回であった。この年は5月24日で発病葉率がすでに11.5%に達しており，黒星病の潜伏期間14～20日から推定して，最初のピークが発生量に大きく関与したと考えられる。前年同様トリフルミゾール及びキャプタンを，時期及び間隔を変えて散布した結果を第5表に示した。トリフルミゾールを開花直前(5月13日)，落花直後(5月23日)及び落花10日後(6月3日)のいずれか1回散布した場合，開花直前の散布が最も高い防除効果を示したが，発病後の散布となった落花直後は防除効果

が劣り、前年と異なった。しかし、前年同様トリフルミゾールの15日間隔3回の散布は同剤の10日間隔4回の散布と同等の防除効果で、ともにキャプタンの10日間隔4回散布より勝った。またトリ

フルミゾールを開花直前及び落花10日後の2回、20日間隔で散布した場合でも、キャプタンの4回散布と同等の防除効果を示した。



第6図 越冬被害葉からの子のう胞子飛散消長と降水量の推移（1985）
（*：18×18mmのカバーグラス2枚当たり数）

第5表 異なる殺菌剤、散布時期及び散布間隔による黒星病発生量の差異（1985）

散布回数	殺菌剤*					発病葉率(%)
	(5・13)	(5・23)	(5・28)	(6・3)	(6・13)	
4	T	T	—	T	T	0.1
4	C	C	—	C	C	4.5
3	T	—	T	—	T	0.1
3	C	—	C	—	C	9.7
2	T	—	—	T	—	3.8
2	C	—	—	C	—	10.5
2	—	T	—	—	T	15.5
2	—	C	—	—	C	25.2
1	T	—	—	—	—	9.6
1	—	T	—	—	—	18.3
1	—	C	—	—	—	18.7
1	—	—	—	T	—	22.0
0	—	—	—	—	—	41.0

* T：トリフルミゾール水和剤3,000倍，C：キャプタン水和剤800倍，—：無散布。
()内は散布月日で、それぞれ開花直前、落花直後、落花5日後、落花10日後及び落花20日後にはば相当する。

1986年：第7図に子のう胞子の飛散消長，降水量の推移及び発生消長を示した。降雨及び子のう胞子の飛散が連続して認められたのは5月6～7日，19～20日，24～25日及び30～31日の4回であるが，飛散量が多かったことや，黒星病の発病が6月上旬から始まり，6月10日までに急増したことから推定して，5月19～20日及び24～25日に飛散した子のう胞子が発生量に大きく関与したと考えられる。また，5月31日以降6月半ばまではほとんど降雨がないにもかかわらず，6月24日まで発病が漸増しているが，これには5月29～30日に飛散した子のう胞子のほか，病斑から飛散した分生胞子による二次感染も関与したと推定される。

このような条件下で行った防除試験の結果を第6表に示した。治療効果のあるE B I剤を予防効

果のみのキャプタンと組み合わせて散布した結果，4回散布では，トリフルミゾール又はピテルタノールを落花直後（5月21日）又は落花10日後（5月29日）のいずれか1回使用することにより，キャプタンのみを散布した場合より防除効果が高まった。特に落花10日後に散布した場合の効果が高かったが，これは落花10日後の散布が，5月19～20日，24～25日及び29～30日に飛散した子のう胞子による発病を阻止したためと推定される。落花直後のE B I剤散布では，散布後に展葉した葉が5月24～25日に飛散した子のう胞子に感染したためか，落花10日後の散布より効果が劣った。なお，防除回数が2又は3回でも，E B I剤を1回散布することによってキャプタンの4回散布と同等～やや勝る効果が得られた。

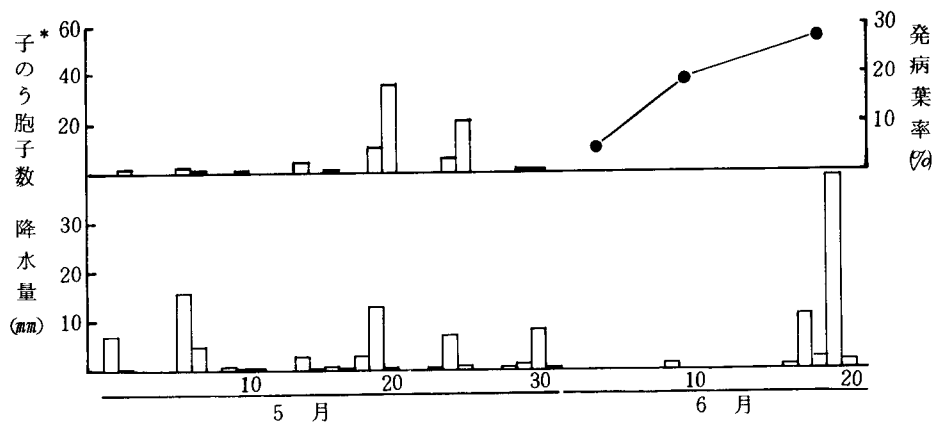
第6表 トリフルミゾール及びピテルタノールの使用時期による黒星病発生量の差異 (1986)

散布回数	殺菌剤*					発病葉率(%)
	(5.8)	(5.21)	(5.24)	(5.29)	(6.9)	
4	C	C	—	C	C	13.6
4	C	T	—	C	C	8.5
4	C	B	—	C	C	7.9
4	C	C	—	T	C	1.8
4	C	C	—	B	C	2.8
3	C	—	T	—	C	12.6
3	C	—	B	—	C	7.7
2	—	T	—	—	C	9.4
2	—	B	—	—	C	10.2
0	—	—	—	—	—	32.6

