사과 겹무늬썩음병의 효과적 방제를 위한 살균제 살포체계 수립

엄재열

(경북대학교 농과대학 농생물학과)

Establishmen of Fungicidal Spray Schedule for Effective Control of Apple White Rot

Uhm, Jae-Youl

Dept. Agric. Biol., Coll. of Agric. Kyungpook Nat'l Univ. Taegu, 702-701, Korea

Abstract

In order to establish an effective control measure of apple white rot, examination of water-borne spore dispersal from June to September, assessment of inhibitory effects of 11 kinds of chemicals currently registered for apple white rot on the spore germination at the surface of apple fruit were conducted.

Waterborne-spore dispersal begun at midle of June and rapidly increased from late June to reach its highest peak in early August from which time it decreased with similar rate of increment observed at late June, and spore dispersal was terminated in midle of September. From the result of this examination, it was thought that the most important period to control the apple white rot is between the late June and midle of August.

The protective fungicides showed a wide variations in their efficacy to inhibit the spore germination on the surface of apple fruit. Folpet and Bordeaux mixture inhibited spore germination almost completely during the whole period, mancozeb, captan, and oxine-copper also showed an excellent inhibitory efficacy, and propineb, benomyl chlorothalonil showed a poor performance. Iminoctadine triacetate showed a poor inhibitory efficacy on the spore germination, but exhibited a good control rate after the 8 successive spray. With this result, an effective spray schedule may be established.

Ⅰ. 서 론

사과겹무늬썩음병은 현재 우리나라에서 발생되는 사과병해 중 경제적 손실이 가장 큰 병해로서, 이 병이 우리나라에서 처음 보고된 것은 1930년이었는데[8], 사과에 문제가 되기 시작한 것은 1970년대에 들어와서 감수성 품종인 후지가 널리 재배되고, 또 그때까지 널리 사용 되어 오던 볼도액이 사용되지 않고 부터였다[7]. 이 병에 의한 피해과율은 년도, 지역 그리고 과수원에 따라서 차이가 있긴 하지만 전국적으로 평균 13%에 이르고 있으며, 과수원에 따라서는 심한 경우 30~50%의 높은 발병을 보이기도 한다[5]. 현재 우리나라의 사과병해 방제력은 이 병의 방제를 주축으로 하여 구성되어 있으며, 경북지방의 표준방제력에는 년간 16회의 살균제를 살포 할 것을 권장하고 있는데 그중 8~10회가 겹무늬썩음병 방제를 주목적으로 하고 있다[6].

현재 우리나라에서 사과겹무늬썩음병 방제약제는 보호살균제로 Propineb, Captan, Benomyl, Iminoctadine triacetate, Dithianon, Mancozeb, Cabendazim, Folpet, Oxine-copper 의 9약제, 그리고 EBI제로 Bitertanol 및 Myclobutanil이 등록 되어 있다[9]. 그리고 이들 약제와 몇몇의 타약제를 혼합한 합제가 7종 등록되어 있으며[9], 이 이외에 농가에서는 탄저병 방제약제로 등록되어 있는 Chlorothalonil을 겹무늬썩음병 방제를 위해 사용하고 있다. 현재 일반농가에서는 이와같은 농약을 특별한 원칙이 없이 6월 중순부터 9월 중순까지 10일 간격으로 살포하고 있는데 이 병의 효과적 방제를 위해서는 사과의 생육시기별 또는 병원균의 생태 특히 포자의 비산과 관련하여 약제의 선정이 달라져야 할 것으로 생각되었다.

사과겹무늬썩음병의 주전염원인 분생포자는 사과나무 가지에 형성된 사마귀내의 병자각에서 생성되어 강우에 의해 분산되는데[4,11,12] 포자 비산 역시 년도 및 지역에 따라서 차이가 있는 것으로 알려져 있다. 정 등[2] 이 1990년 경북 칠곡지방에서 조사한 바에 의하면 포자의 비산은 6월 초순부터 시작되어 8월 초순에 최고에 달했고 그후 급격히 감소되어 8월 하순경에는 거의 비산이 끝나는 것으로 보고되어있다. 그러나 엄[16]이 경북 영천 지방에서 1992년 과 1993년에 조사한 바에 의하면 연차 간에도 차이가 있어 1992년에는 7월 중순에 와서 처음으로 포자의 비산이 확인 되었고 그후 지속적으로 증가하여 9월 중순에 최고비산량을 나타내었으며 10월 중순 이후에 비산이 종료되었다. 그런데 1993년에는 6월 중순에 비산이 시작되어 8월 초순에서 중순 사이에 최고에 달했으며 9월 하순에 비산이 끝나 전년도의 포자 비산 양상과는 상당한 차이가 있는 것으로 나타났다. 한편 일본 후꾸시마현 (福島縣)의 경우, 1980년부터 1982년까지 3년간의 조사 결과를 보면 역시 연차간에 변동이 심하나 포자의 비산 시작은 우리나라의 경우와는 달리 4월 하순부터 시작되며, 최대비산시기는 1980년의 경우 7월 초순부터 9월 초순까지였고, 1981년은 6월 초순, 그리고 1982년에는 6월 하순이었으며 비산종료기는 10월 중순인 것으로 알려져 있다[12]. 이처럼 포자의 비산양상에 있어서 연차간에 변동이 있으므로 포자의 비산시기와 약제의 살포시기를 정확히 연결시키기는 어렵다. 그런데 겹무늬썩음병의 감염시기를 과실봉지를 이용한 시기별 폭로시험법으로 조사한 결과에 의하면 1981년의 경우, 6월 중순 부터 8월말 까지가 감염 가능기였고 6월 중순에서 8월 초순 사이에 감염이 많았다. 그러나 1982년에는 6월 이전부터 감염이 시작되어 수확기까지 지속적으로 감염이 이루어 졌으나 특히 감염이 많았던 시기는 6월 하순, 7월 중순 그리고 9월 초부터 수확기까지로 산발적 이었다[13]. 이처럼 감염시기 및 감염 최성기도 년차별로 변동이 심하므로 이 병의 방제를 위한 가장 현실적인 방법은 6월 중순에서 9월초 또는 중순까지 정기적으로 약제를 살포하는 것이다. 그러나 이와같은 살포에도 상당한 정도의 감염을 피할 수 없다는 사실은 방제약제 자체의 약효, 약효의 지속기간에 문제가 있을 것으로 생각되며, 또 보호살균제만을 살포할 경우 과실의 급격한 비대생장에 의해 약제가 도포되지 않은 부분이 넓게 형성되므로 이 부분에 포자가 비래했을 경우 감염을 피할 수 없을 것으로 생각 되었다. 장마기에는 약제의 살포기간을 정확히 지키기가 매우 어려운데 만약 어떤 약제의 포자발아 억제기간이 7일밖에 되지않고 또 강우등의 기상조건에 의해 약제의 살포간격이 7일 이상으로 벌어졌다고 한다면 대량감염은 피할 수 없게된다.

