

미국 수출용 사과 재배를 위한 살균제 살포력의 개발

엄재열* · 이동혁¹ · 이상계²
경북대학교 농과대학 농생물학과
¹농촌진흥청 대구사과연구소, ²(주)경농 경주연구소

Development of Fungicide Spray Program for the Apples to Be Exported to the United States of America

Jae Youl Uhm*, Dong Hyuck Lee¹ and Sang Kye Lee²

Department of Agricultural Biology, College of Agriculture,
Kyungpook National University, Taegu 702-701, Korea

¹Institute of Taegu Apple Research, RDA, Kunwee Kun, Kyungpook Province

²Kyungju Research Institute, Kyung Nong Corporation, Kyung Ju, Kyungpook Province

ABSTRACT : This study was conducted from 1991 to 1993 to develop a fungicidal spray program for the apples exportable to the United States of America, in which quarantine and pesticide residue in agricultural products are strictly regulated. In 1991, 2 spray schedules were applied to an orchard, in one of which the 7 fungicides registered for apple both in Korea and U.S. were used, and in the other of which the Bordeaux mixture for which the tolerance was exempted in U.S. was used 2 times along with those 7 fungicides. The apple white rot and fruit infection by *Alternaria mali* were not effectively controlled by the 7 fungicides alone; however, the control efficacy was raised by adding the Bordeaux mixture to the spray schedule. In 1992, 4 spray schedules were applied in which the kinds of fungicides and spray intervals were different one another. The results suggested that an effective spray program can be developed by adopting the Bordeaux mixture for 3 times or adopting the iminoctadine-triacetate which has no tolerance level in U.S. for same times in the vulnerable stage of apple white rot and alternaria blotch. In spite of the high efficacies against major apple diseases, the Bordeaux mixture could not be recommended to the apple growers due to the various defects such as restrictions in compatibility with insecticides and acaricides, troublesomeness in preparation and spray, especially the harmful effect on the finish of Fuji apples. In 1993, a spray program adopting 3 times of iminoctadine-triacetate during the growing season of apple was developed, which not only can effectively control the major apple diseases but also avoid the pesticide residue problems if it was sprayed 2 or 3 times after bagging. On the basis of the 3 years results, a basic fungicide spray program was formulated in which 1~3 times of iminoctadine-triacetate and 1~2 times of bitertanol were adopted in addition to the 7 common fungicides registered in both countries. In the results of application of the spray schedule to the actual farming in the 4 areas of Kyungpook Province in 1994, no noticeable defects were detected at the first year trial. However, this spray program will be continuously evaluated and modified to obtain better control efficacies against major apple diseases.

Key words : fungicide spray program, apple white rot, alternaria blotch, marssonina blotch.

1980년대 후반, 농산물 교역 자유화가 거론되면서 부터 사과는 국제적 비교 우위가 있는 작목으로 알려져 그 재배 면적이 급격히 늘어났으며, 이와 같은 증가 추세는 앞으로도 가속화될 전망이다. 국내 소

비는 거의 한계에 이른 것으로 추정되고 있다. 이러한 상황에서 우리 나라의 사과 산업을 지속시키기 위해서는 해외시장의 확장이 필수적인 과제로 등장하게 되었다. 그 동안 우리 나라의 사과 수출 시장은 동남아의 수개국에 한정되어 있었는데, 이를 다변화 하기 위해 우선 규모가 방대한 미국 시장을 개척하기

*Corresponding author.

위한 노력이 경상북도 당국을 중심으로 1991년부터 시작되었다.

미국은 1912년에 제정되어 1947년까지 6차에 걸쳐 개정된 식물검역법에 근거하여 외국으로부터 과일 채소 등의 농산물의 수입을 원칙적으로 금지해 놓고, 외국 정부 또는 자국 내의 수입상의 요청에 의거, 식물방역상 문제가 없는 품목만을 선별적으로 수입을 허용하고 있다(10). 우리 나라 사과와 수입 금지 해제 요청은 1990년에 제출되었으며, 1991년에 문헌검증이 시작되어 1992년 봄 그 결과가 통보되었는데, 검역 대상 병해충으로 사과 검무늬썩음병, 복숭아 심식나방, 복숭아 명나방 및 벚나무 응애를 지정했다. 이에 대해 필자 등은 사과검무늬썩음병이 미국 내에서도 발생하고 있다는 사실을 지적하고 이의 검역 대상 병해로의 지정의 부당성을 거듭 주장한(24, 25) 결과, 1993년에 와서 검역 대상 병해에서 제외되게 되었다.

현재 우리 나라 사과의 미국 수출에 있어서 검역 대상이 되는 것은 3종의 해충뿐이며, 이들중 복숭아 심식나방 및 명나방의 완전 방제를 위하여 봉지씌우기를 하도록 되어 있다. 따라서 봉지씌우기를 한다면 현재 우리 나라의 사과 재배에서 가장 문제가 되는 검무늬썩음병까지도 거의 완전히 방제할 수 있으나, 문제는 착과된 사과 전부에 봉지를 씌우는 것은 경제적으로 타당성이 없다는 점이다. 일반적으로 유대재배(有袋栽培)에서는 땅위에 서서 작업할 수 있는 범위의 사과에만 봉지를 씌우게 되므로, 그 보다 높은 위치에 착과된 과실에 발생하는 검무늬썩음병과 주로 잎에 발생하는 점무늬낙엽병 및 갈색무늬병의 방제가 문제로 남게 되며, 이들 병해를 방제하는데에는 다시 농약 사용상의 엄격한 규제가 따르게 되었다.

한국과 미국은 농약의 등록 상황이 매우 달라 한국에서 사과에 등록되어 있는 살균제 중에 미국에서 잔류허용 기준이 설정되어 있는 것은 12종에 불과하므로(3, 16), 미국 수출용 사과 재배에 사용 가능한 농약은 크게 제한될 수밖에 없다. 이 연구에서는 1991년부터 1993년까지 3년간에 걸쳐 한·미 양국에 공통으로 등록되어 있는 살균제를 근간으로 미국의 농약 사용에 관한 각종 규제를 벗어나면서 현재 우리나라의 사과 재배에 문제가 되고 있는 병해를 경제적 피해 허용 수준 이하로 방제할 수 있는 살균제 살포 체계의 개발을 시도했다.