* T：トリフルミゾール水和剤3,000倍， B：ピテルタノール水和剤2,500倍，

C：キャプタン水和剤800倍， —：無散布。

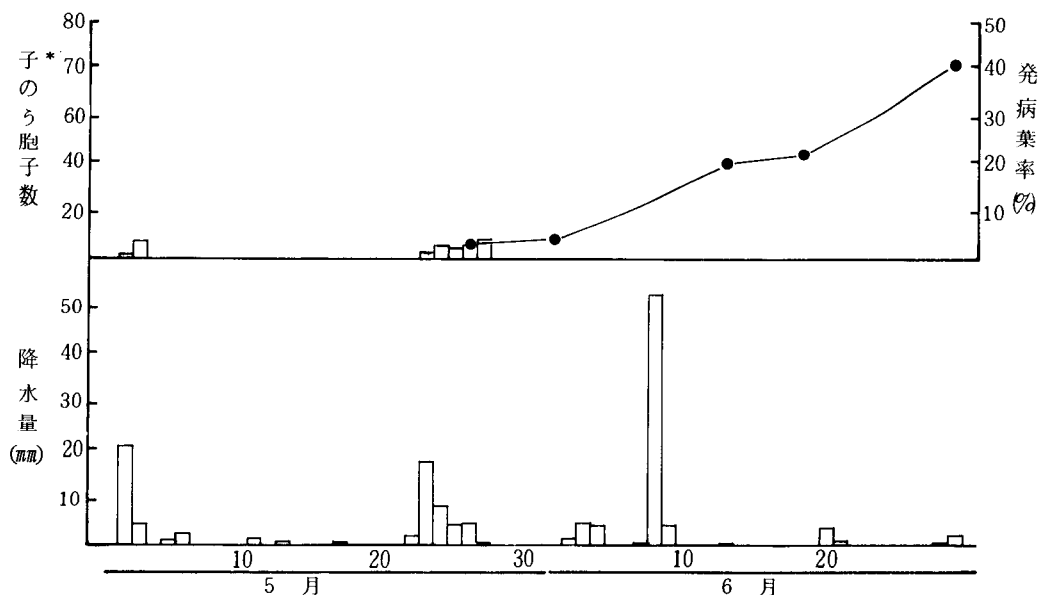
()内は散布月日で，それぞれ開花直前，落花直後，落花5日後，落花10日後及び落花20日後にはほぼ相当する。



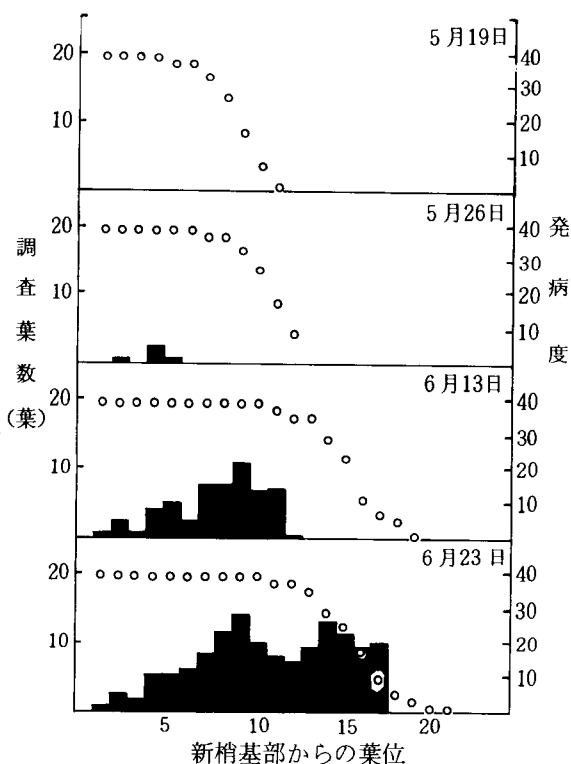
第7図 越冬被害葉からの子のう胞子飛散消長，発生病消長及び降水量の推移（1986）
 (* : 18×18mmのカバーグラス2枚当たり数)

1987年：第8図に子のう胞子の飛散消長，降水量の推移及び発生病消長を示した。また，第9図には新梢基部からの葉位別発生病消長を示した。子のう胞子は飛散量が少なく，消長を十分に把握できなかったが，5月2～3日及び22～23日ころに連続して飛散が認められた。最初の病斑は5月20～26日に現れ，その後6月1～13日及び18～23日の間に発病が急増した。新梢の先端葉ほど黒星病にり病しやすいことや，り病葉が展開したと予想さ

れる日から，5月20～26日の発病には5月2～3日の子のう胞子が，また6月10日前後の急増には5月23～27日に連続して飛散した子のう胞子がそれぞれ関与したと考えられる。5月28日以降子のう胞子の飛散が認められないにもかかわらず，6月23日の調査で発病が急増しているが，これは6月2～4日及び7～9日の連続降雨による二次感染の結果と考えられる。



第8図 越冬被害葉からの子のう胞子飛散消長，発生病消長及び降水量の推移（1987）
 (* : 18×18mmのカバーグラス2枚当たり数)



第9図 黒星病の葉位別発病消長

(* 発病度 = $\frac{\sum \text{発病程度} \times \text{発病程度を防止した葉数}}{\text{調査葉数} \times 3} \times 100$)