이 연구에서는 이상과 같은점을 고려하여 효과적 방제체계 수립을 위해 우선 현재 사용되고 있는 보호살균제의 과실표면에서의 포자발아 억제효과 및 그 지속 기간을 조사하였다. 다음으로 최근 수종의 EBI제가 겹무늬썩음병 방제약제로 등록되고 있는데[9] 이들은 대개 고가이고 여름병해에는 효과가 없는 경우가 많으므로 적절한 시기에 1~2회 살포로 그쳐야 하므로 그 적정살포 시기의 결정에는 포자의 비산량, 전 약제의 약효지속기간, 강우 등의 기상조건이 고려되어야 할 것으로 생각된다. 이 연구에서는 사과겹무늬썩음병 및 사과의 타 병해에 등록되어 있는 수종의 EBI 및 침투이행성이 있는 benomyl의 감염후 발병억제 효과를 검정했다. 그리고 보호살균제를 한 재배기간 동안 8회 연속 살포했을 경우의 발병율을 조사하여 이 연구에서 개발한 약제효과 검정법의 타당성 여부를 검토했다.

Ⅱ. 재료 및 방법

1. 병원 균주 및 포자 현탁액의 조제

성질이 다른 균주 2115, 1109, 2228를 각각 PSA(Potato sucrose agar) 에 이식, 28℃에서 5일간 배양한후 기중균사를 제거한 다음, 20W 형광등을 25cm 위에서 하루 8시간씩 3일간 조사하여 포자 형성을 유도하고 여기서 누출된 포자로 현탁액을 만들었다.

2. 빗물에 의한 겹무늬썩음병균의 포자 분산 조사

겹무늬썩음병균의 감염에 의해 사마귀가 다량으로 형성된 5년생 후지품종의 주간 아래부분에 뚜꺼운 바닥용 비닐로 funnel을 설치하였다. Funnel의 기저 부분에 비닐호스를 연결하고 그 다른 한쪽 끝은 500ml polyethylene병에 연결하여 가지를 타고 내려온 빗물이 고이도록 하였다. Polyethylene병에는 포자의 발아를 막기 위해 약 1g의 유산동($CuSO_4$)을 넣어 두었다[8]. 6월 4일부터 8월 26일까지 강우가 있은 다음날 병에 고인 물 1ml을 공경 2㎛의 투명 nucleopore filter (직경13mm)에 통과시키고 filter에 부착된 포자를 aniline blue로 염색한 후 현미경으로 filter전면에 부착한 포자의 수를 계수하였다. 이때 포자의 밀도가 너무 높아 계수가 어려울 경우 빗물을 다시 10배로 희석하여 계수하였다.

3. 기상자료의 정리

기상청 대구측후소의 기상관측 자료를 이용, 약제살포일을 기점으로하여 사과 채취일인 3 ,6, 9일까지의 누적 강우일수와 강수량을 나타내었다.

4. 보호 살균제의 사과 과면상에서의 겹무늬썩음병균 포자발아억제 효과 지속기간 및 방제효과

현재 우리나라에 겹무늬썩음병 방제 약제로 등록되어 있는 Propineb, Iminoctadine triacetate, Mancozeb, Benomyl, Folpet, Captan, Dithianone, Oxine-copper의 8종과 탄저병에 등록되어 있는 Chlorothalonil, 점무늬낙엽병에 등록되어있는 Thiram과 겹무늬썩음병에 탁월한 효과를 보이는 Boldeaux mixture 4~12식[14]을 포함하여 11종을 공시하였다. 약제의 표준사용량을 6월 27일 부터 약 10일 간격으로 5년생 후지품종에 한 약제당 3주씩 과실이 약제에 완전히 씻길 정도로 충분히 살포하였다.

약제 살포후 3일 간격으로 9일 동안 각각의 약제를 처리한 나무에서 과실을 각각 3개씩 채취하여 과점이 밀집한 부위에 포자현탁액(~ 10^5/ml)을 과실 한개당 10개소에 점적하고 28℃의 습실에서 24시간 보존한 후, 과실을 풍건하고 접종부위에 셀로판 tape를 부착, 포자를 테이프에 점착시켜 aniline blue로 염색, 포자의 발아상태를 조사하였다. 포자의 발아상태는 현탁액의 점적 부위에 따라 큰 차이가 있었는데 이는 약제살포후 과실의 비대생장에 의해 약제가 묻지 않은 부분으로 판단되어 10개소중 가장 발아율이 낮은 3개소를 선정하여 발아율을 조사하고, 무처리의 발아율을 100으로 하였을때의 발아억제율을 환산하였다.

5. 동일 약제의 연속살포에 의한 겹무늬썩음병 방제효과

공시약제를 6월 하순 부터 9월 중순까지 단독으로 연속살포했을 경우, 각 약제의 실제 방제효과를 알기 위하여 9월 중순부터 10월 초순까지 약제를 살포한 사과나무에서 이병과의 수를 조사하였으며 최종 조사시 각 나무의 과실의 총수도 조사하여 이병과율을 계산했다.

