

사과 겹무늬썩음병의 효과적 방제를 위한 억제살포 체계의 수립 1. 사과의 생육시기별 보호살균제의 선택 원칙

정미혜¹ · 김대희 · 엄재열*
경북대학교 농과대학 농생물학과, ¹농촌진흥청 농약연구소

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

1. Guiding Principles for Selecting Protective Fungicides in Accordance with Apple Growing Season

Mi Hye Jeong¹, Dai Hee Kim and Jae Youl Uhm*
Department of Agricultural Biology, College of Agriculture,
Kyungpook National University, Taegu 702-701, Korea

¹Agricultural Chemicals Research Institute, Rural Development Administration, Suwon, Korea

ABSTRACT: In order to establish an appropriate spray schedule to reduce the infection, 11 kinds of chemicals were tested for their properties on the inhibition of spore germination at the surface of apple fruits and the duration of the inhibitory effect after spray of each chemical was examined from late June to early September with basically 10 day intervals. Actual control efficacy of each chemical by the 8 successive spray and the patterns of waterborne spore dispersals during that periods were also examined. Combining those results with the meteorological observation data, actual control efficacy of each chemical in the given periods could be estimated. It was revealed that folpet, Bordeaux mixture, mancozeb, oxine copper and iminoctadine-triacetate could be used at any time during the possible infection periods. Captan and dithianon could also be used except the rainy season due to the short duration of inhibitory efficacy against spore germination under heavy rain. However, the usefulness of propineb, benomyl and chlorothalonil against the apple white rot could not be demonstrated in this experiment. Thiram, even though has not been used for apple white rot, can also be used before or after the rainy season to control not only white rot but also alternaria blotch.

Key words: Apple white rot, chemical control, spray schedule.

사과 겹무늬썩음병은 현재 우리나라에서 발생하는 사과병해 중 경제적 손실이 가장 큰 병해로서, 이 병이 우리나라에서 처음 보고된 것은 1930년이며(11), 사과에 문제가 되기 시작한 것은 1970년대에 들어 와서 감수성 품종인 후지가 널리 재배되고, 또 그때까지 널리 사용되어 오던 볼도액이 사용되지 않은 후 부터였다(7, 10). 이 병에 의한 피해과율은 년도, 지역 그리고 과수원에 따라서 차이가 있긴 하지만 전국적으로 평균 13%에 이르고 있으며, 과수원에 따라서 심한 경우는 30~50%의 높은 발병을 보이기도 한다(1, 8). 현재 우리나라의 사과병해 방제력은

이 병의 방제를 주축으로 하여 구성되어 있으며, 경북지방의 표준방제력에는 연간 16회의 살균제를 살포할 것을 권장하고 있고 그 중 8~10회가 겹무늬썩음병 방제를 주목적으로 하고 있다.

현재 우리나라에서 사과 겹무늬썩음병 방제약제는 보호살균제로 propineb, captan, benomyl, iminoctadine-triacetate, dithianon, mancozeb, carbendazim, folpet, oxine-copper의 9약제, 그리고 EBI제로 biter-tanol 및 myclobutanil이 등록 되어있다(14). 그리고 이들 약제와 몇몇의 타약제를 혼합한 합제가 8종 등록되어 있으며(14), 이외에 농가에서는 탄저병 방제약제로 등록되어 있는 chlorothalonil을 겹무늬썩음병 방제를 위해 사용하고 있다.

*Corresponding author.