재료 및 방법

시험포장의 입지 및 병해 발생 상황. 경북 영천군 화북면 오산리 소재의 한 농가 포장을 차지하여 시험포장으로 사용하였으며, 과수원의 면적은 약 13,731 m²(4,161평)이며, 토양은 사질양토로 15년생의 후지(M 26대목) 24주와 쓰가루 57주가 식재되어 있었다. 이 지역에서의 병해 발생 상황을 조사한 결과, 검무늬썩음병과 점무늬낙엽병이 심하게 발생하는 지역이며, 갈색무늬병이 약간 발생하고 있었고 그 외 부란병, 흰날개무늬병 및 가지마름병이 과수원마다 약간씩 발생하고 있었다. 또, 인접한 지역에 검은별무늬병의 상습 발생지가 위치해 있었다.

과수원의 관리. 전정, 시비 등의 일반 관리는 농가에 위탁하여 관행에 준했고 6월 상순에서 중순에 걸쳐 지상에 서서 작업이 가능한 범위의 사과에 이중착색 봉지(Kobayashi, Japan)를 씌웠다.

시험구의 설정 및 살균제의 살포

제1차 년도(1991). 미국에 잔류허용 기준이 마련되어 있는 살균제(한·미 공용 살균제) (Table 1) 만으로 검무늬썩음병을 위시한 주요 병해를 경제적 피해 허용 수준까지 방제가 가능한지의 여부를 검토하는 시험구(N)와 약종의 부족 문제를 해결하기 위해 검무늬썩음병 방제에 효과가 큰 것으로 알려져 있는 석회불도액을(4.21) 중점 방제시기에 2~3회 살포하는 시험구(B) 등 2개의 시험구를 설치했다. 불도액은 미국에서 잔류면제(tolerance exempt) 품목이 되어 있으므로(3) 제한 없이 사용할 수 있다. 약제의 선정은 매회 살포시 마다 그때 그때의 병해의 발생 상황, 기상조건 등을 감안하여 임기응변적으로 대응했는데, 강우 등의 기상조건에 의해 계획된 살포간격 10일이 지켜지지 않았다. 1991년도 두 시험구에서의 살균제 살포력은 Table 2와 같은데, 당초의 계획으로는 B구에 검무늬썩음병의 집중 감염이 예상되는 6월 하순경부터 불도액을 3회 살포할 것을 계획했으나, 기상조건과 응애 방제 상황이 미흡하여 최초의 살포가 7월 14일로 늦어져 결국 2회 살포로 그쳤다. 두 시험구간의 살포력의 차이는 7월 14일과 25일 N구의 benomyl, captan이 B구에는 불도액으로 대체된 것 이외에는 양 시험구간에 차이가 없게 되었다. 연간 살균제의 총 살포 회수는 경북 지방의 권장 방제력의 16회 보다 적은 13회로 9월 상순에 살포를 종료했다.

제2차 년도(1992). 6월 중순부터 불도액을 10일 간격으로 4회 살포하는 구(B1), 6월 중순부터 유기합성 살균제를 7일 간격으로 2회 살포하고 7월 상순부터 불도액을 13일 간격으로 3회 살포하는 구(B2), 한·미 공용 살균제를 10일 간격으로 살포하는 구(R),

Table 1. Fungicides which are registered for apple in Korea and retain tolerances for apple in the United States (1992)

Fungicide	Tolerance (mg/kg)		Target Diseases
	Korea	U.S.A.	
Mancozeb		7.0	Anthracnose ^a , Alternaria blotch ^b , White rot ^c , Marssonina blotch ^d
Captan	5.0	25.0	Anthracnose, White rot, Alternaria blotch
Thiophanatemethyl	2.0	7.0	Anthracnose, Marssonina blotch
Triforine	2.0	0.01	Powdery mildew ^e , Rust ^f
Fenarimol		0.1	Powdery mildew, Rust, Scab ^g
Dinicap		0.1	Powdery mildew
Triadimefon	0.5	1.0	Rust, Powdery mildew
Myclobutanil		0.5	White rot, Powdery mildew, Scab, Rust
Thiram		7.0	Alternaria blotch
Benomyl	2.0	7.0	Anthracnose, White rot
Dodine		5.0	Alternaria blotch, Scab
Folpet	5.0	25.0	Anthracnose, White rot

^a*Glomerella cingulata*, ^b*Alternaria mali*, ^c*Botryosphaeria dothidea*, ^d*Diplocarpon mali*, ^e*Podosphaera leucotricha*, ^f*Gymnosporangium yamadai*, ^g*Venturia inaequalis*.

Table 2. Fungicides sprayed in each experimental plot^a in 1991

Date Sprayed	Fungicides sprayed in the plot of;	
	N	B
Apr. 2	Lime sulfur	Lime sulfur
Apr. 22	Thiophanate-methyl	Thiophanate-methyl
May 18	Myclobutanil	Myclobutanil
May 30	Fenarimol	Fenarimol
Jun. 8	Captan	Captan
Jun. 17	Folpet	Folpet
Jun. 29	Captan	Captan
Jul. 14	Benomyl	Bordeaux mixture
Jul. 25	Captan	Bordeaux mixture
Aug. 6	Benomyl	Benomyl
Aug. 18	Folpet	Folpet
Aug. 26	Captan	Captan
Sep. 7	Folpet	Folpet

^aAn orchard located in Yongcheon City, Kyungpook Province was divided into two experimental plots; N plot: 148 trees in 6,663 mm², B: 157 trees in 7,088 mm².

그리고 6월 중순부터 7월 하순까지 유기합성 살균제를 7일 간격으로 살포하는 구(RI) 등 4개의 시험구를 설치했다. 각 시험구에서의 살균제 살포력은 Table 3에서 나타난 바와 같은데, 그 해에는 장마기가 짧고 또 장마기에도 비가 자주 내리지 않았으므로 약제의 살포는 비교적 정해진 날짜에 수행할 수 있었다. 월동기부터 6월 중순까지는 전 시험구에 같은 약제를 살포했다. 개화 직전인 4월 13일에 비교적 잔효성이긴 것으로 알려진 imminoctadine-triacetate

를 살포했는데 이 시기의 살포는 잔류 문제가 생기지 않을 것으로 판단했기 때문이었다. 또, captan은 전년도의 시험에서 이상 반점의 원인으로 추정되었으므로 1992년에는 최초 살포를 가급적 늦추었다. 6월 하순부터 8월 하순까지는 기본계획에 의거하여 약제를 살포했고, 당초의 계획으로는 9월 10일에 최종 살포를 예정하였는데 예상 밖으로 9월 중순과 하순에 다량의 포자가 비산되었고, 강우가 잦았으므로(Fig. 1) 9월 25일에 benomyl을 한차례 더 살포했다.