このような条件下で行った防除試験の結果を第7表に示した。この年の試験は、治療効果のあるトリフルミゾール、ピテルタノール及びフェナリモルの3種EBI剤を利用し、防除回数を現行の4回から2あるいは3回に削減することを目的として行った。予防効果のみのキャプタンをほぼ10日間隔で4回散布した区を対照とすると、同等の効果を示したのは開花直前(5月8日)にキャプタン、落花10日後ころ(5月29日)にEBI剤をそれぞれ散布した区(防除回数2回)と、開花直前にキャプタン、落花5日後ころ(5月25日)及び落花20日後ころ(6月9日)にEBI剤をそれぞれ散布した区(防除回数3回)であった。落花10日後ころは5日連続して子のう胞子の飛散が認められた日の2日後、落花5日後頃は子のう胞子の飛散中、落花20日後ころは病斑が増加し始めた時期にそれぞれ相当する。EBI剤を落花直後及び落花20日後ころの2回散布した区で防除効果が劣ったが、これは落花直後の散布が胞子飛散のピークより5日ほど早く、散布後展開した葉の感染を防ぐことができなかつたためと推定される。ま

第7表 異なる殺菌剤、散布時期及び散布間隔による黒星病発生量の差異(1987)

散布回数	殺菌剤*					発病葉率 (%)
	(5.8)	(5.18)	(5.25)	(5.29)	(6.9)	
4	C	C	-	C	C	6.5
3	C	-	T	-	C	10.1
3	C	-	B	-	C	10.2
3	C	-	F	-	C	15.4
3	C	-	T	-	T	3.5
3	C	-	B	-	B	5.9
3	C	-	F	-	F	7.8
2	C	-	-	T	-	9.2
2	C	-	-	B	-	4.9
2	C	-	-	F	-	4.9
2	-	T	-	-	T	16.7
2	-	B	-	-	B	15.1
2	-	F	-	-	F	19.9
0	-	-	-	-	-	43.4

* T:トリフルミゾール水和剤 3,000倍, B:ピテルタノール水和剤 2,500倍, F:フェナリモル 3,000倍水和剤, C:キャプタン水和剤 800倍, -:無散布。

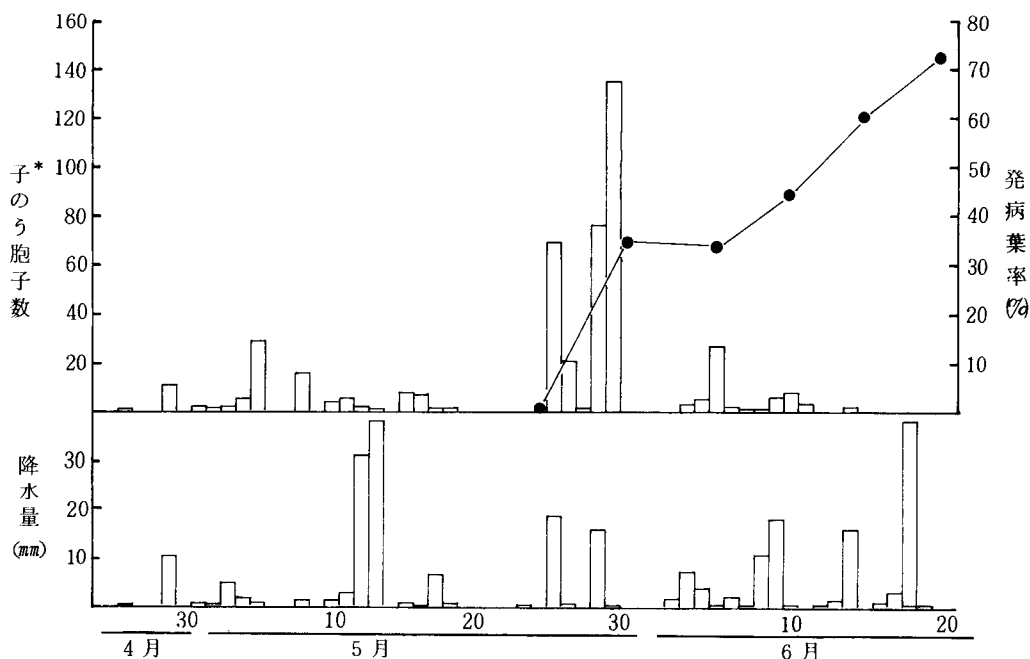
()内は散布月日で、それぞれ開花直後、落花直後、落花5日後、落花10日後及び落花20日後にほぼ相当する。

た、防除回数3回の場合、落花20日後ころにキャプタンを使用した区がE B I 剤を使用した区より防除効果がやや劣ったが、これはキャプタンが6月上旬の二次感染を防ぐことができなかったためと考えられる。なお、供試したトリフルミゾール、ピテルタノール及びフェナリモルの各E B I 剤間に差は認められなかった。

1988年：第10図に子づの胞子飛散消長、発生長及び降水量の推移を示した。この年は降雨日数が多かったため、胞子の飛散日数も多く、5月1, 3, 4, 6半旬及び6月1～2半旬には3～9日間連続して飛散が認められた。最も多かったのは

5月6半旬であるが、降水量から5月3半旬、特に12及び13日も相当量飛散したと推定される。

葉の病斑は5月24日の調査でわずかに認められたが、発病の増加は5月30日及び6月10～25日の調査で認められた。本病の潜伏期間、約14～20日から逆算して5月3～4半旬及び6半旬に飛散した子づの胞子が発病の増加に大きく関与したと推定されるが、5月30日で発病葉率が30%を越えていたことから、6月上旬の降雨に伴って多くの分生胞子が飛散したと推定され、これが後半の発病増加につながったと考えられる。