현재 사과 재배농가에서는 이와 같은 농약을 특별한 원칙이 없이 6월 중순부터 9월 초·중순까지 10일 간격으로 교호살포를 하고 있다. 그러나 이와 같은 정기적 약제살포에도 불구하고 전국적으로 높은 발병율을 보이고 있으며, 만약 수확한 과실을 가온처리하여 발병하는 잠복감염까지 고려하게 되면 감염율은 훨씬 더 높아진다. 그 한 예를 들면, 엄(19)은 1993년 대구지방에서 병포자의 집중비산기인 6월 하순에서 8월 하순 사이에 mancozeb, captan, myclobutanil+mancozeb, benomyl을 그때 그때의 기상상황에 따라 8~13일 간격으로 살포한 결과, 수확전까지 평균 13.3%의 발병율을 보였고, 수확한 사과를 28°C에서 4주간 가온처리한 결과 평균 23.8%의 발병율을 나타내어 이들 약제를 살포한 과수원에서는 평균 37.1%의 사과가 포장에서 감염된 것으로 보고했다. 사과 겹무늬썩음병의 감염시기는 지역 및 연차간 변동이 있으나(1, 11) 대개 6월 중순부터 8월 하순까지로 알려져 있는데(1, 10, 12) 이 시기에는 비만 오면 다량의 포자가 비산하므로 단 한차례의 약제살포의 지연 또는 약제선정의 오류는 대량감염으로 이어질 수 있다. 그런데 이 병은 감염 후 발병까지 1~2개월의 긴 시간이 소요되며(2, 3, 12, 13, 16) 그 기간 중에 여러 종류의 약제가 살포되므로 방제효과는 그 기간중에 살포된 약제의 집합효과로 출몰되기 때문에 개별약제의 방제결과에 대한 역할을 검정하기는 쉽지 않다. 또, 각 약제의 방제효과도 항상 일정한 것이 아니며, 시기별로 기상조건, 특히 강우에 의해 변화될 것이 예상되므로 보다 효과적인 방제를 위해서는 각 시기별로 가장 적합한 약제를 선정할 필요가 있을 것으로 생각된다. 지금까지 각종 살균제의 겹무늬썩음병 방제효과를 검정한 시험결과는 다수 보고되어 있으나(3, 6, 9) 이들은 모두 단일 약제를 감염가능 기간중에 연속살포하고 병 방제효과를 검정한 것이나, 그와 같은 방법으로는 특정 시기에 각 약제의 약효를 검정하기는 어렵다. 이 연구에서는 현재 우리나라에서 사과 겹무늬썩음병의 방제제로 등록되어 있거나 사용가능할 것으로 추정되는 보호살균제의 겹무늬썩음병 감염가능 기간동안 약효의 변화여부 및 그 양상을 알기 위하여 과실표면에서 포자발아 억제효과 및 그 지속기간, 그리고 그들 약제를 8회 연속 살포했을 경우의 발병율, 시험기간중의 기상상태 및 포자의 수매분산 소장양상을 종합적으로 고려하여 겹무늬썩음병 감염가능 기간중의 약제선정 원칙의 수립을 시도했다.

재료 및 방법

병원균주 및 포자현탁액의 조제. 사과나무 가지에 있어서의 병징 및 배지상에서의 병포자형성 능력 등의 성질이 다른 *Botryosphaeria dothidea* 균주 2115, 1109, 2228를 각각 PSA(Potato sucrose agar)에 이식, 28°C에서 5일간 배양한 후 기중균사를 제거한 다음, 20 W 형광등을 25 cm 위에서 하루 8시간씩 3일간 조사하여 병포자형성을 유도하고 여기서 누출된 포자로 현탁액을 만들었다.

빗물에 의한 겹무늬썩음병균의 병포자분산 조사.

이 연구에서는 병포자의 분산이 시작되는 시기, 최대분산시기 및 종료시기를 알기 위해 조사가 번거로운 공중비산포자 대신 빗물에 의해 분산되는 포자수를 조사했다. 겹무늬썩음병균의 감염에 의해 사마귀가 다량으로 형성된 후지품종 5년생 나무를 3주 선정하여 주간 아래부분에 두꺼운 바닥용 비닐로 funnel을 설치하였다. Funnel의 기저 부분에 비닐호스를 연결하고 그 다른 한 쪽 끝은 500 ml polyethylene병에 연결하여 가지를 타고 내려온 빗물이 고이도록 하였다. Polyethylene병에는 포자의 발아를 막기 위해 약 1g의 유산동(CuSO_4)을 넣어 두었다(15). 6월 4일부터 8월 26일까지 강우가 있는 다음날 병에 고인 물 1 ml을 공경 2 μ 의 투명 nucleopore filter(직경 13 mm)에 통과시켜 filter에 부착된 포자를 aniline blue로 염색한 후 현미경으로 filter전면에 부착한 포자수를 계수하였다. 이때 포자의 밀도가 너무 높아 계수가 어려울 경우 빗물을 다시 10배로 희석하여 계수하였다. 기상청 대구측후소의 기상관측 자료를 이용, 약제살포일을 기점으로 사과 채취일인 3, 6, 9일까지의 누적 강우일수 및 강우량을 나타내었다.

보호살균제의 사과과실 표면상에서 겹무늬썩음병균 포자발아 억제효과의 지속기간 및 방제효과. 현재 우리나라에 겹무늬썩음병 방제약제로 등록되어 있는 propineb, iminoctadine-triacetate, mancozeb, benomyl, folpet, captan, dithianone, oxine-copper의 8종과 탄저병에 등록되어 있는 chlorothalonil, 점무늬낙엽병에 등록되어 있는 thiram과 겹무늬썩음병에 탁월한 효과를 보이는 boldeaux mixture 4~12식을 포함하여 11종을 공시하였다. 약제의 표준사용량을 6월 27일부터 약 10일 간격으로 5년생 후지품종에 한 약제당 3주씩 과실이 약제에 완전히 씻길 정도로 충분히 살포하였다.