제3차년도(1993), 두 개의 시험구(A·B)로 압축하여 A구에는 역시 한·미 공용 살균제를 10일 간격으로 살포하기로 하고, B구에는 A구의 살포력에서 3회에 걸쳐 미국 미등록 약제인 imminoctadine-triacetate를 검무늬씩음병 감염 위험기에 타약제와 대치하기로 했는데, 이 약제는 별도의 시험에서 그 유용성이 입증되었고(5) 봉지를 씌운 후에 살포하면 잔류 문제를 피할 수 있을 가능성이 전년도의 실험에서 시사된 바 있었다(9). 그런데 1993년에는 1, 2년차 시험에서 빈번하게 살포한 folpet은 미국 환경보호청(EPA)의 잔류허용 기준은 유지되고 있었으나(3) 미국에서는 농약으로서의 등록이 취소되었으므로(23) 3년차의 시험에서는 제외했다. 이에 따라 약제의 선택폭은 더욱 좁아져 검무늬씩음병에 등록되어 있으나 지난 2년간 공식된 적이 없는 myclobutanil을(16) 검무늬씩음병 감염 위험기에 살포했고, A구에서는 검무늬낙엽병에 등록되어 있는 thiram을(16) 과실 감염 위험기에 1회 살포했는데 정 등(6)이 수행한 실험에서 이 약제도 검무늬씩음병에 장마기

Table 3. Fungicides sprayed in each experimental plot^a in 1992.

Time of Spray	Fungicides sprayed in the plot of;			
	B1	B2	R	R1
Mar. 28	Lime-sulfur	Lime-sulfur	Lime-sulfur	Lime-sulfur
Apr. 13	I.T.A ^b	I.T.A	I.T.A	I.T.A
May 9	MYB+MNZ ^c	MYB+MNZ	MYB+MNZ	MYB+MNZ
May 23	Mancozeb	Mancozeb	Mancozeb	Mancozeb
Jun. 8	Mancozeb	Mancozeb	Mancozeb	Mancozeb
Jun. 18	Benomyl	Benomyl	Benomyl	Benomyl
Jun. 25		Folpet		Folpet
Jun. 28	Bordeaux ^d		Folpet	
Jul. 2		Bordeaux		I.T.A
Jul. 8	Bordeaux		Mancozeb	Benomyl
Jul. 15		Bordeaux		Mancozeb
Jul. 18	Bordeaux		Captan	
Jul. 22				I.T.A
Jul. 28	Bordeaux	Bordeaux	Folpet	
Jul. 29				I.T.A
Aug. 7	Captan	I.T.A.	Benomyl	Captan
Aug. 16	Folpet	I.T.A.	Captan	Folpet
Aug. 24	Captan	Folpet	Folpet	Captan
Aug. 31	Folpet	Folpet	Folpet	Folpet
Sep. 10	Benomyl	Benomyl	Benomyl	Benomyl
Sep. 25	Benomyl	Benomyl	Benomyl	Benomyl

^aAn orchard located in Yongcheon City, Kyungpook Province was divided into four experimental plots; B1 plot: 45 trees in 2,025 mm², B2: 63 trees in 2,790 mm², R: 63 trees in 2,520 mm², R1: 68 trees in 3,060 mm².

^bImminoctadine triacetate, ^cMyclobutanil + Mancozeb, ^dBordeaux mixture.

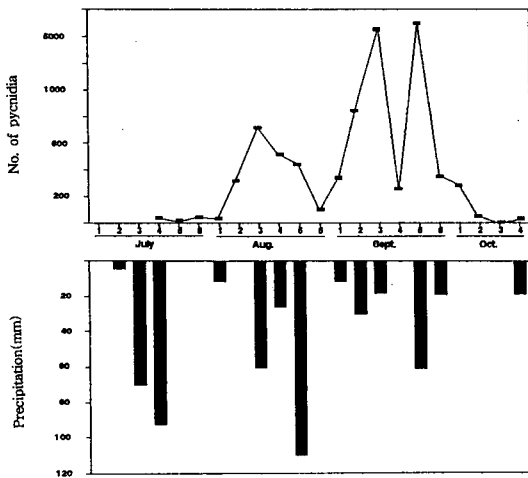


Fig. 1. Patterns of airborne pycnidia dispersal in *Botryosphaeria dothidea* and the precipitations in the experimental orchard in 1992.

이외의 기간에 제한적으로 사용 가능한 것으로 밝혀진 바 있었다. 그리고 지난 2년간의 시험에서 다소

문제가 있는 것으로 생각된 benomyl도 약종의 부족 문제를 해결하기 위해, 또 한편으로는 그 유용성을 다시 확인하기 위해 2회에 걸쳐서 사용했다. 1993년도에 운용된 살균제 살포력은 결과적으로 Table 4와 같이 되었다.

이상 3년간의 시험에서 살충제 및 살비제의 선정은 우선 살균제를 결정한 후 그와 혼용이 가능한 약제 중 미국에 잔류허용 기준이 마련된 것을 선정했다.

병해 발생 조사. 시험포장에서 발생하는 각종 병해 중 잎과 과실에 발생하는 병해를 조사 대상으로 했는데, 붉은별무늬병(*Gymnosporangium yamadae*)은 봄에 약간 발생했으나 EBI제의 살포로 완전히 방제되었고, 검은별무늬병(*Venturia inaequalis*)도 3차 년도에 일부의 나무에서 발생했으나 역시 EBI제의 연속 살포로 완전히 방제되었으므로 조사 대상에서 제외했다. 점무늬낙엽병(*Alternaria mali*)의 잎에서의 발병은 갈색무늬병이 발생하기 직전인 8월 중순에 조사했으며 갈색무늬병(*Diplocarpon mali*)은 9월 하순에 조사했다. 조사 방법으로 각 시험구에 난괴법 3반복, 구당 3주가 되도록 나무를 선정하고 각 나

Table 4. Fungicides sprayed in each experimental plot in 1993.