第10図 越冬被害葉からの子づの胞子飛散消長、発生長及び降水量の推移 (1988)

(* 18×18mmのカバーガラス2枚当たり数)

このような条件下で行った防除試験の結果を第8表に示したが、6月1日の調査では発病がほとんど観察されなかったことから、試験圃場の一野渡ではりんご試験場と異なり、5月3～4半旬の子づの胞子飛散がほとんどなかったと考えられる。したがって、試験圃場で発生量に大きく関与したのは5月6半旬に飛散した子づの胞子で、これに対する対応によって発生量に差が生じたものと推

察される。

開花直前 (5月16日) から落花20日後ころ (6月15日) まではば10日間隔でキャプタンを散布した区 (防除回数4回) を対照とすると、開花直前にキャプタンを散布し、落花7日後ころ (6月6日) 及び落花20日後ころにE B I 剤を散布した区 (防除回数3回) で黒星病の発生量が少なかった。しかし、落花20日後ころのE B I 剤の代わりにキ

ャプタンを散布した場合は防除効果は劣り、対照区と同等であった。この差は、6月上旬の降雨に伴って飛散した子のう胞子及び分生胞子に感染した葉に対する治療効果の有無に起因していると考

えられる。一方、子のう胞子の飛散状況や気象から発病前と判断した5月25日及び6月10日にビテルタノールを散布した場合(防除回数2回)も対照より勝った。

第8表 異なる殺菌剤、散布時期及び散布間隔による黒星病発生量の差異(1988)

散布回数	殺菌剤*						発病葉率(%)	
	(5.16)	(5.25)	(6.1)	(6.6)	(6.10)	(6.15)	(6.1)	(6.28)
4	C	C	—	C	—	C	0	2.0
3	C	—	T	—	—	T	0.2	0.2
3	C	—	B	—	—	B	0	0.9
3	C	—	F	—	—	F	0.4	0.2
3	C	—	T	—	—	C	0	2.4
3	C	—	B	—	—	C	0	3.9
3	C	—	F	—	—	C	0	3.9
2	—	B	—	—	B	—	0	0.6
0	—	—	—	—	—	—	2	31.5

* T:トリフルミゾール水和剤 3,000倍, B:ビテルタノール水和剤 3,000倍, F:フェナリモル水和剤 3,000倍, C:キャプタン水和剤 800倍, —:無散布。

()内は散布月日で5月16日は開花直前, 5月25日は落花直後にはほぼ相当する。

考 察

従来の黒星病防除剤の多くは予防効果のみの殺菌剤であり、治療効果、すなわち病原菌に感染した後の発病阻止効果を有してはいなかった。このため、子のう胞子の飛散時期と防除の時期が一致しない場合には十分な効果が得られず、防除が遅れたり、散布間隔があいた場合にはしばしば本病の多発を招いてきた。そこで筆者らは黒星病の防除を効果的かつ確実に行うため、治療効果のある殺菌剤の検索と利用方法について検討した。

SZKOLNIK(22)の方法に準じて治療効果のある殺菌剤を検索するには、黒星病の感染が完了する時間を明らかにする必要がある。感染に好適な温度と葉のぬれている時間の関係についてはMILLS(8)の研究が知られており、早い場合には7時間で黒星病菌が葉に侵入することを報告している。本研究では最短感染時間については検討

しなかったが、15~18℃の温度条件下では12時間の過湿時間で一部の感染が認められた。また、過湿時間を長くすることによって発病程度はさらに高まり、18℃では48時間の過湿時間で最高値を示した。そこで本研究では18℃、48時間の過湿時間を感染成立のための最適条件とした。

上記の前提を基に、16種の殺菌剤を供試して黒星病に対する治療効果の有無を検討した結果、ベノミル及びグアザチンと7種のE B I剤で治療効果が確認された。治療効果の認められた殺菌剤のうち、数種E B I剤を主体にさらに検討した結果、いずれも発病前の散布で分生胞子の形成を伴わない赤褐色斑点が出現し、また発病初期の散布でもその後の胞子形成が著しく抑制された。すなわち、E B I剤は感染前、感染後、発病前及び発病後のいずれの段階でも防除効果を示し、従来の黒星病

防除剤とは明らかに異なった。しかし、発病前の散布によって生じた赤褐色斑点については、筆者らとはほぼ同一の結果もあるが(6, 17), 病原菌が生存し、散布後5週間には孢子が形成されたとのO'LEARYら(13)の報告もあり、今後の検討が必要である。また、孢子の発芽阻止効果がなく、さらに発病初期の散布によって生じたえ死病斑から病原菌が分離されたことから、すでに形成された病斑及び孢子に対する効果は劣るものと考えられた。この結果は、発病初期にE B I剤を散布しても、病斑上の孢子が飛散して新たな病斑を形成することを意味し、さらに薬剤の効果は低下した後に再び孢子が形成されたり、病斑が翌年の伝染源になる可能性をも示唆している。

実際の防除の場面で、E B I剤の特徴がどのような効果となって現れるかを5年間にわたって検討した。その結果を解析する資料とするため、子のう孢子の飛散消長と発生消長を調査したが、1985及び1986年の発生消長を除いていずれもりんご試験場圃場で行った。したがって、その結果は防除試験を行った現地圃場の状況を必ずしも的確に表しているとはいえないが、気候的に類似した地域内にあり、大きな差はないと考えられる。