약제살포 후 3일 간격으로 9일까지 각각의 약제를 처리한 나무에서 과실을 각각 3개씩 채취, 과점이 밀집한 부위에 포자현탁액($\sim 10^5/\text{ml}$)을 과실 한개당 10개소에 점적하고 28°C의 습실에서 24시간 보존한

후, 과실을 풍건하고 접종부위에 셀로판 tape를 부착하여 포자를 테이프에 접촉시켜 aniline blue로 염색해서 포자의 발아상태를 조사하였다(4). 포자의 발아상태는 현탁액의 점적부위에 따라 큰 차이가 있었는데 이는 약제살포 후 과실의 비대생장에 의해 약제가 묻지 않은 부분으로 판단되어 10개소 중 가장 발아율이 낮은 3개소를 선정하여 조사하고, 무처리의 발아율을 100으로 하였을 때의 발아억제율을 환산하였다.

동일약제의 연속살포에 의한 검무늬썩음병 방제 효과. 실험에 공시한 각 약제의 실제 방제효과를 알기 위해 6월 하순부터 9월 초순까지 10일 간격으로 3주의 나무에 공시약제를 8회 연속살포 하고, 8월 중순부터 수확기까지 이병과수를 수시로 조사하였으며 최종 조사시 각 나무의 과실의 총수를 조사하여 이병과율을 계산하였다.

결과 및 고찰

빗물에 의한 검무늬썩음병균의 병포자 분산 조사.

사과 검무늬썩음병균의 병포자분산은 강우일수, 강우량 및 기온과 관련되어 있으므로 연차간 또는 지역간에 변동이 심하다(3, 12, 16, 19). 이 실험의 경우 공시한 3주의 나무에서 병포자의 분산량에서는 상당한 차이가 있었으나 분산소장의 양상에는 차이가 거의 없었으며(Fig. 1), 6월 상순부터 병포자의 분산이 시작되었으나 그 양은 극히 적었고, 6월 중순부터 조금씩 증가하여 장마기인 7월 중순 이후부터 급격히 늘어나 8월 초에 최대분산기에 달했으며, 이 시기에

가지를 타고 흘러내려온 빗물 1 ml당 14,000개가 넘는 병포자가 분산되었다. 포자의 분산량은 8월 중순부터 급격히 줄어들어 9월 중순 이후에는 거의 분산되지 않았다.

검무늬썩음병균의 과실감염은 강우일의 최저기온 및 상대습도와 높은 상관성이 있는 것으로 알려져 있는데, 최저기온 및 상대습도가 높을수록 감염율이 높아진다(12). 검무늬썩음병균의 포자가 사과과실표면에 도달하여 감염이 이루어지기까지 15°C에서 24시간, 20°C에서 12시간, 그리고 25°C에서 8시간의 보습기간을 필요로 하는데(12), 1993년 대구지방의 기상상황(Table 1)을 보면 포자분산량이 가장 많았던 7월 하순에서 8월 중순에 걸쳐서 최저기온의 평균

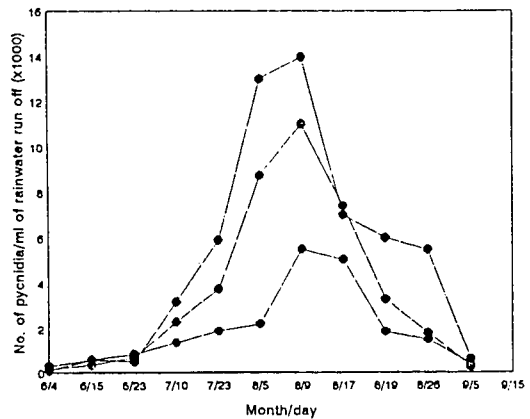


Fig. 1. Patterns of waterborne spore dispersals of *Botryosphaeria dothidea* from June to September 1993 in Taegu, Korea.