Time of spray	Fungicides sprayed in the plot of:	
	A	B
Apr. 18	I.T.A. ^a	I.T.A.
May 19	Mancozeb	Mancozeb
Jun. 4	MYB+MNZ ^b	MYB+MNZ
Jun. 9	Fenarimol	Fenarimol
Jun. 16	Benomyl	Benomyl
Jun. 26	Mancozeb	Mancozeb
Jul. 4	Captan	I.T.A
Jul. 16	MYB+MNZ	MYB+MNZ
Jul. 30	CAP+BEN ^c	CAP+BEN
Aug. 11	Benomyl	I.T.A
Aug. 20	Mancozeb	Mancozeb
Aug. 30	Thiram	I.T.A
Sep. 10	Captan	Captan
Sep. 20	Benomyl	Bitertanol

^aAn orchard located in Yongcheon City, Kyungpook Province was divided into two experimental plots; N plot: 148 trees in 6,663 mm², B: 157 trees in 7,088 mm².

^bImminoctadine-triacetate, Myclobutanil+Mancozeb.

^cCaptan+Benomyl.

무에서 10개의 작은 가지를 선정, 선단에서 아래로 20엽에 대한 이병염을 조사했다. 과실에 발생하는 병해 중에는 겹무늬썩음병(*Botryosphaeria dothidea*)과 점무늬낙엽병(*Alternaria mali*)을 조사 대상으로 했다. 겹무늬썩음병의 조사를 위해서는 8월 상순경 조사 대상 나무를 난괴법 3반복, 구당 3주가 되도록 미리 선정해 두고 발병 초기부터 낙과된 유대(有袋) 또는 무대(無袋) 과실 중에 병든 과실 수를 수확기까지 수시로 조사했다. 수확기에는 조사 대상 나무로부터 전 과실을 수확한 후 총과실수 및 병든 과실 수를 유대, 무대로 나누어 조사하고, 여기에 수확기 이전에 조사된 병든 과실 수와 합산했다. 점무늬낙엽병의 과실 감염은 수확기에 겹무늬썩음병의 조사와 병행하여 실시했다. 그리고 겹무늬썩음병의 잠복감염을 조사하기 위해 조사 대상 나무에서 제1차 년도에는 유대 및 무대를 각각 주당 10개씩, 2차년 도에는 20개씩, 3차 년도에는 30개씩의 외관상 건전한 사과를 채취하여 공시하였다. 제1차 년도에는 이들 사과를 비닐 봉지에 넣어 가온 처리했는데, 과실에서 증발한 수분에 의해 과실 표면이 젖어 있는 상태가 지속되었으므로 2~3년차에는 골판지 상자에 포장하여 29°C 정온실에 보존, 7일 간격으로 28일까지 발병과의 수를 조사했다. 조사 결과는 통계분석에 의해 유의차를 검정했는데, 겹무늬썩음병 및 점무늬낙엽병의

과실 감염은 봉지를 씌운 사과에서는 거의 발생하지 않았으므로 통계분석은 무대 사과에 대해서만 수행했다. 시험구가 2개인 1991년과 1993년의 결과는 t 검정을 했고 시험구가 4개인 1992년의 결과는 DMRT로 분석했다.

겹무늬썩음병균 포자의 비산 조사. 겹무늬썩음병의 중점 방제 시기를 결정하고 운용된 살포력의 방제 효율 평가를 위하여 1992년부터 2년에 걸쳐 포자의 비산 상황을 조사했다. 과수원 중심부 두곳에 회전식 포자채집기(삼풍과학)를 지상 1.5 m의 위치에 설치, 포자 부착제로는 양면 테이프를 slide glass에 부착하여 사용하였고, 매일 오전 5~8시, 13~16시, 19~22시까지 3회 9시간 회전시켰다. Slide glass는 2일 또는 3일 간격으로 회수하여 1% aniline blue 가용 lactophenol로 염색, 현미경(250×)에서 18×18 mm의 cover glass내의 부착 포자 전부를 계수했다. 또, 포자의 수가 많은 경우, 현미경의 접안렌즈에 그물눈 micrometer(0.23×0.23 mm)를 설치하여 일정 면적 내의 포자를 계수한 후 cover glass 범위 전체의 포자 수를 계산했다.

결과 및 고찰

1991년도 시험포장에서의 주요 병해 방제 상황.

7월 하순부터 N, B구 모두에서 점무늬낙엽병 유사 병반이 다량 나타났는데, 주로 햇볕이 닿는 부분에 심하게 발생했고 볼도액을 살포한 B구 보다 N구에 더 많이 발생했다. 처음에는 점무늬낙엽병으로 생각하여 다수의 병반으로부터 병원균의 분리를 시도했으나 극히 일부의 병반에서만 *Alternaria*속 균이 분리되었다. 점무늬낙엽병의 병반이 captan에 의한 약해 증상과 유사하다는 보고(12)가 있는 점으로 보아 1991년도에 발생한 이상 반점은 captan에 의한 피해로 추정되었으며, 점무늬낙엽병도 일부 발생했을 것으로 추정되었으나 이상 반점과 구별이 어려워 발병을 조사할 수 없었다. 그리고 9월 중순 N구에서 2주의 나무의 일부 가지에 갈색무늬병이 발생하여 낙엽이 되었으나 발생량이 너무 적어 역시 조사 대상에서 제외했다.

1991년도 시험포장에서 겹무늬썩음병 발생 상황을 Table 5에 나타내었는데, 봉지를 씌운 사과에서는 두 시험구 모두에서 전혀 발병이 없어 유대재배가 겹무늬썩음병에 대한 가장 확실한 방제 대책임이 다시 확인되었다. 무대 사과에서의 발병율은 N구에서는 10.3%, B구에서는 3.8%로 두 시험구간에 현저한 차이가 있었다. 그런데 두 시험구간의 살포력의 차이는

Table 5. Control of apple white rot and fruit infection of alternaria blotch with different fungicidal spray schedules in 1991.

Treatment ^a	Bagging ^b	Sample size ^c	Fruit diseases till harvest time				Latent infection ^e of white rot	
			White rot		Alternaria blotch		% infection ^f	t-value
			% disease	t-value ^d	% disease	t-value ^d		
A	+	670	0.0		0.0		2.2	
	-	1,162	10.3	3.205*	6.0	5.893**	21.1	0.671 ^{ms}
B	+	628	0.0		0.0		6.6	
	-	1,386	3.8		1.1		18.9	

^aFor spray schedule in each treatment, refer to Table 2.

^b+ : bagged apple; - : not-bagged apple.

^cRandomized block with 3 replications, 3 trees in each block.

^dT-test on not-bagged apples.

^eWhite rot, determined by incubation of the harvested fruits at 29°C for 28 days.

^fMean % latent infection based on 90 fruits (10 from each 9 trees).