6. 침투이행성 살균제의 발병억제효과

침투이행성 살균제가 병반 진전억제 효과가 있는지를 조사하기 위해서 Hexaconazol, Penbuconazol, Bitertanol, Myclobutanil의 4종의 EBI와 침투이행성이 있어 치료효과가 있는 것으로 알려진 Benomyl을 공시하였는데, EBI제는 1000배액, benomyl은 표준 사용농도인 1500배로 하였다. 이 실험은 7월 30일과 8월 18일, 그리고 8월 31일에 3번 반복 했는데 그 중 7월 30일과 8월 31은 무상접종했고 8월 18일에는 유상접종을 했다. 매회 180개의 건전사과를 채취하여 수도물로 세척한 다음 풍건시켰다. 무상접종의 경우 포자현탁액(~ 10^5/ml)을 모세관으로 과실 1개당 4개소씩 과점이 밀집한 부위에 소량 적하하였고, 유상접종의 경우는 10개의 pin을 다발로 만들어 표피가 뚫릴정도로 가볍게 자상을 입히고 표자현탁액(~10^5/ml)을 역시 동일한 방법으로 적하하였다. 접종한 사과는 접종원이 마르지 않도록 28 의 습실에 보존하였다. 접종후 12, 24, 48시간에 각각 60개씩의 사과를 꺼내어 한 약제당 10개씩 약액에 순간 침지하여 풍건하였다. 그리고 대조로는 매회 10개씩의 사과를 전착제에 침지, 건조하였다. 약제의 처리가 끝난 사과는 실온에 보존 하면서 병반의 수 및 진전 상황을 조사하였다.

Ⅲ. 결과 및 고찰

1. 빗물에 의한 겹무늬썩음병균의 포자 분산 조사

겹무늬썩음병균의 포자 분산은 강우와 밀접한 관련이 있

는 것으로 알려져 있는데 사과나무 가지에 형성된 사마귀내의 병자각에서 병포자가 누출되기 위해서는 2.0mm 이상의 강우가 필요하며 강우 시작부터 2시간 이내에 80%의 포자가 분출된다[11]. 포자의 비산량을 보면 Fig. 1에서와 같이 6월 상순부터 포자의 분산이 시작 되었으나 그 양은 극히 적었고 6월 중순부터 조금씩 증가하여 금년도의 장마기인 7월 중순이후 부터 급격히 늘어나기 시작하였고 8월 초에는 가지를 타고 흘러 내려온 빗물 1ml당 1만개가 넘는 엄청나게 많은 포자가 분산되었다. 8월 중순 부터는 포자의 분산량이 급격히 줄어 들었고, 8월 하순 부터는 포자가 filter를 통과

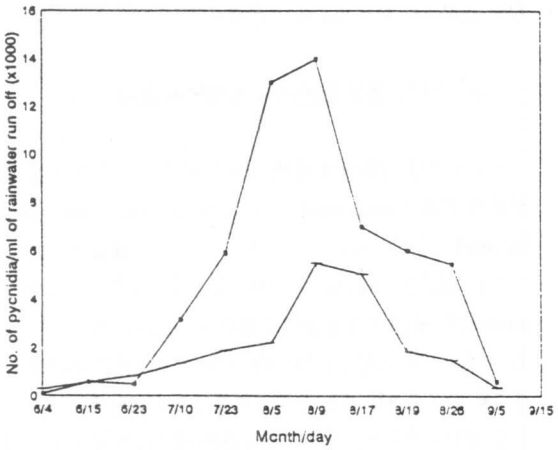

Fig. 1. Number of pycnidiospore of *B. dothidea* collected in rainwater traps.

하는 과정에서 대부분 파괴되었으며 또 그 수도 급격히 줄어 들어 9월 중순 이후에는 거의 분산되지 않았다. 이와 같은 분산양상은 전년도의 조사[17]와 거의 비슷하나 분산의 종료가 약 1주일 앞당겨 졌다. 이 결과를 보면 겹무늬썩음병 중점 방제시기는 7월 하순부터 8월 중순까지 인 것으로 판단되었다.

2. 보호살균제의 과실 표면상에서의 겹무늬썩음병균 포자발아 억제효과 및 그 지속기간

이 실험기간 동안 대구지방의 기상 개황(Table 6)을 보면 시험기간 86일 중 53일간 강우가 있었으며 특히 겹무늬썩음병원균 포자의 집중 분산기인 7월 10일에서 8월 20일까지 40일중 33일간 비가 내렸다. 이와 같이 이 실험은 예년의 기상과는 크게 다른 조건에서 수행 되었다.

Propineb은 사과에 있어서는 광범위 살균제로 탄저병, 갈색무늬병, 점무늬낙엽병 및 겹무늬썩음병에 등록되어 있으며[9] 사용빈도가 매우 높은 농약중의 하나이다. 과실 표면상에서의 겹무늬썩음병균과 포자발아 억제효과는 타 약제에 비해 매우 낮은 편인데 8월 하순을 제외하고는 포자발아 억제효과는 매우 낮았다. 특히 6월 하순의 경우(Table 1), 약제 살포일로부터 3일과 9일후는 무처리보다 포자발아율이 더 높았고 7월 3일과 14일 약제 살포에 있어서는 (Table 2) 약제 살포 3일째를 제외하고는 매우 낮은 포자발아 억제효과를 나타내었다.

Table 1. Inhibitory effects of selected chemicals on the spore germination of *B. dothidea* on the surface of apple fruit

Chemicals	Inhibition rate (%) of spores germination on the days after the spray conducted on 23, Jun.		
	3	6	9
Propineb	-0.7	26.1	-0.7
Iminoctadine triacetate	100.0	51.2	26.7
Mancozeb	100.0	16.1	3.8
Benomyl	100.0	8.6	6.2
Chlorothalonil	100.0	33.3	22.7
Folpet	100.0	18.2	57.1
Captan	100.0	23.9	34.5
Dithianon	100.0	40.3	77.3
Oxine-copper	100.0	27.6	53.2
Thiram	100.0	57.9	54.6
Boldeaux	100.0	100.0	100.0
mixture Untreated	0.0	0.0	0.0

그러나 8월 27일 살포시에는 시험기간 동안 거의 완전한 억제효과를 나타내었는데(Table 3), 9월에 가서 포자 발아 억제효과는 다시 저하 되었으며(Table 4) 특히 약제 살포 3일 후 에는 48.6%로 6일과 9일보다 오히려 낮았다. 이 약제의 방제효과도 이와 같은 낮은 포자발아 억제효과가 반영되어 방제가가 65.4%에 지나지 않았다(Table 5). Iminoctadine triacetate는 과실 표면상에 포자발아 억제효과는 전체적으로 매우 낮았다. 6월 23일 처리에 있어서 약제살포 3일 후에는 포자발아를 완전 억제를 했으나 7월 14일 약제살포의 경우 3일후를 제외하고는 전부 80%이하의 억제효과를 나타내었고 8월 초 중순의 약제살포에 있어서는 살포후 6~9일이 경과하면 억제효과는 극히 미미 했으며 7월에 3차례, 8월중에 한차례는 무처리보다 오히려 발아율이 더 높았다(Table 2, 3). 그러나 이 약제의 방제 효과는 상당히 높아 85.4%의 방제가를 나타내었다(Table 5). 따라서 이 약제에 있어서는 포자발아 억제효과로 약효를 검정할 수 없는 것으로 나타났는데, 이는 이 약처리 작용기작에 기인하는 것으로 생각된다.