Table 1. Statistics of key weather factors^a influencing the apple fruit for infection of white rot during the experimental periods

Date sprayed	Accumulative weather factors from spray date								
	0~3 day			0~6 day			0~9 day		
	mean minim. temp.(°C)	no. of rainy day	precipitations (mm)	mean minim. temp.(°C)	no. of rainy days	precipitations (mm)	mean minim. temp.(°C)	no. of rainy days	precipitations (mm)
23 Jun.	17.6	1	3.3	17.6	3	134.0	16.9	4	141.0
3 Jul.	14.1	0	0.0	15.7	0	0.0	17.1	3	76.1
14 Jul.	18.7	3	24.3	17.7	4	25.8	17.2	4	25.8
27 Jul.	19.6	4	58.3	19.9	7	100.9	18.9	10	106.2
6 Aug.	19.0	3	53.8	19.7	5	90.9	20.1	7	149.2
17 Aug.	17.1	4	7.9	17.6	6	53.1	18.3	8	100.7
27 Aug.	15.8	0	0.0	15.6	1	0.2	15.3	3	5.8
6 Sep.	13.7	0	0.0	13.8	0	0.0	14.4	1	0.3

^aData from Taegu Meteorological Station.

치는 17.1~20.1°C로 다소 낮았으나, 연속강우 회수가 많았으므로 감염위험이 매우 높았던 것으로 추정되었다. 또, 시험기간 86일 중 53일간 강우가 있었으며 특히 겹무늬썩음병원균 포자의 집중분산기인 7월 10일에서 8월 20일까지 40일 중 33일간 비가 내렸다. 이와 같이 이 실험은 예년의 기상과는 크게 다른 조건에서 수행되었다.

Table 2. Inhibitory effects of selected chemicals on conidial germination of *Botryosphaeria dothidea* on the surface of apple fruit sprayed on 23 Jun. 1993

Chemicals	% inhibition ^a on the indicated days after spray		
	3	6	9
Propineb	-0.7	26.1	-0.7
Imminoctadine-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 mixture	100.0	100.0	100.0
Untreated	0.0	0.0	0.0

^aPycnidial germination rates (mean of 3 replication) were converted to inhibition rates by regarding the germination on the untreated apples as 100%.

보호살균제의 과실표면상에서의 겹무늬썩음병원균 포자발아 억제효과 및 그 지속기간. Propineb은 사과에 있어서는 광범위 살균제로 탄저병, 갈색무늬병, 겹무늬낙엽병 및 겹무늬썩음병에 등록되어 있으며(14) 사용빈도가 매우 높은 농약중의 하나이다. 과실표면상에서의 겹무늬썩음병원균과 포자발아 억제효과는 타 약제에 비해 매우 낮은 편인데 8월 하순을 제외하고는 포자발아 억제효과는 매우 낮았다. 특히 6월 하순의 경우(Table 2), 약제살포일로부터 3일과 9일 후는 무처리보다 포자발아율이 더 높았고 7월 3일과 14일 약제살포에 있어서는(Table 3) 약제살포 3일째를 제외하고는 매우 낮은 포자발아 억제효과를 나타냈다. 그러나 8월 27일 살포시에는 시험기간동안 거의 완전한 억제효과를 나타내었는데(Table 4) 9월에 가서 포자발아 억제효과는 다시 저하 되었으며 (Table 5) 특히 약제살포 3일 후에는 48.6%로 6일과 9일보다 오히려 낮았다. 이 약제의 방제효과도 이와 같은 낮은 포자발아 억제효과가 반영되어 방제가가 65.4%에 지나지 않았다(Table 6).

Imminoctadine triacetate는 과실 표면상에 포자발아 억제효과는 전체적으로 매우 낮았다. 6월 23일 처리에 있어서 약제살포 3일 후에는 포자발아를 완전 억제 했으나 7월 14일 약제살포의 경우 3일 후를 제외하고 전부 80%이하의 억제효과를 나타내었고 8월 초·중순의 약제살포에 있어서는 살포 후 6~9일이 경과하면 억제효과는 극히 미미 했으며, 7월에 3차례, 8월 중에 한차례는 무처리보다 오히려 발아율이 더

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

Chemicals	% inhibition ^a on the days after the spray conducted on:								
	6 Jul			14 Jul			27 Jul		
	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
Imminoctadine-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
Chlorothalonil	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

^aPycnidial germination rates (mean of 3 replication) were converted to inhibition rates by regarding the germination on the untreated apples as 100%.

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

Chemicals	% inhibition ^a 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
Imminoctadine-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
Chlorothalonil	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

^a Pycnidial germination rates (mean of 3 replication) were converted to inhibition rates by regarding the germination on the untreated apples as 100%.