N구의 7월 14일 benomyl과 7월 25일의 captan이 B구에서는 각각 볼도액으로 대체된 것뿐이다. 이 결과로 볼도액을 2~3회 추가한다면 한.미 공용 살균제만으로도 경제적으로 타당성이 있는 살포 체계의 수립이 가능한 것으로 판단되었다.

잠복 감염율에 있어서는 두 시험구간에 유의차가 발견되지 않았다(Table 5). 사과 겹무늬썩음병의 잠복기간에 대해서는 여러 가지 엇갈린 시험결과가 보고되어 있다. Parker and Sutton(15)은 Golden Delicious 사과에 6월 중순에서 8월 중순 사이에 인공 접종했을 경우, 잠복기간이 1~1.5개월인 것으로 보고했고, 平良木 등은(5) 후지사과에서 7월 상순에서 9월 중순 사이에 감염되어도 성숙기에 저온이 계속 되면 수확기까지 발병하지 않는 것으로 보고했다. 이 시험에서 나타난 잠복감염은 어느 시기에 감염된 것인지 정확히 추정하기 어려우나 잠복감염율이 시험구간에 차이가 없다는 점으로 볼 때 살균제의 종류가 동일하게 된 8월 6일 이후에 감염된 것으로 추정되었다. 그리고 봉지를 씌운 사과에서도 잠복감염이 N구에서 2.2%, B구에서 6.6%가 검출되었는데(Table 5), 그 감염 시기를 추정하기는 어려웠다.

*Alternaria mali*에 의한 과실 병반은 10월 상순 이후에 나타나기 시작했는데, 유대 사과에서는 전혀 발병이 없었다(Table 5). 그러나 무대 사과에 있어서 볼도액을 살포하지 않았던 N구에서는 6.0%, 볼도액을 살포한 B구에서는 1.1%의 발병율을 나타내어 두 시험구간에 유의차가 검출되었다. 점무늬낙엽병의 과실 감염은 주로 7~8월에 이루어지나 초가을에 감염되는 경우도 있으며(18), 과실에서의 잠복기간은 20°C에서 2일 정도로 매우 짧다(17). 1991년도 시험포장

에서는 10월 상순 이후에 발병이 확인되었으므로 이들 사과는 빨라도 9월 중순 이후에 감염된 것으로 추정되었다. 그런데 발병율에 있어서 두 시험구간에 상당히 큰 차이를 보였는데(Table 5), 1992년도의 시험에서는 약제살포를 9월 7일에 종료했고 또, 두 시험구간에는 8월 6일부터 약제의 종류가 완전히 같았으므로(Table 2), 과실 감염율에 있어서 두 시험구간의 차이를 설명하기 어렵다. 그러나 이 병에 있어서 잎 병반에서 형성된 포자가 2차 전염원이 된다는(17, 18) 점으로 보면 잎에서의 발병율의 차이로 설명이 가능할 것으로 보이나, 전술한 바와 같이 1991년에는 captan에 의한 이상 반점이 다량으로 형성되어 잎에서의 발병율을 조사할 수 없었으므로, 과실 감염에서의 차이를 설명하기 어려웠다.

이상과 같이 제1차 년도의 시험에서는 한.미 양국 공용 약제만으로는 무대 사과에서의 병해 관리에 문제가 있는 것으로 밝혀졌으나, 여기에 볼도액을 2~3회 타약제와 대체한다면 경제적으로 타당성이 있는 살균제 살포 체계의 수립이 가능할 수 있을 것으로 판단되었다. 한편 한.미 공용 약제만을 이용할 경우에도 각 약제의 살포시기, 겹무늬썩음병의 중점방제 시기에 살포간격의 조정 등의 검토를 해 볼 필요가 있을 것으로 생각되었다.

1992년도 시험포장에서의 주요 병해 방제 상황. 1992년도에 낙화 후 붉은별무늬병이 발생했으나 EBI제의 살포로 거의 완전히 방제되었고 우려하던 검은별무늬병은 발생하지 않았다. 그러나 점무늬낙엽병과 갈색무늬병이 시험구에 따라 상당 정도가 발생했다(Table 6). 점무늬낙엽병은 낙화기 직후에 월동 전염원에 의해 제1차 감염이 일어나는데(17, 18)

1992년도에는 7월 하순까지는 소수의 병반이 보였으나 8월 중순 경부터 한·미공용약제 만을 10일 간격으로 살포한 R구에서 갑자기 많은 병반이 관찰되었다. 그러나 나머지 세 시험구에는 발병이 매우 적었고, 또 시험구간에 유의차도 검출되지 않았다. 이들 세 시험구에서는 살균제의 종류 및 살포간격에 있어서 유사성이 거의 없으므로 방제효과를 비교하기는 곤란하나 R구에 비하여 현저히 높은 방제효과는 볼도액 또는 imminoctadine-triacetate에 의한 것으로 추정되었다. 또, 갈색무늬병도 초기에는 병엽이 거의 보이지 않았으나 9월 상순부터 병 발생량이 증가하기 시작했는데 그 정도는 전년도에 비해

현저히 높아졌다. 각 시험구간의 방제효과의 차이는 점무늬낙엽병과 거의 같은 경향을 나타내어 볼도액을 살포한 구에서 발병이 현저히 낮았고, 특히 볼도액과 imminoctadine-triacetate가 살포된 B2구에는 거의 발병하지 않았다(Table 6). 따라서 점무늬낙엽병과 마찬가지로 이 병에 있어서도 볼도액과 imminoctadine-triacetate가 높은 방제효과를 나타낸 것으로 추정되었다.

1992년에는 사과 점무늬썩음병의 발생이 매우 적었는데 전년도와 유사한 살포 체계가 적용된 R구에서의 발병율을 비교해 보면, 전년도의 N구에서는 10.3%의 발병을 보였는데(Table 5) 반해 1992년 R구에서는 5.7% 정도에 그쳐(Table 7) 전반적으로 병의 발생이 적었다. 이는 1992년도 시험포장이 위치한 경북 영천 지방에 나타난 특이한 포자비산 양상과 관련이 있는 것으로 추정된다. 점무늬썩음병 병포자의 분산은 연차간 또는 지역간에 상당한 변동이 있는 것으로 알려져 있다(4, 13, 14, 19, 24, 25). 병포자는 대개 4월 중순부터 비산하여 10월 하순경에 종료되나 특히 비산량이 많은 시기는 6월 상순부터 8월 중순경까지로 되어 있다(4, 13, 14.). 1992년 시험포장에서의 점무늬썩음병 병포자의 비산 양상을 Fig. 1에 나타내었는데, 6월 중에는 산발적 강우가 있었으나 포자의 비산은 없었다. 또, 7월 10일에서 5일간에 걸쳐 70.3 mm의 강우가 있었는데도 병포자의 비산은 전혀 없었다. 그러나 7월 15~20일 사이에 92.4 mm의 강

Table 6. Control of alternaria blotch and marssonina blotch with different fungicidal spray schedules in 1992.