Table. 2. Inhibitory effects of selected chemicals on the spore germination of *B. dothidea* on the surface of apple fruit

Chemicals	Inhibition rate (%) of spores germination on the days after the spray conducted on ;								
	3, July			14, July			27, July		
	3	6	9	3	6	9	3	6	9
Propineb	96.0	22.4	1.0	93.8	61.3	16.1	71.5	68.7	66.2
Iminoctadine triacetate	74.0	50.7	-9.0	84.3	62.3	53.8	79.7	-36.3	-43.6
Mancozeb	100.0	100.0	96.0	100.0	100.0	98.7	100.0	100.0	100.0
Benomyl	55.3	24.5	-2.3	81.4	29.5	-33.2	90.0	44.6	-57.4
Chloro thalonil	100.0	100.0	-1.1	72.9	71.1	66.7	92.0	28.7	10.0
Folpet	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0
Captan	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0	93.1	100.0	100.0	81.4
Dithianon	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0	93.1	100.0	100.0	81.4
Oxine-copper	100.0	100.0	100.0	92.9	94.0	94.5	100.0	100.0	59.6
Thiram	100.0	100.0	100.0	100.0	79.5	20.7	74.4	67.2	56.1
Boldeaux mixture	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0
Untreated	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0

Iminoctadine-triacetate는 생체막 구성성분인 지질의 생합성을 저해하여[15] EBI와 마찬가지로 포자내에 저장되어 있는 지질이 소진될때 까지는 균이 발육할 수 있으므로 포자발아 억제효과는 낮은 것으로 추정할 수 있다. 그러나 이 약제가 상당히 높은 방제효과를 나타내나 침투성 이 없다는 점으로 본다면 포자발아 후 기주체 침입 이전에 병원균의 발육이 저지당하는 것으로 판단된다. 따라서 이 실험에서는 이 약제의 적정 사용시기를 추정할 수 없었다.

Mancozeb은 전형적 호흡저해제로 시험기간 전반에 걸쳐 높은 포자발아 억제효과를 나타내었다. 그러나 6월 23일 처리에서 약제처리후 6일과 9일에서 매우 낮은 억제효과가 나타났는데 이 시기에는 mancozeb 뿐만 아니라 볼도액을 제외한 모든 약제에서 포자발아 억제효과가 크게 낮았으며 (Table 4) 그 원인은 Table 6에서 보는 바와 같이 약제처리후 3일에서 6일 사이에 130.7mm의 집중강우가 있었기 때문인 것으로 판단된다. 그 후 7월 중에는 거의 완전한 발아억제 효과를 나타냈으나 포자비산 최성기인 8월 초. 중순, 약제살포 6일과 9일후에 효과가 약간 낮아졌으며 특히 8월 중순에 상당한 정도의 저하를 보였다(Table 3). 이 시기의 포자발아 억제효과의 저하는 극단적으로 잦은 강우에 기인하는 것으로 생각되는데 8월 6일과 8월 17일의 살포 에 있어서는 10일 중 각각 7일 또는 8일간 비가 내렸다(Table 6). 그러나

전반적으로 높은 포자발아 억제효과가 있었으므로 실제 방제효과도 높아 85. 9%의 방제가를 나타내었다(Table 5). 따라서 이 약제는 집중적인 장마기를 제외하고는 안정적으로 사용될 수 있을 것으로 생각된다.

Table 3. Inhibitory effects of selected chemicals on the spore germination of *B. dothidea* on the surface of apple fruit

Chemicals	Inhibition rate (%) of spores germination on the days after the spray conducted on ;								
	6, Aug			17, Aug			27, Aug		
	3	6	9	3	6	9	3	6	9
Propineb	55.1	24.5	22.4	48.7	20.9	0.6	100.0	100.0	100.0
Iminoctadine triacetate	69.1	-8.8	5.3	3.2	0.9	8.6	69.6	41.6	19.7
Mancozeb	100.0	91.9	89.1	100.0	73.6	66.5	100.0	100.0	100.0
Benomyl	17.8	18.4	12.9	22.2	0.0	0.7	100.0	26.6	27.2
Chloro thalonil	48.3	60.7	38.3	67.2	26.0	18.8	100.0	97.4	86.3
Folpet	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0
Captan	100.0	100.0	34.5	100.0	84.6	10.5	100.0	100.0	91.5
Dithianon	100.0	100.0	0.4	94.2	61.2	35.0	99.1	90.0	69.2
Oxine-copper	100.0	100.0	100.0	100.0	96.6	81.6	100.0	100.0	100.0
Thiram	0.9	13.1	6.7	82.8	82.0	77.7	100.0	95.8	69.8
Boldeaux mixture	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0
Untreated	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0

Table 4. Inhibitory effects of selected chemicals on the spore germination of *B. dothidea* on the surface of apple fruit

Chemicals	Inhibition rate (%) of spores germination on the days after the spray conducted on 6, Sep.		
	3	6	9
Propineb	48.6	88.5	77.0
Iminoctadine triacetate	25.8	15.5	-46.8
Mancozeb	100.0	100.0	91.5
Benomyl	35.8	16.4	56.5
Chlorothalonil	93.2	85.9	1.2
Folpet	100.0	100.0	100.0
Captan	100.0	100.0	92.5
Dithianon	96.9	98.8	43.9
Oxine -copper	100.0	100.0	100.0
Thiram	100.0	100.0	78.4
Boldeaux mixture	100.0	100.0	100.0
Untreated	0.0	0.0	0.0

Benomyl은 침투 이행성 살균제로서 보호효과와 치료효과를 겸하고 있는 약제로 알려져 있으나 포자발아 억제효과는 iminoctadine-triacetate와 마찬가지 로 매우 불량하였다. 이 약제도 세포 기능저해로서 microtuble의 구성성분인 *β-tublin*의 생합성을 저해하여 최종적으로 세포의 유사분열이 저해되며, 약제처리 이전에 이미 합성되어 있었던 tublin이 소진될 때까지 균의 발육이 진행 되므로 포자 발아억제는 되지 않는 것으로 추정된다. 그러나 이 약제의 방제 효과는 매우 낮아 45.9%정도에 지나지 않았으므로 Table 5. 사과겹무늬썩음병 방제를 위해서는 크게 추장될 수 없는 것으로 판단되었다.