높았다(Table 2~4). 그러나 이 약제의 방제효과는 상당히 높아 85.4%의 방제가를 나타내었다(Table 6). 따라서 이 약제는 포자발아 억제효과로 약효를 결정할 수 없는 것으로 나타났는데, 이는 이 약제의 작용기작에 기인하는 것으로 생각된다. 이 약제는 생체막 구성성분인 지질의 생합성을 저해하며(18) EBI와 마찬가지로 포자내에 저장되어 있는 지질이 소진될때까지는 균이 발육할 수 있으므로 포자발아 억제효과는 낮은 것으로 추정할 수 있다. 그러나 이 약제가 상당히 높은 방제효과를 나타내나 침투성이 없다는 점으로 본다면 포자발아 후 기주체 침입 이전에 병원균의 발육이 저지되는 것으로 판단된다. 따라서 포자발아 억제효과에 의거하여 이 약제의 적정 사용시기를 추정할 수 없으나 8회 연속 살포 후의 방제가가 85.4%로 비교적 높았기 때문에 어느 시기이나 안정적으로 사용 가능한 것으로 판단되었다.

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 2) 그 원인은 Table 1에서 보는 바와 같이 약제처리 후 3일에서 6일 사이에 130.7 mm의 집중강우가 있었기 때문으로 판단된다. 그 후 7월 중에는 거의 완전한 발아 억제효과를 나타냈으나 포자비산 최성기인 8월 초·중순, 약제살포 6일과 9일 후에 효과가 약간 낮아

졌으며 특히 8월 중순에 상당히 저하하였다(Table 4). 이 시기의 포자발아 억제효과의 저하는 극단적으로 잦은 강우에 기인하는 것으로 생각되는데 8월 6일과 8월 17일의 살포에 있어서는 10일 중 각각 7일 또는 8일간 비가 내렸다(Table 1). 그러나 전반적으로 높은 포자발아 억제효과가 있었으므로 실제 방제효과도 높아 85.9%의 방제가를 나타내었다(Table 6). 따라서 이 약제는 집중적인 장마기를 제외하고는 안정적으로 사용될 수 있을 것으로 생각된다.

Benomyl은 침투이행성 살균제로서 보호효과와 치료효과를 겸하고 있는 약제로 알려져 있으나 포자발아 억제효과는 imminoctadine-triacetate와 마찬가지로 매우 불량하였다. 이 약제도 세포기능 저해제로서 microtubule의 구성성분인 β -tubulin의 생합성을 저해하여 최종적으로 세포의 유사분열이 저해되며(17, 18), 약제처리 이전에 이미 합성되어 있었던 tubulin이 소진될때까지 균의 발육이 진행되므로 포자발아억제는 되지않는 것으로 추정된다. 그러나 이 약제의 방제효과는 매우 낮아 45.9%정도에 지나지 않았으므로(Table 6) 사과 검무늬썩음병 방제를 위해서는 크게 추장될 수 없는 것으로 판단되었다.

Chlorothalonil은 원래 사과 탄저병과 점무늬낙엽병에 등록되어 있지만(14) 현재 우리나라에 후지 품종이 주종을 이루고 있으므로 이 약제의 사용은 결국 검무늬썩음병의 방제를 염두에 두고 사용하게 된다. 그러나 Table 2~5에서 보는바와 같이 검무늬썩음병균의 포자발아 억제효과는 전반적으로 매우 낮으

Table 5. Inhibitory effects of selected chemicals on conidial germination of *Botryosphaeria dothidea* on the surface of apple fruit sprayed on 6 Sep. 1993

Chemicals	% inhibition ^a on the days after the spray		
	3	6	9
Propineb	48.6	88.5	77.0
Imminoctadine-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

^aPycnidial germination rates (mean of 3 replication) were converted to inhibition rates by regarding the germination on the untreated apples as 100%.

며 방제효과도 공시약제중 최저로 44.3%에 지나지 않으므로(Table 6) 후지품종에 대해서는 별로 유용성이 없는 것으로 판단되었다.

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

Captan도 전형적인 보호살균제인데 이 시험에서 공시된 타 약제와 마찬가지로 6월 하순에는 효과가 낮았고(Table 2) 7월중에는 거의 완전한 포자발아 억제효과를 나타내었으나(Table 3), 8월에 들어서면서부터 약효지속기간이 크게 짧아져 8월 6일 처리에 있어서는 약제살포 후 9일째 포자발아 억제효과는 34.5%로 크게 저하되었다(Table 4). 그리고 8월 17일 처리에서는 약제살포 6일후 부터 포자발아 억제효과가 저하되기 시작하여 9일째에는 10.5%를 나타내었다(Table 4). 이 시기가 포자의 최대 비산기이며(Fig. 1) 8월 6일부터 16일까지의 11일 중 7일간 그리고 8월 17일부터 26일까지의 10일중 8일간 비가