Treatment ^a	Alternaria blotch		Marssonina blotch	
	% diseased leaf ^b	DMRT (5%)	% diseased leaf ^b	DMRT (5%)
B1	3.0	a	0.3	a
B2	1.1	a	0.01	a
R	10.6	b	11.4	b
R1	1.2	a	0.23	a

C.V (%) -----32.83-----24.70.

^aFor spray schedule in each treatment, refer to Table 4.

^bRandomized block with 3 replications, each block; 3 trees. Mean % diseased leaf rates based on 1,800 leaves (20 from each 9 trees).

Table 7. Control of apple white rot and fruit infection of alternaria blotch with different fungicidal spray schedules in 1992

Treatment ^a	Bagging ^b	Sample size ^c	Fruit diseases till harvest time				Latent infection ^f of white rot	
			White rot		Alternaria blotch		% infection ^f	t-value
			% disease	t-value ^d	% disease	t-value ^d		
B1	+	1,182	0.0		0.0		0.0	
	-	1,446	1.5	a	4.6	b	5.0	a
B2	+	1,260	0.0		0.0		0.0	
	-	2,008	2.4	a	1.2	ab	8.9	a
R	+	1,761	0.018		0.0		1.1	
	-	2,516	5.7	b	12.8	c	7.8	a
R1	+	1,360	0.024		0.0		0.0	
	-	1,794	2.0	a	0.6	a	5.0	a

C.V (%) -----17.33-----39.23-----49.46.

^aFor spray schedule in each treatment, refer to Table 4.

^b+ : bagged apple; - : not-bagged apple.

^cRandomized block with 3 replications, 3 trees in each block.

^dDMRT on not-bagged apples.

^eWhite rot, determined by incubation of the harvested fruits at 29°C for 28 days.

^fMean % latent infection based on 180 fruits (20 from each 9 trees).

우가 있었는데, 이때 $18 \times 18 \text{ mm}^2$ cover glass 넓이에 포착된 포자는 45개로 이 시기부터 비로소 포자의 비산이 시작되었다. 7월 하순에는 강우가 전혀 없었는데도 불구하고 포자의 비산이 확인되었는데 이는 스프링클러의 가동에 의한 비산으로 판단되었다(25). 본격적인 포자의 비산은 8월 초순부터 시작되었고, 9월중에 2차례의 대량 비산이 있었는데 10~15일 사이에, 또 20~28일 사이에 5,000개 이상 많은 량의 포자가 비산 되었으며, 10월 초순까지 상당한 량의 포자가 비산되었다(Fig. 1). 이와 같은 포자비산 양상은 매우 특이한 것으로 우선 포자비산 시작이 7월 중순으로 매우 늦었고 최고 비산 시기가 9월 중·하순이었다는 점이 지금 까지 여러 지역에서 보고된 양상(4, 13, 14, 19)과 매우 다르다. 또 곱무늬썩음병에 대한 과실 감수성도 품종간, 연차간에 다소 변동이 있으나 후지품종의 경우, 7월 하순을 정점으로 그후 점차 감소되어 8월 하순 이후에는 크게 저하되는 것으로 알려져 있다(4, 13). 따라서 1992년에 곱무늬썩음병의 발생이 적었던 것은 포자의 비산이 과실의 감수성이 낮아져 있는 8월 하순 이후에 집중되어 있고, 일반적으로 감염 가능 기간으로 알려져 있는 6월 중순에서 8월 중·하순에 이르기까지 강우가 매우 적었을 뿐만 아니라 포자의 비산이 없거나 아주 적었기 때문인 것으로 추정되었다.

1992년에는 전체적으로 발병율이 매우 낮아 시험구간의 차이를 비교하기에는 다소 어려운 점이 있기는 하나 살균제의 살포력을 달리한 각 시험구에 있어서의 발병율에는 통계적 유의차가 부분적으로 검출되었다. 볼도액을 10일 간격으로 4회 살포한 B1구와 13일 간격으로 3회 살포한 B2구 그리고 6월 하순에서 7월 하순까지의 기간 중에 약제의 살포간격을 좁힌 R1구의 3개구 간에는 유의차가 없었다(Table 7). 그러나 이들 3개 구와 볼도액을 살포하지 않고 10일 간격으로 한·미공용약제만을 살포한 R구 간에는 유의차가 발견되었다(Table 7). 비록 전체적인 발병율이 낮기는 하지만 일부 시험구간에 나타난 발병율의 차이를 살균제 살포력의 차이와 관련하여 고찰할 필요가 있는 것으로 생각되었다. 곱무늬썩음병은 감염 가능 기간이 매우 길고 잠복기간 또한 1개월 이상이 되므로(5, 15) 그 기간중 여러 가지 농약이 살포되기 때문에 개별 약제의 전체적 방제효과에 대한 기여도를 검정하기는 쉽지 않다.

이 연구에서는 이 시험과 별도로 미국 수출용 사과 재배에 사용 가능한 새로운 약제를 발굴하고 미국에 이미 잔류허용 기준이 있는 약제에 대해서도 적정 사용시기를 찾아내기 위해 현재 우리 나라에서 사과

곱무늬썩음병에 단제로 등록되어 있는 8종 그리고 이 병의 방제에 탁월한 효과가 있는 것으로 알려진 석회볼도액(21), 또 이 병에는 등록되어 있지 않지만 사과 재배 기간에 흔히 쓰이고 있는 chlorothalonil 및 thiram에 대한 약효를 재검정했다. 검정 방법으로는 6월 하순부터 10일 간격으로 약제를 살포하고 매회 약제 살포일을 기점으로 하여 3일 간격으로 과실을 채취, 과실 표면상에서 포자 발아 억제효과를 검정하는 한편, 단일 약제를 연속 8회 살포한 후 발병율을 조사하였다. 그 결과 곱무늬썩음병의 방제를 위해 재배기간 중 안정적으로 사용 가능한 약제는 folpet, mancozeb, imminoctadine-triacetate, oxine-copper 및 석회볼도액의 5종이고 captan도 한꺼번에 100 mm 이상의 집중 강우가 없을 경우에는 일반적 살균제 살포간격인 10일간 포자 발아 억제효과가 유지된다고 보고했다(6). 정 등(6)이 수행한 이와 같은 실험 결과는 각 시험구간의 방제효과의 차이를 살균제 살포력간의 차이로 논의하는 데에 도움이 될 것으로 생각된다.