Table. 5. Control efficacy of the chemicals for apple white rot

Chemicals	Total	Infected friut	control rate(%)
Propineb	156	10	65.4
Iminoctadine triacatate	406	11	85.4
Mancozeb	377	10	85.9
Benomyl	130	13	45.9
Chlorothalonil	107	11	44.3
Folpet	244	3	95.3
Captan	260	18	62.7
Dithianon	187	10	71.3
Oxine-copper	65	3	75.6
Thiram	322	23	61.6
Boldeaux mixture	302	5	91.4
Untreated	189	35	0.0

Chlorothalonil는 원래 사과 탄저병과 점무늬낙엽병에 등록되어 있으나[10] 현재 우리나라에서는 후지 품종이 주종을 이루고 있으므로 이 약제의 사용은 결국 겹무늬썩음병의 방제를 염두에 두고 사용하게 된다. 그러나 Table 1~4에서 보는바와 같이 겹무늬썩음병균의 포자발아 억제효과는 전반적으로 매우 낮으며 방제효과도 공시약제 중 최저로 44.3%에 지나지 않으므로 Table 5. 후지품종에 대해서는 별로 유용성이 없는 것으로 판단되었다.

Folpet은 6월 23일 처리에 있어서 집중강우 후인 6일과 9일 후를 제외하고는 전기간에 걸쳐 거의 완전한 포자발아 억제효과를 나타냈으며 Table 1, 2, 3, 4. 7, 8월의 잦은 강우에도 강우량이 한꺼번에 100mm를 넘지 않는 경우에는 거의 영향을 받지 않았다. 실제 방제효과에 있어서도 높은 포자발아 억제효과가 반영되어 공시약제 중 가장 높은 93.5%의 방제효과를 나타내었다(Table 5). 따라서 겹무늬썩음병의 방제에는 이 약제가 가장 확실한 효과를 나타내며 특히 장마기에 높은 효과를 나타내는 것으로 판단되었다.

Captan도 전형적인 보호살균제인데 이 시험에서 공시된 타 약제와 마찬가지로 6월 하순에는 효과가 낮았으나 Table 1. 7월 중에는 거의 완전한 포자발아 억제효과를 나타내었지만 7월 27일 처리의 경우 9일 후 부터 효과가 저하되어 8월 중순까지의 장마 기간에는 약효의 지속기간이 매우 짧아져서 약제살포 9일 후에는 발아억제 효과가 크게 저하되었다 (Table 2, 3). 또 이 시기가 포자의 최대 비산기이므로 실제 방제 효과는 62.7%로 매우 낮은 편이었다. 따라서 이 약제는 장마기에는 사용을 피하는 것이 합리적인 것으로 생각되었다.

Dithianon은 원칙적으로 보호살균제이나 치료효과도 있는 것으로 알려져 있다[16]. 포자의 발아억제 효과의 지속기간은 비교적 짧아 7월 중에는 약제살포 후 9일이 경과하면 억제효과가 크게 저하되는 경우가 있었으며 이러한 현상은 8월 중에도 계속되었다(Table 2, 3). 방제효과도 71.3%로 그리 높은 편이 못 되었다(Table 5). 또, 이 약제는 원래 기상조건에 대해 매우 안정된 것으로 알려져 있으나[16] 이 실험에서는 8월 중 집중 강우기에는 포자발아 억제효과의 지속기간이 비교적 짧은 편이었다.

Oxine-copper는 보호살균제로 겹무늬썩음병에는 탁효가 있는 것으로 알려져 있는데[15] 이 실험에서도 8월 중순에 약효의 지속 기간이 약간 짧아진 것 이외에 시험기간 전체에 걸쳐 높은 발아억제효과를 나타내었다 (Table 2~4). 그런

데 실제 방제효과는 75.6%로 mancozeb보다 약간 낮게 나타났으나 포자발아 억제효과 면에서는 mancozeb보다 오히려 높았다. 이 약제도 겹무늬썩음병 방제에 있어서 비교적 안정적인 효과가 있는 약제로 평가되었다.

Thiram은 우리나라의 사과재배지에서는 그다지 많이 쓰이지 않는 약제이며 점무늬낙엽병에만 등록되어 있다[10]. 이 약제의 겹무늬썩음병 포자발아 억제효과에 있어서는 매우 흥미로운 점이 발견되었다. 6월 하순에서 7월 상순에 걸쳐서는 매우 높은 포자발아 억제효과를 나타내었으나 장마기인 7월 중순부터 8월 중순까지는 억제효과가 크게 저하되었다가 장마가 끝난 8월 하순 이후는 다시 높은 억제효과를 나타내었다(Table 1~3). 따라서 이 약제는 내우성이 매우 낮은 것으로 생각되는데, 장마기 이전 또는 이후에는 겹무늬썩음병 방제제로 충분히 사용 가능할 것으로 생각되며, 특히 6월 중 하순경에는 점무늬낙엽병과 동시방제가 가능할 것으로 생각된다. 방제효과는 병원균 포자의 최대비산기에 발아억제 효과가 낮았으며 61.6%의 낮은 방제효과를 나타내었다(Table 5).

Boldeaux mixture는 공시한 약제 중 가장 우수한 포자발아 억제효과를 나타내어 전 기간 동안 포자발아는 거의 완전히 억제되었으며 방제가도 91.4%로 folpet과 비슷하게 나타났다(Table 1~3). 그러나 약제의 조제와 살포상의 어려움 및 과실의 품질에 악영향을 미치므로 실제 방제체계에 이용되기는 어려울 것으로 생각된다.