治療効果のあるE B I剤としてトリフルミゾールを用い、慣行防除剤のキャプタンと比較した結果、トリフルミゾールは10日間隔4回の散布はもちろん、15日間隔3回の散布でもキャプタンの10日間隔4回散布より防除効果は勝った。また、トリフルミゾールを適期に用いると、20日間隔2回の散布でもキャプタンの4回散布と同等～やや勝る効果を示した。子のう孢子飛散消長、発生消長及び降水量との対比から、これらの効果はトリフルミゾールのもつ治療効果に起因すると推定された。

1986年から3年間の試験の結果、治療効果のあるトリフルミゾール、ピテルタノール及びフェナリモルの3種のE B I剤はほぼ同等の防除効果をも有し、防除回数の削減のほか、現行の防除体系に

組み入れての防除の強化にも利用できると考えられた。しかし、その効果はE B I剤を使用する時期によって異なり、子のう孢子の飛散前より飛散後から発病前までの散布が有効であった。また、子のう孢子の飛散消長から発病前と判断した時期にE B I剤を使用することにより、少ない防除回数で高い防除効果をあげることができた。

欧米ではE B I剤の連用や多数回使用によって薬剤耐性菌の生じることが、ムギ類のうどんこ病で既に報告され(1, 2, 3), リンゴ黒星病においても感受性の低下した病原菌やE B I剤間での交差耐性が知られている(21, 24)。わが国ではリンゴ黒星病でのE B I剤耐性菌は未報告ではあるが、キュウリうどんこ病で一部E B I剤に対する感受性の低下した病原菌が報告されており(15), 実際の使用に当たってはこの問題を念頭に置く必要がある。したがって、E B I剤は必要最小限の使用回数にとどめ、その効果が最大限発揮される場面に使用することが重要である。

E B I剤を使用するタイミングとして最も効果的なのは、SZKOLNIK(22)が示した感染発病過程のいずれの段階であろうか。本研究では、感染前の予防効果でE B I剤とほかの防除剤に差は認められなかったが、SCHWABER(17)及びO'LEARYら(14)はE B I剤の残効期間がほかの防除剤より短いことを報告し、最近藤田ら(4)も同様の結果を得ている。また、発病後の散布による孢子形成阻止効果は筆者のほかO'LEARYら(13)やKELLEYら(6)も報告しているが、いずれも黒星病菌の生存を認めており、SZKOLNIK(23)は発病後の効果を認めていない。一方、接種後3日以内にE B I剤を散布した場合に病斑が現れないことはいずれの報告でも認められており、筆者らの結果も同様であった。発病前の散布によって生じる赤褐色斑点については前述のとおり評価が分かれ、なお検討する必要があるが、筆者らの結果では少なくとも接種21日後の赤褐色斑点に分生孢子は観察されず、病原菌も分離されなかった。以上から、E B I

剤を使用するタイミングとしては黒星病の感染後から発病前までの時期が適当と考えられ、特に防除回数の削減を図る場合には発病前の散布が効果的であると推定された。このことは、圃場での防除試験の結果を発生消長及び越冬被害葉からの子嚢の飛散消長と照合することによっても証明された。したがって、現行の防除体系で実際に使用する場合には、平年の子嚢飛散消長及

び発生消長から落花直後～落花10日後ころが最も効果的であると考えられる。

E B I 剤を有効に利用することによって、黒星病に対する防除回数を削減できると考えられた。しかし、実際には防除時期が一致するうどんこ病、赤星病、黒点病及び斑点落葉病も同時に防除する必要があり、これらの病害防除を含めた防除回数削減方法については現在検討中である。

摘 要

リンゴ黒星病の防除を効果的、かつ確実に行うため、感染後の散布でも発病を阻止する薬剤、すなわち治療効果のある殺菌剤を検索し、その利用方法について検討してきた。その結果は以下のとおりである。

(1) 感染に十分な温度及び過湿時間について検討した。その結果、18℃、48時間の過湿時間で感染がほぼ完了すると考えられた。

(2) 10種の殺菌剤については接種直前、接種2、5及び8日後に散布し、また6種の殺菌剤については接種直前及び接種2日後に散布して、黒星病に対する予防効果及び治療効果の有無を検討した。予防効果はすべての殺菌剤で認められたが、治療効果はトリホリンを除く6種のE B I 剤とグアザチン、ベノミル及びH F - 8334で認められた。

(3) トリフルミゾール、ピテルタノール及びフェナリモルなどのE B I 剤を発病前に散布すると、典型的な黒星病斑は現れず、分生胞子の形成を伴わない赤褐色の斑点が出現した。この斑点からは黒星病菌が分離されなかった。

(4) トリフルミゾール及びピテルタノールを発病初期に散布すると、その後の胞子形成が抑えられ、病斑は日数の経過に伴って暗褐色になった。病斑上の分生胞子は少なく、奇形あるいは未熟の分生胞子及び分生子柄が観察された。しかし、病斑からは黒星病菌が分離された。予防効果のみのキャプタン及びジラム・チウラム剤を散布した病

斑では胞子形成は阻害されず、無散布の病斑との差は認められなかった。

(5) 有機銅、キャプタン、ジラム・チウラム、マンゼブ・D P Cなどの慣行防除剤はいずれも分生胞子の発芽を阻害したが、E B I 剤は発芽を阻害せず、発芽管長の抑制もわずかであった。