1992년의 포자비산은 7월 15일 경부터 시작되었으므로 살균제 살포력 중에 곱무늬썩음병과 관련된 것은 7월 8일의 살포부터이며 그 이전의 살포는 곱무늬썩음병 방제와는 관련이 없는 것으로 판단된다. 또, 8월 31일 이후의 살포도 전 시험구가 동일하므로 논의에서 제외할 수 있다. 그런데 1992년 7월 중에는 포자의 비산량이 매우 적었을 뿐만 아니라 감염을 위한 필수 요건인 강우가 거의 없었으므로 감염이 가장 많이 일어난 시기는 8월 상·중순경으로 추정된다. 따라서 곱무늬썩음병의 방제에 가장 큰 영향을 미친 약제는 포자의 비산이 본격화되기 직전인 7월 하순과 8월 상·중순에 살포된 약제일 것으로 추정된다.

이상과 같은 관점에서 본다면 B1, B2구에서 7월 28일 이전에 살포한 볼도액은 곱무늬썩음병의 방제에는 큰 기여를 하지 못한 것으로 생각된다. 그러나 7월 28일 양 시험구에 살포된 볼도액과 그후 B1, B2구에 살포된 captan, imminoctadine-triacetate 및 folpet은 어느 것이나 곱무늬썩음병 방제에 매우 높은 효과가 있는 약제들이므로(6) 두 시험구간에 유의차가 발생하지 않았던 것으로 추정되었다. 볼도액을 사용하지 않은 시험구 중에서 볼도액 살포구와 비슷한 정도의 방제효과를 나타낸 시험구는 R1구인데, 이 시험구에서는 6월 중순부터 7월 하순까지 약제의 살포간격을 6~9일로 좁혔으나 여기에서도 마찬가지로 살포 회수를 증가시킨 효과는 크지 않았을 것으로 판단되었다. 이 시험구와 방제효과 면에서

유의차가 없는 B1구의 살포력을 비교하면 7월 하순에 살포된 iminocetadine-triacetate 이외에는 전혀 차이가 없다. 따라서 iminocetadine-triacetate는 볼도액과 대등한 방제효과가 있었던 것으로 추정할 수 있었다. 그런데 방제효과가 상대적으로 낮았던 R구에서는 B1, B2 및 R1구와 거의 같은 시점에 곱무늬썩음병에 대해 안정적인 효과가 있는 folpet이(6) 살포되었고, 그 뒤 8월 7일에 benomyl이 살포된 것 이외에는 다른 시험구와 크게 달라진 것이 없다. 따라서 이 시험구에서는 8월 7일에 살포된 benomyl에 문제가 있는 것으로 귀착된다. 이 시기는 포자의 비산이 급격히 증가하는 시기였으며 감염을 위한 최적 조건이라고 할 수 있는 2일 이상의 연속 강우가 초순에 1회 중순에 3회나 있었다. 곱무늬썩음병에 있어서 포자비산 최성기에 강우 후에는 엄청난 수의 포자가 과실 표면에 부착하므로(7) 그 시기에 단 한차례 부적절한 약제의 선정이나 농약 살포의 지연은 대량 감염으로 연결될 수 있을 것으로 생각된다. Benomyl은 현재 우리 나라의 사과 재배에 있어서 곱무늬썩음병의 방제를 위해 널리 쓰이고 있으며 미국에서도 곱무늬썩음병에 대해 가장 효과가 높은 약제로 알려져 있는데 (2), 정 등(6)은 이 약제의 곱무늬썩음병 방제효과에 대해 우려를 표명한 바 있으므로 이 점에 대해 재검토가 요청된다.

한편 1992년도에 있어서도 전년도와 마찬가지로 잠복감염율이 수확기까지의 발병율 보다 더 높은 것으로 나타났으나 시험구간에는 유의차가 인정되지 않았다(Table 7). 따라서 이 시험에서 나타난 잠복감염은 어느 시기에 감염된 것인지 정확히 추정하기 어려우나 전년도에서의 추론과 마찬가지로 잠복감염율이 시험구간에 차이가 없고 또 그 비율도 그리 높지 않다는 점으로 본다면 살균제의 종류 및 살포 간격이 동일하게 된 8월 하순 이후 과실의 감수성이 저하된 시기에 감염된 것으로 추정된다. 따라서 1992년도 시험에서 잠복감염율과 살균제 살포력과의 관계의 구명은 별로 의미가 없을 것으로 판단되었다.

1992년도의 시험에서는 *Aternaria mali*에 의한 과실 병반은 전년도 보다 약간 빠른 10월 상순경부터 나타나기 시작했는데, 이 병에 있어서의 잠복기간이 짧다는 점을 고려한다면 전년도에서의 추론과 마찬가지로 이들 과실은 9월 중순 이후에 감염된 것으로 추정되었다. 그런데 9월 중순 이후에는 전 시험구에 benomyl이 살포되었으므로(Table 3) 추정된 감염 시기에는 시험구간에 약제의 차이가 없었으나, 과실 감염율에 있어서는 각 시험구간에 상당한 차이가 있었다(Table 7). 그러나 과실 발병율과 일에서의

발병율(Table 6)을 비교해 본 결과, 세부에서는 약간의 차이가 있었지만 양자가 대체로 일치하고 있으며 일에서 발병이 많았던 구에서 과실 발병이 많은 경향은 분명하였다. 이와 같은 점과 이 병에 있어서 일 병반에서 형성된 포자가 새로운 전염원이 된다는 (17, 18) 사실로 볼 때, 과실 발병율에 있어서 시험구간의 차이는 전염원 밀도의 차이에서 유래된 것으로 해석할 수밖에 없다.