이상과 같이 개별약제의 시기별 포자발아 억제효과와 겹무늬썩음병 감염 가능 기간 동안 각각의 약제를 8회 연속 사용했을 경우의 방제효과에 대해 고찰했는데, 이를 다시 각 시기별로 포자의 비산조사 결과 및 기상조건과 관련지어 고찰해본다.

6월 23일 제1차 살포시에는 사과나무 가지로 부터 포자비산이 시작되었으나 그 양은 매우 적었으므로 Fig. 1이 시기에 대량 감염의 위험은 없는 것으로 생각된다. 그런데 이 시기에 약제의 포자발아 억제효과 양상은 매우 달랐는데 약제살포 3일후에는 propineb을 제외한 모든 약제에서 완전한 억제를 보였으나 6일 이후에는 다른시기에 높은 억제효과를 나타내었던 mancozeb, folpet, captan, oxine-copper까지도 억제효과가 크게 저하되었다(Table 1).

Table 6. Number of rainy days and prepications during the expremented periods

Date sprayed	rainy days and prepications during the period of;					
	0[a] - 3		0 - 6		0 - 9	
	rainy days	prepications (mm)	rainy days	prepications (mm)	rainy days	prepications (mm)
23, June	1	3.3	3	134.0	4	141.0
3, July	0	0.0	0	0.0	3	76.1
14, July	3	24.3	4	25.8	4	25.8
27, July	4	58.3	7	100.9	10	106.2
6, Aug.	3	53.8	5	90.9	7	149.2
17, Aug.	4	7.9	6	53.1	8	100.7
27, Aug	0	0.0	1	0.2	3	5.8
6, Sep.	0	0.0	0	0.0	1	0.3

a : the day on which chemical sprayed

그러나 볼도액만은 완전한 발아억제효과를 보였고 7, 8월에는 억제효과가 매우 낮았던 thiram이 상대적으로 높은 효과는 나타내었다(Table 1). 이 때의 기상 상황을 보면 약제살포 3일 까지는 불과 3. 3mm의 강우가 있었으나, 약제살포 후 5일과 6일의 양일에 걸쳐 130.7mm의 많은 강우가 있었으므로 6일 이후의 억제효과 저하는 강우의 영향으로 볼 수 있다. 그러나 folpet은 7, 8월의 집중 강우기에도 거의 완전히 포자발아를 억제했으므로 이 약제의 관한 한 강우의 영향으로 볼 수도 없으며 이 시기의 과실의 표면 구조상 약제의 부착에 어떤 영향을 미친 것으로 생각할 수 있다. 이 점에 대해서는 차년도에 한번 더 실험을 해야만 그 원인의 규명이 가능할 것으로 생각된다. 이 시기에 사용 가능한 약제로 포자의 발아억제효과만 고려한다면 볼도액과 thiram이 좋을 것으로 보이는데 특히 이 시기는 점무늬 낙엽병 발생의 최

성기라는 점을 고려한다면 thiram이 권장할 만한 약제로 생각된다. 다음으로 7월은 포자 분산량이 점진적으로 증가하여 7월 하순에는 가지를 타고 흘러 내리는 빗물 1ml 당 약 6,000개의 포자가 검출되므로 이 시기부터 대량 감염의 위험이 있는 것으로 생각되었다. 이 시기의 기상 상황을 보면 7월 초순에는 거의 강우가 없었으나 7월 10일부터 7월 18일까지 9일간 연속적으로 강우가 있었고 다시 7월 26일부터 또 강우가 계속되었다(Table 6). 7월 3일 처리에 있어서는 propineb, chlorothalonil, dithianon의 3약제의 포자발아 억제효과가 낮았는데, 이는 약제 처리후 8일과 9일에 73.1mm의 많은 강우가 있었으므로 억제효과의 저하는 강우의 영향으로도 볼 수 있다. 그러나 propineb의 경우, 강우가 전혀 없었던 약제처리 6일 후에도 억제율이 22.4%였으므로 약효 자체에 문제가 있는 것으로 생각된다. 7월 14일의 약제살포의 경우 살포직후에 상당량의 비가 내렸으므로 처리 자체에 다소 문제가 있었던 것으로 생각되나 mancozeb, folpet, captan, oxine-copper 및 boldeuax는 거의 완전히 포자 발아를 억제했다. 그러나 propineb, dithianon, thiram에 있어서는 약제살포 6일 이후에 포자발아 억제효과가 크게 저하되었다. 7월 27일 처리에서도 약제살포 당일에 약간의 비가 내렸고, 익일부터 연속 8일간 강우가 있었다. 그러나 mancozeb, folpet, boldeuax는 여전히 거의 완전한 발아억제효과를 유지하고 있었고 captan, dithianon, oxine-copper도 약제살포 6일 후 까지는 거의 완전한 발아억제효과를 나타 내었다. 9일 후에 oxine-copper의 약제효과가 현저히 떨어졌다. 이상과 같은 점을 종합적으로 고려해 보면 이 시기에 안정적인 효과를 보인 약제는 folpet, mancozeb과 captan 및 boldeuax이었다.

8월에 들어와서는 8월 27일 장마가 끝나기까지 5일을 제외하고는 계속 비가 내리는 비정상적 기상 상태를 보였다(Table 6). 이 시기에는 약제의 포자발아 억제효과가 크게 저하되었다. 7월 하순까지 안정적 효과를 보인 mancozeb과 captan의 효과마저 현저하게 떨어졌는데 folpet만은 여전히 완전한 억제효과를 나타내었다. 8월 27일 장마가 끝난 후 대부분의 약제의 효과가 회복되었는데 그때까지 매우 낮은 포자발아 억제효과를 보였던 propineb도 포자발아를 완전히 억제했다. 그런데 여기에 mancozeb과 captan의 억제효과가 크게 저하되었다는 사실은 주목할 만한 가치가 있다. 이들 두 약제는 연속적인 강우가 있었던 7월 하순에서 8월 초순에 걸쳐서는 거의 완전한 포자발아 억제효과를 보였는데 8월 중순에 와서 약효의 지속기간이 현저히 짧아졌다는 사실을 현재로서는 설명할 수 없다. 이 처럼 약제의 포자발아 억제효과가 기상조건이 거의 비슷한데도 불구하고 시기별로 변동이 생기는 예가 있었는데 이와 유사한 예가 thiram에서도 볼 수 있었다. 한편 포자의 분산은 8월 초순에서 8월 중순에 최고에 달했으나 8월 하순 이후 급격히 저하되어 9월 초순에 거의 정지되었다. 9월 6일의 살포에서는 8월 하순에 일시 높은 효과를 보인 propineb의 포자발아 억제효과가 다시 크게 저하되었고 mancozeb, folpet, captan, oxine-copper, boldeuax는 거의 완전히 포자발아를 억제하였다.