(6) トリフルミゾールを用いて防除試験を行った結果、開花直前から落花20日後ころまで10日間隔で4回散布した場合のほか、15日間隔で3回散布した場合も現行のキャプタンを4回散布した場合より防除効果が勝った。また、トリフルミゾールを防除適期に散布すると、防除回数が2回でもキャプタンの10日間隔、4回散布と同等かやや勝る防除効果を示した。

(7) 現行の防除時期である開花直前、落花直後落花10日後及び落花20日後のうち、落花直後又は落花10日後にトリフルミゾール、ピテルタノール及びフェナリモルのいずれかを散布すると、E B I 剤を全く使用しない場合より防除効果が高まった。

(8) 開花直前にキャプタンを散布し、落花5日後又は落花7日後及び落花20日後にトリフルミゾール、ピテルタノール及びフェナリモルのいずれかを散布した場合は、防除回数が3回でも現行のキャプタンを4回散布するより防除効果は勝った。しかし、この場合、落花20日後にE B I 剤の代わりにキャプタンを用いると現行と同等の防除効果であった。

以上のことから、E B I 剤を有効に利用することによって、リンゴ黒星病を効果的かつ確実に防除できると考えられた。

引用文献

1. BUCHENAUER, H.(1983). Studies on the resistance of *Ustilago avenae*, *Erysiphe graminis* f. sp. *tritici* and *E. graminis* f. sp. *hordei* against the ergosterol synthesis inhibitors. Fourth International Congress of Plant Pathology, Melbourne, August : 17 - 24, Abstr. No. 306.
2. BUCHENAUER, H., K. BUDDE, K. H. HELLWALD, E. TAUBE and R. KIRCHNER(1984). Decreased sensitivity of barley powdery mildew isolates of triazole and related fungicides. Proceedings 1984 British Crop Protection Conference -Pests and Diseases, 2 : 483 - 488.
3. FLETCHER, J. T. and M. S. WOLFE(1981). Intensity of *Erysiphe graminis* f. sp. *hordei* to triadimefon and other fungicides. Proceedings 1981 British Crop Protection Conference -Pests and Diseases, 2 : 633 - 640.
4. 藤田孝二(1989). リンゴ黒星病に対する3種EBI剤の残効. 日植病報, 55 : 86 - 87(講演要旨).
5. HOCH, H. C. and M. SZKOLNIK(1979). Viability of *Venturia inaequalis* in chlorotic flecks resulting from fungicide application to infected *Malus* leaves. Phytopathology, 69 : 456 - 462.
6. KELLEY, R. D. and A. L. JONES(1981). Evaluation of triazole fungicides for postinfection control of apple scab. Phytopathology, 71 : 737 - 742.
7. 工藤祐基 (1972). リンゴ黒星病のまん延の背景と対策. 農及園, 47 : 1668 - 1672.
8. MILLS, W. D. and A. A. LAPLAMNTE(1954). Diseases and insects in the orchard. Cornell Ext. Bull., 771, Rev. 1954.
9. 中沢憲夫・斎藤彰・福島千万男 (1984). リンゴ黒星病の防除法 (1)発病阻止効果を有する数種薬剤. 北日本病虫研報, 35 : 62 - 64.
10. 中沢憲夫・斎藤彰・雪田金助・福島千万男 (1986). 治療効果を有する薬剤によるリンゴ黒星病の防除. 北日本病虫研報, 37 : 96 - 98.
11. 西田勉・池大司 (1963). りんご黒星病に関する調査 I. 発生の経緯と分布について. 北日本病虫研報, 16 : 53.
12. 西田勉 (1968). リンゴ黒星病に関する調査 V. 分布の拡大について. 北日本病虫研報, 19 : 51.
13. O' LEARY, A. L. and T. B. SUTTON(1986). Effects of postinfection applications of ergosterol biosynthesis-inhibiting fungicides on lesion formation and pseudothecial development of *Venturia inaequalis*. Phytopathology, 76 : 119 - 123.

14. O'LEARY, A. L., A. L. JONES and G. R. EHRET (1987). Application rates and spray intervals for apple scab control with flusilazol and pyrifenoX. *Plant disease*, 71: 623-626.
15. 大塚範夫・天野徹夫・宗 和弘・尾島正弘・中沢靖彦・山田芳昭 (1988). キュウリうどんこ病のEBI剤に対する感受性. *日植病報*, 54: 389 (講演要旨).
16. 沢村健三 (1969). 東北地方におけるリンゴ黒星病の発生. *植物防疫*, 23: 509-512.
17. SCHWABE, W. F. S., A. L. JONES and J. P. JONKER (1984). Greenhouse evaluation of the curative and protective action of sterol-inhibiting fungicides against apple scab. *Phytopathology*, 74: 249-252.
18. 瀬川一衛・中沢憲夫 (1980). 青森県におけるリンゴ黒星病菌の benomyl 耐性発現とその簡易検定. *日植病報*, 46: 77 (講演要旨).
19. 関沢 博・平良木武 (1969). リンゴ黒星病の本州における初発生について. *北日本病虫研報*, 20: 54.
20. 柴橋輝夫・菊地市郎・真田輝夫・大沼幸男 (1974). リンゴ黒星病の山形県における初発生について. *北日本病虫研報*, 25: 39.
21. STANIS, V. F. and A. L. JONES (1985). Reduced sensitivity to sterol-inhibiting fungicides in field isolates of *Venturia inaequalis*. *Phytopathology*, 75: 1098-1101.
22. SZKOLNIK, M. (1978). Techniques involved in greenhouse evaluation of deciduous tree fruit fungicide. *Ann. Rev. Phytopathol.*, 16: 103-129.
23. SZKOLNIK, M. (1981). Physical modes of action sterol-inhibiting fungicides against apple diseases. *Plant disease*, 65: 981-985.
24. THIND, T. S., M. CLERJEAU and J. M. OLIVIER (1986). First observations on resistance in *Venturia inaequalis* and *Guignardia bidwellii* to ergosterol-biosynthesis inhibitors in France. *Proceedings In 1986 British Crop Protection Conference-Pests and Disease*, 2: 491-498.