Table 6. Control of apple white rot by 8 successive spray of the chemicals from late June to early September in 1993 in Taegu, Korea

Chemicals	No. of apples:		% disease	Control efficacy (%)
	examined	diseased		
Propineb	156	10	6.4	65.4
Imminoctadine-triacetate	406	11	2.7	85.4
Mancozeb	377	10	2.6	85.9
Benomyl	130	13	10.0	45.9
Chlorothalonil	107	11	10.2	44.3
Folpet	244	3	1.2	95.3
Captan	260	18	6.9	62.7
Dithianon	187	10	5.3	71.3
Oxine-copper	165	3	1.8	90.2
Thiram	322	23	7.1	61.6
Boldeaux mixture	302	5	1.6	91.4
Untreated	189	35	18.5 ^a	0.0

^aSince this experiment was conducted on 7 years old Fuji tree, relatively low rate of disease was observed in spite of proper condition for the infection of white rot in 1993.

내렸고(Table 1), 포자발아 억제효과도 전술한 바와 같이 크게 저하 되었으므로 실제 방제효과는 62.7%로 매우 낮게 나타났다. 이 약제의 포자발아 억제효과와 지속기간은 강우가 있을 경우 Table 3, 4에서 보는 바와 같이 살균제의 일반적 살포간격인 10일간 지속되지 못하는 것으로 판단됨으로 이 약제는 장마기에는 가급적 사용을 피하는 것이 합리적이다. 장마기 이외 기간에도 이 약제를 살포한 후 다량의 비가 내렸을 경우 약제의 살포간격을 좁혀 7일 정도에 다시 살포해야 할 것으로 생각된다.

Dithianon은 원칙적으로 보호살균제이나 치료효과도 있는 것으로 알려져 있다(16). 이 약제의 포자발아 억제효과와 변화양상은 captan과 매우 유사하여, 8월에 들어오면서 억제효과와 지속기간이 크게 짧아졌고(Table 4) captan의 경우와 마찬가지로 이 기간중에 다량 감염된 것으로 추정되며 방제효과도 71.3%로 그리 높은 편이 못되었다(Table 6). 원래 이 약제는 기상조건에 매우 안정된 것으로 알려져 있으나(18) 이 실험에서는 captan과 마찬가지로 다량의 강우가 있을 경우 정상 살포간격인 10일 동안 약효가 지속되기 어려운 것으로 판단되었다.

Oxine-copper는 보호살균제로 검무늬썩음병에는 탁효가 있는 것으로 알려져 있는데(15) 이 실험에서도 7월 27일의 살포에서 9일째의 포자발아 억제효과가 59.6%로 낮아진것 이외에 시험기간 전반에

걸쳐 높은 발아억제효과를 나타냈으며 (Table 2~5) 실제 방제효과도 90.2%로 매우 높게 나타나 검무늬썩음병 방제에 있어서 비교적 안정적인 효과가 있는 약제로 평가되었다.

Thiram은 우리나라의 사과재배지에서는 그다지 많이 쓰이지 않는 약제이며 점무늬낙엽병에만 등록되어 있는데(14), 우리나라에서는 점무늬낙엽병과 검무늬썩음병의 발생시기가 거의 중복되므로 두 병해의 동시방제 가능성을 타진하기위해 이 실험에 공시했다. 이 약제의 검무늬썩음병 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 2~6). 따라서 이 약제는 내우성이 매우 낮은 것으로 생각되는데, 장마기이전 또는 이후에는 검무늬썩음병 방제제로 사용 가능할 것으로 생각되며, 특히 6월 초·중순경 및 8월 하순경 검무늬썩음병의 감염위험이 낮은 시기에는 점무늬낙엽병과 동시방제가 가능할 것으로 생각된다. 방제효과는 병원균 포자의 최대비산기에 발아억제 효과가 낮았으므로 61.6%의 낮은 방제효과를 나타내었다(Table 6).

볼도액은 공시한 약제 중 가장 우수한 포자발아 억제효과를 나타내어 전 기간 동안 포자발아는 거의 완전히 억제되었으며(Table 2~5) 방제기도 91.4%로 folpet과 비슷하게 나타났다(Table 6). 그러나 약제의 조제와 살포상의 어려움 및 과실의 품질에 악영향을 미치므로 실제 방제체계에 이용되기는 어려운 것으로 생각된다.