이상의 사실을 종합적으로 고찰해 보면 겹무늬썩음병의 핵심적 방제시기는 7월하순에서 8월 중순까지이며 이 시기에 안정적으로 사용 가능한 약제는 folpet과 boldeuax인데 boldeuax의 경우 장마철에는 석회의 유실에 의해 약해가 생길 가능성이 있고 8월 이후의 boldeuax mixyuredml 살포는 과실에 약흔이 남으므로 권장할 수 없다. 따라서 이 시기에는 보호살균제에 의한 방제에 한계가 있는것으로 생각되므로 EBI의 사용이 불가피해진다. 그리고 iminoctadine-triacetate 및 benomyl은 약제의 특성상 포자발아를 억제하지 못하므로 적정 사용시기를 결정하기 위해서는 다른 방법이 강구 되어야 할 것으로 보인다. 그러나 benomyl의 경우 연속 8회 살포에 의한 과실 발병억제 효과가 매우 낮으므로 겹무늬썩음병에의 사용은 재고 되어야할 것으로 생각된다.

5. 침투이행성 살균제의 겹무늬썩음병 발병 억제효과

겹무늬썩음병의 방제에 있어서 EBI는 효과가 거의 없는 것으로 알려져있는데[14](Sutton 1990) 최근 우리나라에서는 bitertanol과 myclobutanil이 겹무늬썩음병에 등록되어 있다. 또, 포자의 비산 최성기에는 과실 1개당 30만개 이상의 포자가 부착되므로[3]보호살균제에 의한 방제에는 한계가 있으며 특히 장마기에는 약효지속기간 이내에 약제를 정확히 살포하기 어려우므로 치료제의 탐색이 필수 불가결하다. 이 연구에서는 이를 위한 실험을 3회에 걸쳐 시험했으나 무상접종한 경우에는 전혀 발병 되지 않았고 유상접종인 경우에만 발병되어 Table 7과 같은 결과가 얻어졌다. 이 결과는 유상접종이므로 자연발병과는 기주침입 조건이 다르기 때문에 포장에서의 효과를 그대로 반영하는 것으로 보기는 어렵다.

Table 7. Suppressive effect of systemic fungicides on disease outbreak and lesion enlargement in artificially inoculated apple with *B. dothidea*

Chmicals	No. of Diseased fruit and lesion area on the apples treated with the chemicals after inoculation;					
	12 hour		24 hour		48 hour	
	No. of D. F.[a]	L. A[b] (mm)	No. of D. F.	L. A (mm)	No. of D. F.	L. A (mm)
Hexaconazol	36	76.3	33	270.6	33	339.1
Penbuconazol	34	122.1	24	200.1	36	298.9
Bitertanol	22	63.6	35	257.3	32	373.8
Myclobutanil	17	44.4	34	83.9	28	260.7
Benomyl	39	83.0	37	323.5	37	501.9
Untreated	38	393.4	37	440.2	36	502.9

[a] : diseased fruit ; [b] : lesion area

그러나 Table 9에서 보는 바와 같이 접종 12시간 후에 약제를 처리한 경우 bitertanol과 myclobutanil에서는 상당한 정도의 발병 억제효과가 검출되었고 병반 면적확대에서는 공시한 5약제 모두 상당한 효과가 인정되었다. 특히 myclobutanil의 병반진전 억제효과는 매우 높은 것으로 나타났다(Table 7). 접종 48시간 후에 약제를 처리한 경우, 발병 억제효과는 거의 없었으나 병반확대 저지효과는 얼마간 인정되며, myclobutanil은 여전히 높은 억제효과를 나타내었다. 그리고 접종 48시간 후에 약제를 처리한 경우 발병 억제효과나 병반확대 억제효과는 크게 낮아졌으며 특히 benomyl에서는 거의 효과가 인정되지 않았다.

이 실험은 병원균에 대해서는 가장 유리하고 기주식물에 대해서는 극단적으로 불리한 조건에서 수행된 실험이나, 위에서 보는 바와 같이 접종 12시간 후에 약제를 처리한 경우 bitertanol과 myclobuanil에서 상당한 정도의 발병억제 및 병반확대 억제효과가 검출되었다. 따라서 무상접종으로 이 실험이 성공했다면 이보다 훨씬 더 높은 방제효과가 있었을 것으로 추정되므로 이들 두 약제는 방제체계에 삽입 가능할 것으로 보이는데, 그 시기는 장마기에 약제 살포 기간이 늦어졌을때 일 것으로 보인다.

6. 방제력의 작성

이상의 실험결과에 근거하면 Table 8과 같은 살균제 살포력의 작성이 가능 하였다. 이 살포력은 현재 우리나라의 사과재배에 가장 큰 문제인 겹무늬썩음병의 감염가능 시기인 6월 중순 부터 수확기 까지의 살균제 살포력만 나타내었다. 현재 우리나라의 사과재배에 있어서 적극적 방제가 필요한 병해는 검은별무늬병, 붉은별무늬병, 점무늬낙엽병, 갈색무늬병 및 겹무늬썩음병의 5종 병해인데, 검은별무늬병과 붉은별무늬병은 발생시기가 같기 때문에 동시 방제가 가능 하고 최근에는 여러가지 전문약제가 開發되어 있으므로 크게 문제될 것이 없을 것으로 판단되었다. 그리고 나머지 3종 병해, 점무늬낙엽병, 갈색무늬병 그리고 겹무늬썩음병도 감염 및 발생시기가 거의 중복되므로 동시방제를 기본으로 해야하나 겹무늬썩음병이 피해가 가장 크고 방제가 어려우므로 이의 방제를 주축으로 하여 가급적 동시방제가 되는 약제를 선정하였다.