Studies on Apple Scab Disease

(1) Screening Fungicides with Curative Action and Evaluation in the Fields

Norio NAKAZAWA and Chimao FUKUSHIMA

Aomori Apple Experiment Station
Kuroishi, Aomori, 036-03, Japan

Summary

Sixteen fungicides were evaluated for their curative action in preventing the formation of apple scab lesions. Benomyl, guazatine and four ergosterol biosynthesis inhibitor (EBI) fungicides, i. e., triflumizole, bitertanol, fenarimol and prochloraz, proved curative.

When EBI fungicides were applied a few days before the appearance of typical lesions, conidia failed to develop even though brown lesions were formed. No causal organisms were isolated from these lesions. When they were applied in the early stage of lesion formation, further development of conidia was retarded and the lesions gradually became necrotic in appearance. From these lesions, however, causal organisms were isolated. When captan or ziram-thiram was applied at the same stage, conidia could normally develop on the typical lesions.

Fungicides that have been recommended to use, i. e., organic copper, captan, ziram-thiram and mancozeb-DPC, inhibited germination of conidia. EBI fungicides affected neither germination nor elongation of germ tubes.

Using EBI fungicides, various spray schemes were evaluated in the fields. In all series of tests, four applications of captan every 10 days from the time just before blooming (preblossom) to the 20th day after petal fall was used as a control, because this scheme had been adopted in the prefectural standard of spray programs.

Compared with the standard captan program, EBI fungicides provided better control with four applications every 10 days or three applications every 15 days. Depending on spray timing, these materials provided similar results even with only two applications. In these reduced spray schemes captan failed to achieve sufficient control.

A replacement of captan with an EBI fungicide at petal fall or the 10th day after the petal fall in the standard spray program improved control.

Two applications of EBI at the 5th or 7th day and at the 20th day after the petal fall, which followed a captan application at the preblossom, provided better control than the standard captan program. When captan was used instead of EBI at the 20th day after the petal fall in this scheme, the results were almost the same as those of the control, even though total applications were fewer than those of the control.

Considering the dates of application in respect to dispersal trends of ascospores from overwintered source, improved control results by EBI fungicides were possibly due to their curative action.