지금까지 이 실험에 공시한 개별약제의 포자발아 억제효과 및 각 약제를 8회연속 살포했을 경우의 병 방제효과에 대해서 검토했는데 과실 표면상에서 포자발아 억제효과가 높고 또, 그 효과의 지속기간이 긴 약제일수록 병 방제효과가 높은 것으로 나타났는데 iminocetadine-triacetate와 같은 세포기능 저해제는 예외였다. 따라서 호흡저해제의 경우 특정 약제를 살포하고 일정 기간이 지난 후 과실표면에서 포자발아 억제효과와 점검으로 그 시기에 있어서 당해 약제의 방제효과 및 사과와 위생상태를 간단히 추정할 수 있을 것으로 판단된다. 만약 약제를 살포한 후 6일 이내에 검무늬썩음병에 감염될 수 있는 환경, 즉 기온이 높고 다량 강우가 있었을 경우 과실표면에서의 포자발아 시험으로 그 기간 동안의 감염여부를 추정할 수 있을 것으로 생각된다.

이상의 실험적 근거에 의하면 사과 검무늬썩음병

의 방제를 위한 대략적인 살균제의 선정기준이 마련될 수 있다. 우선 각 약제의 실제 방제효과만 볼때, 검무늬썩음병의 방제에 비교적 안정적 효과를 갖는 약제는 볼도액, folpet, oxine-copper, iminocetadine-triacetate, mancozeb의 5종에 불과하였다. 따라서 이들 5종의 약제는 검무늬썩음병의 감염가능기간인 6월 중순에서 8월 하순까지 어느 시기에나 사용할 것으로 판단된다. 그리고 captan 과 dithianon은 장마 이전 또는 이후에 비교적 안정적으로 사용할 수 있을 것이며, 포자발아 억제효과 검증시험에서 나타난 바와 같이 다량의 강우가 있어도 약제살포 후 6일까지는 포자발아 억제효과가 거의 완전하게 지속 되므로 이들 약제를 살포한 후 6일 이내에 수일간 연속 강우가 있을 경우에는 6일 이후 가급적 가까운 시일내에 약제를 다시 살포해야 할 것으로 생각된다. 또, 현재 검무늬썩음병의 방제에 널리 쓰이고 있는 propineb과 benomyl은 적어도 이 실험 결과에 관한한 그 효용성을 입증할 수 없었으며, 검무늬썩음병에는 등록되어 있지 않지만 사과재배 기간 동안에 가끔 쓰이고 있는 chlorothalonil은 탄저병에 대해 저항성인 후지가 주품종으로 되어 있는 과수원에서는 사용하지 않는 것이 바람직한 것으로 판단되었다. 그리고 이 실험에 공시한 thiram은 검무늬썩음병의 방제를 주목적으로 할 경우에는 사용이 곤란하나, 이 병이 크게 문제가 되지 않지만 감염 위험이 있는 6월 초·중순 그리고 8월 하순 이후에 살포하면 점무늬낙엽병균에 의한 과실 감염도 동시에 방제할 수 있을 것으로 생각된다.

보호살균제는 이상과 같은 원칙에 의거하여 살포할 수 있을 것으로 생각되나 검무늬썩음병의 감염가능기간은 과실의 비대생장이 급격히 진행되는 시기이므로 보호살균제를 살포한 경우 시일이 경과하면 과실의 비대생장에 의해 약제가 묻지 않는 부분이 형성될 수 있으며 그와같은 현상은 전술한 바와 같이 이 실험에서도 거듭 확인된 바 있다. 또, 병포자의 최대비산기에 강우 직후 과실 표면에 부착하는 포자의 수를 조사한 결과, 후지 20년생에서 임의로 채취한 과실 한개당 최저 약 6천개에서 최고 36만 개의 포자가 부착된다(5). 따라서 약제살포 후 과실의 비대생장에 의해 형성된 부분에 포자가 부착될 가능성은 대단히 높을 것으로 추정된다. 그리고 실제 방제에 있어서 통상 약제살포 간격인 10일을 정확히 지켜도 10% 이상의 발병을 피할 수 없는 이유가 이러한 데에 있는 것으로 추정된다. 그러므로 검무늬썩음병의 보다 효과적 방제를 위해서는 치료제의 사용이 필요할 것으로 생각되며 그 적정 사용시기

및 방법을 구명하기 위한 연구는 현재 진행 중에 있다.