Table 8. Recommanded fungicidal spray schedule for control of apple white rot

Time of application	Recommanded chemical	Target Disease
Jun. M	Mancozeb, Captan	Alternaria blotch, Whte rot
Jun. L.	I. T. A. Folpet	White rot, Alternaria blotch
Jul. E.	I. T. A. Folpet	White rot
Jul. M.	Bitetanol, Diphenaconazole	White rot Alternaria blotch
Jul. L.	I. T. A. Mamcozeb Dithianone, Oxine-copper	White rot
Aug. E.	Bitetanol Diphenaconazole	White rot Alternaria blotch
Aug. M.	Dithianon, captan	White rot
Aug. l.	Thioram	White rot, Alternaria blotch Marssonina blotch
Sep. E	Thioram	Marssonina blotch, Alternaria blotch, white rot
Sep. M.	Benomyl	White rot

이 살포력의 특징은 각 시기별 보호효과의 과실 표면상에서의 포자발아 억제 효과 지속기간에 근거하여 작성 되었으며 장마철에는 보호효과의 지속기간이 비교적 긴 immino-ctadine-triacetate와 강우에의해 약효의 유실우려가 적고 또, 보호살균제의 보호막을 뚫고 침입한 병원균을 배제할 수 있는 침투성살균제인 EBI를 배치하여 했다. 그리고 만코지와 캬탄은 집중강우기에는 사용을 피하도록 했으며 Thiram과 Thiophanate-methyl의 합제인 치오람은 점무늬낙엽병과 갈색무늬병에 효과가 확실하므로 이들병해의 감염이 우려되는 8월 하순과 9월 초순에 배치했으며, 현재 사과재배에서 흔히 쓰이고 있는 베노밀은 생육 중기 특히 겹무늬썩음병의 감염 위험기에는 사용을 피하여 최종살포의 1회에 한정했다. 이 살포력 6월하순부터 장마가 시작되는 것을 전재로하고 작성된 것이므로 기상상황에 따라 그때그때 임기응변적으로 대처해야할 것으로 생각된다.

EBI의 사용법은 대단히 까다롭고 여기에는 세심한 주의를 요하며 또, 고가약제이므로 경제성을 고려하여 최소한으로 사용해야할 것으로 생각된다.

적 요

사과 겹무늬 썩음병의 약제방제 체계를 수립하기 위해 병원균 포자의 수매분산 소장, 현재 사과 겹무늬썩음병 방제 약제로 등록되어 있는 propineb외 11종의 보호살균제의 사과 과면상에서의 포자발아 억제효과의 지속기간 및 겹무늬썩음병 방제효과를 조사했고 나아가서 5종의 침투이행성 살균제의 발병억제 효과를 검정했다.

포자의 수매분산은 6월 중순에 시작되어 7월 하순부터 8월 초순에 걸쳐 대량 분산 되었고, 8월 하순 이후 감소되기 시작하여 9월 중순에 종료되었다. 보호살균제의 사과 과면상에서의 포자발아 억제효과는 기상조건에 따라 크게 변동하는 것과 안정적인 것이 있었는데, folpet과 볼도액은 전기간 동안 포자 발아를 거의 완전히 억제했고, propineb, chlorothalonil, thiram, iminoctadine- triacetate 및 benomyl의 억제효과는 매우 낮았으며, captan, mancozeb, oxine-copper 및 dithianon은 일시적으로 저하되는 현상이 발견되었다. 과실 표면상의 포자발아 억제효과는 iminoctadine-triacetate를 제외하고 실제 방제효과와 대체로 일치하였으므로 이에 근거하면 각 시기별로 사용가능한 약제의 선정이 가능할 것으로 판단되었다. 사과에 겹무늬썩음병균을 유상접종하고 침투성 살균제를 처리한 결과, bitetanol 및 myclobutanil에서 접종후 48시간이내에 있어서 병반형성 억제효과 및 병반확대 저지효과가 확인되었다.

인용문헌

1) 조원대, 김승원, 김충회, 조의규, 최성호. 1982. 원예병해 발생생태에 관한 연구 - 사과 주요 병해 발생생태에 관한 시험. 농진청 농기연 시험 연구보고서.

2) 정기채, 박소득, 추연대, 정오상, 이창은. 1990. 경상북도 농촌진흥원 시험연구보고서. 287～297.

3) 정미혜, 김대희, 엄재열. 1993. 사과 과실 표면에 부착한 겹무늬썩음병균 포자 수의 계수. 한국식물병리학회소식. **4**(1): 79～80.

4) 林重昭. 1984. リンゴ輪紋病の 發生生態と 防除. 植物防疫. **38**(12):19～22.

5) 김종천. 1982. 사과 부패병균의 동정 및 전염경로에 관한 연구. 농촌진흥청. 산학협동. **23:1～51.**

6) 김승철. 1982. 사과나무 조피증상의 요인 및 대책. 농약과 식물보호 **3**(3):73～78

7) 경북능금조합. 1993. 사과 병해충 방제력.

8) 이두형. 1990. 사과 겹무늬썩음병의 병원균, 발생요인 및 방제대책. 경북대학교 농업과학 기술연구소 세미나 특집호. 24～41.

9) 野瀨直殼. 1933. 梨の 輪紋病 病原菌 に完全世代. Physalospora piricola(n. sp) に就て. 朝鮮總督府 勸業模範 農場報告書 **15**:126～131.

10) 농약공업협회. 1993. '93 농약사용 지침서.

11) 尾刑 丘. 1992. リンゴ輪紋病の 果實感染に 及ぼす要因. 今月の 農藥. **11**:48～51.

12) Sutton, T. B. 1981. Production and dispersal of ascospores and conidia of Physalospora obtusa and Botryosphaeria dothidea in apple orchards. Phytopathology **71**:584～589.

13) Sutton, T. B. and J. V. Boyne. 1983. Inoculum availability and pathogenic variation in Botryosphaeria dothidea in apple production areas of North Calorina. Plant Disease. **67**:503～506.

14) Sutton, T. B. 1990. Compendium of apple and pear diseases 76～77.

15) 田中彌平. 百埼將英. 福島千方里. 1987. 效果を 高める農藥の 使い方. 41～43. 財團法人 靑森縣 リンゴ協會

16) Thomson, W. T. 1991. Agricultural chemicals Book IV-fungicides. 108～109. Thomson publications Fresno, California.

17) 엄재열. 1993. 미국의 식물검역 기준에 적합한 사과 병해 방제체계 수립. 경상북도 용역연구 보고서 3～43.