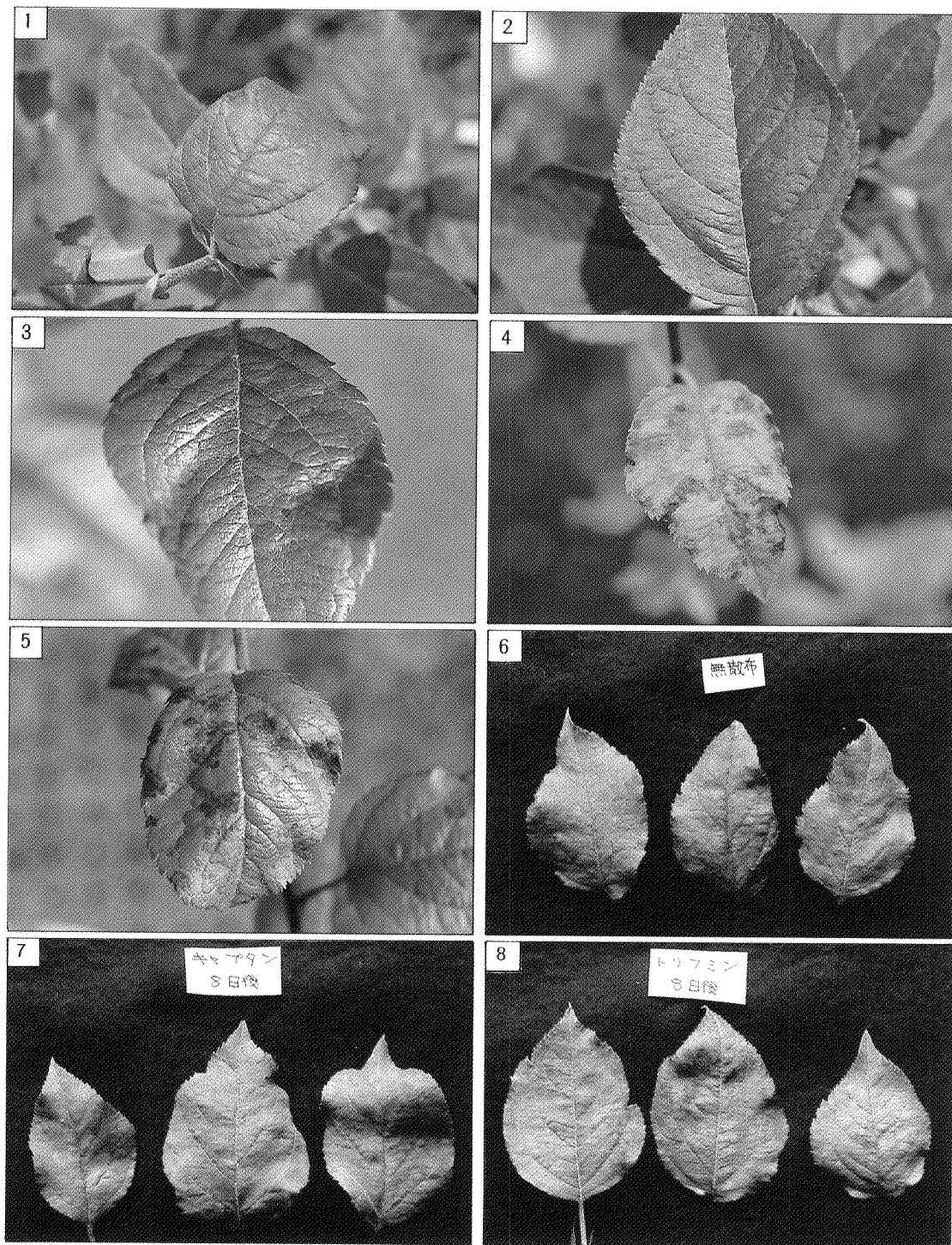
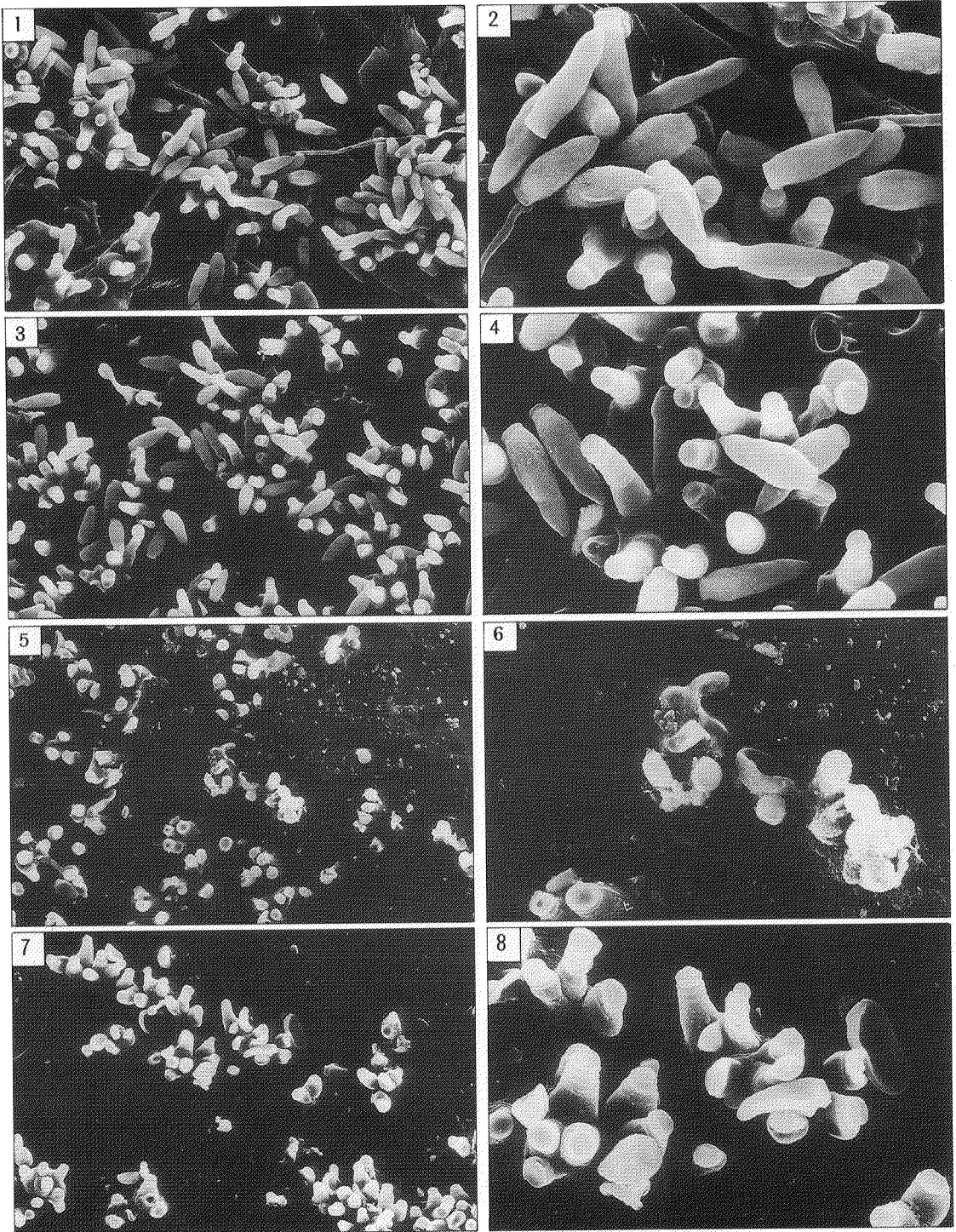


写真1 感染発病過程の異なる段階に殺菌剤を散布した葉の症状

1及び6：無散布，2及び3：発病前（接種6日後）にトリフルミゾール 3,000 倍散布，
4，5及び8：発病初期（接種13日後）にトリフルミゾール 3,000 倍散布，7：発病初期に
キャプタン 800 倍散布。



写真II 発病初期(接種13日後)に殺菌剤を散布した病斑の電子顕微鏡観察

1及び2:無散布, 3及び4:キャプタン 800 倍散布, 5及び6:ピテルタノール 3,000 倍散布, 7及び8:トリフルミゾール 3,000 倍散布.