요 약

사과 겹무늬썩음병의 효과적 방제를 위한 약제살포 체계를 수립하기 위하여 현재 사과 겹무늬썩음병 방제에 사용되고 있거나 사용 가능할 것으로 추정되는 11종의 살균제의 사과 과면상에서의 포자발아 억제효과 및 그 지속기간을 6월 하순부터 9월 초순에 걸쳐 조사하였고 또, 이들 약제를 연속 8회 살포한 후 겹무늬썩음병의 실제 방제효과를 조사하였으며, 실험기간 동안 병포자의 비산소장양상을 조사하였다. 이들 결과와 기상상황을 토대로 각 약제의 시기별 방제효과를 추정했다. 그 결과에 근거하여 사과의 생육시기 별로 사용 가능한 약제를 선별하는 원칙을 수립하였다.

실험에 사용한 11종의 살균제 중, 겹무늬썩음병 감염가능기간 전반에 걸쳐 비교적 안정적으로 사용 가능한 약제는 볼도액, folpet, oxine-copper, imminocadine-triacetate 및 mancozeb의 5종이었으며, captan과 dithianon은 집중강우에 의해 약효가 소실되므로 장마철 이외에 사용 가능한 것으로 밝혀졌다. 현재 겹무늬썩음병의 방제약제로 널리 쓰이고 있는 propineb과 benomyl은 이 실험의 결과에 관한한 겹무늬썩음병에 대한 효용성이 입증되지 않았다. 그리고 점무늬낙엽병 방제제로 등록되어 있는 thiram은 장마철 이외의 기간에는 겹무늬썩음병과 점무늬낙엽병의 동시방제제로 사용 가능한 것으로 나타났다.

참고문헌

1. 조원대, 김충희, 김승철. 1982. 사과 주요 병해 발생 생태와 방제에 관한 시험. 농기연시연보 359-364.
2. Edward A., Brown, II and Kerry, O. Britton. 1986. *Botryosphaeria* diseases of apple and peach in the southeastern United States. *Plant Dis.* 70:480-484.
3. 林重昭. 1984. 링고輪紋病의 發生生態と 防除. 植物防疫. 38(12):19-22.
4. 정미혜, 박경원, 이동혁, 신호철, 엄재열 1992. 사과 겹무늬썩음병 방제약제의 약효. 한국식물병리학회소식 3(2):78-79.
5. 정미혜, 김대회, 엄재열. 1993. 사과 과실 표면에 부착한 겹무늬썩음병균 포자 수의 계수. 한국식물병리학회소식 4(1):79-80.
6. 윤재탁, 김호열, 정기채 1982. 사과부패병 감염 및 방제시기 시험. 경북농촌진흥원 시험연구보고 708-715.
7. 김종천. 1982. 사과 부패병균의 동정 및 전염경로에 관한 연구. 농촌진흥청. 산학협동. 23:1-51.
8. 김승철. 1982. 사과나무 조피증상의 요인 및 대책. 농약과 식물보호 3(3):73-78.
9. 이두형, 한동욱. 1983. 과수수피병 및 운문병의 병원균, 병원성 및 약제방제에 관한 연구. 서울시립대학 논문집 17:459-481.
10. 이두형. 1990. 사과 겹무늬썩음병의 병원균, 발생요인 및 방제대책. 경북대학교 농업과학 기술연구소 세미나 특집호. pp.24-41. 경북대학교 농업과학기술연구소.
11. 野瀬直毅. 1933. 梨の 輪紋病 病原菌 に 完全世代. *Phylospora piricola*(n. sp.) に 就て. 朝鮮總督府 勸業模範農場報告書 15:126-131.
12. 尾形 正. 1992. 링고輪紋病의 果實感染に 及ぼす 要因. 今月の 農業. 11:48-51.
13. Parker, K. C. and Shutton, T. B. 1993. Susceptibility of apple fruit to *Botryosphaeria dothidea* and isolate variation. *Plant Dis.* 77:385-389.
14. 농약공업협회. 1993. '93 농약사용 지침서. 203-311, 서울.
15. Sutton, T. B. 1981. Production and dispersal of ascospores and conidia of *Physalospora obtusa* and *Botryosphaeria dothidea* in apple orchards. *Phytopathology* 71:584-589.
16. Sutton, T. B. 1990. White rot. Pages in: 76-77 Compendium of apple and pear diseases. A. L. Jones and H. S. Aldwinckle eds. APS Press 100 pp.
17. 田中彌平, 百崎將英, 福島千里. 1987. 効果を 高める 農薬の 使い方. pp.41-43. 財團法人 青森縣 링고協會.
18. Thomson, W. T. 1991. Agricultural chemicals Book IV- fungicides. pp.108-109. Thomson publications Fresno, California.
19. 엄재열. 1993. 미국의 식물검역 기준에 적합한 사과 병해 방제체계 수립. 경상북도. 경북대학교 농업과학기술연구소 3-43.