1992년도의 시험에서는 한·미공용살균제에다 볼도액을 3~4회 추가한다면 병해 방제면에 있어서는 타당성이 있는 방제력의 작성이 가능한 것으로 확인되었다. 그런데 볼도액은 조제가 번거롭고, 살충제 및 살비제와의 혼용이 제한되며, 무엇보다도 봉지를 씌우지 않은 후지사과의 경우에는 과실의 외관이 나빠지는 결정적 결함이 있다는 사실이 밝혀져 농가에서 수용 여부가 의문시되었다. 그런데 1992년도의 시험에서는 이와 같은 결함이 있는 볼도액을 사용하지 않고도 미국 수출용 사과 재배를 위한 방제력의 작성이 가능할 수 있다는 몇 가지 중요한 단서가 얻어졌다. 우선 R1구에 도입한 iminocetadine-triacetate가 곱무늬썩음병에 대해 볼도액과 거의 유사한 효과가 있으며 곱무늬썩음병과 갈색무늬병도 동시에 방제가 가능하다는 사실이 증명되었다. 또, 이 약제를 살포한 B2구 및 R1구에서 수확한 사과의 농약 잔류량을 조사한 결과, 봉지를 씌운 후에 살포하면 잔류 문제를 피할 수 있을 가능성이 시사되었다(9). 따라서 이 약제를 볼도액 대신 곱무늬썩음병 감염 위험기에 2~3회 도입하면 주요 병해를 효과적으로 방제할 수 있는 살균제 살포력의 수립이 가능할 것으로 판단되어 3년차 시험으로 이행했다.

1993년도 시험포장에서의 주요 병해방제 상황.

1993년도 여름은 이상 저온과 긴 장마로 곱무늬썩음병을 위시한 곱무늬낙엽병 및 갈색무늬병이 대발생했는데, 특히 지금까지 큰 문제가 되지 않았던 갈색무늬병이 8월 초순부터 발생하기 시작하여 9월 상순부터 일부의 나무에서는 심한 낙엽까지 동반되었다. 두 시험구에서의 곱무늬낙엽병과 갈색무늬병의 방제 결과는 확실한 차이를 나타내었는데(Table 8), 시험구간에 살균제의 종류에서 차이가 있었던 것은 7월 4일, 8월 11일, 8월 30일 그리고 마지막 살포인 9월 20일 뿐이다. 그중 곱무늬낙엽병의 방제 결과에 영향을 미친 것으로 추정되는 살포는 7월 4일과 8월 11일 뿐이며, 갈색무늬병에 있어서는 7월 4일, 8월 11일 및 8월 30일의 3회 살포이므로 이들 병해의 방제효과에 있어서의 시험구간의 차이는 그 시기에 양 시험구에 살포된 약제의 이들 병해에 대한 효능의

차이에서 유래된 것으로 볼 수밖에 없다. 이 연구에서는 점무늬낙엽병과 갈색무늬병에 대한 개별 약제의 효능을 별도로 검정한 바 없으므로 개별 약제에 대한 고찰은 곤란하다. 그러나 imminoctadine-triacetate가 그 시기에 살포된 다른 약제 보다 이들 두 가지 병에 대해 방제효과가 우수하다는 것은 분명한 것으로 생각되었다.

1993년도의 사과점무늬색염병균의 병포자 비산은 전년도에 비해 약 1개월이나 빠른 6월 중순부터 시작되었으며, 7월 하순에서 9월 초순에 걸쳐 특히 많이 비산되었다(Fig. 2). 기상조건 또한 강우가 잦아 점무늬색염병의 발생에 매우 적합한 조건이(13) 기간 중에 지속적으로 나타났다. 그 결과 Table 9에서 보는 바와 같이 전년도에 R구와 거의 비슷한 살균제 살포력이 운영된 A구에서 수확기까지 발병율이 평균 13.4%로 조사되었다. 1993년도 시험에서 A구와 B구간의 살균제 살포력에서의 차이는 이미 기술한 바와 같이 7월 4일, 8월 11일, 8월 30일 살포에서 A구의

captan, benomyl, thiram이 B구에서는 imminoctadine-triacetate로 대체되었으며, 마지막 살포인 9월 20일에 A구에는 benomyl을, 그리고 B구에는 EBI제인 bitertanol이 살포된 것뿐이다. 그럼에도 불구하고 발병율에 있어서는 A구의 13.4%에 비해 B구에서는 불과 3.5%로 현저한 차이를 나타내었다(Table 9).

사과 점무늬색염병의 발병은 일반적으로 8월 초·중순경부터 시작되는데, 발병 시기는 연차간에 변동이 크다(1,8) 1993년도의 시험포장에서의 발병 상황은 매우 특이하여 8월 중에는 발병이 거의 없었고, 9월 18일을 전후하여 4~5일간에 갑자기 발병했으며, 당해년도 총발병량의 50% 이상이 그 시기에 집중되

Table 8. Control of alternaria blotch and marssonina blotch with different fungicidal spray schedules in 1993

Treatment ^a	Alternaria blotch		Marssonina blotch	
	% diseased leaf ^b	t-value	% diseased leaf ^b	t-value
A	11.6	3.333*	37.1	8.170**
B	0.9		1.7	

^aFor spray schedule in each treatment, refer to Table 7.
^bRandomized block with 3 replications, each block: 3 trees. Mean % diseased leaf rates based on 1,800 leaves (20 from each 8 trees).

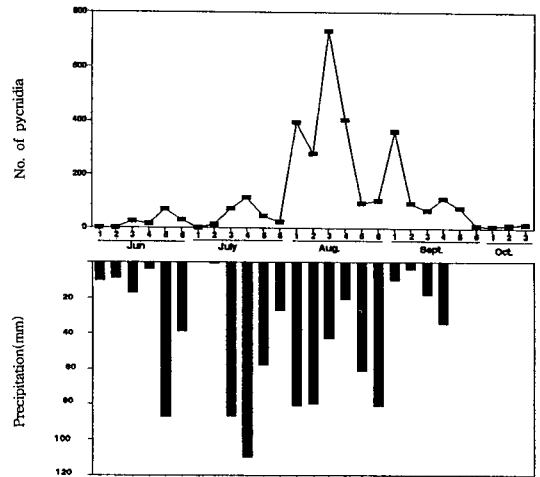


Fig. 2. Patterns of airborne pycnidia dispersal in *Botryosphaeria dothidea* and the precipitations in the experimental orchard in 1993.

Table 9. Control of apple white rot and fruit infection of alternaria blotch with different fungicidal spray schedules in 1993

Treatment ^a	Bagging ^b	Sample size ^c	Fruit diseases till harvest time				Latent infection ^e of white rot	
			White rot		Alternaria blotch		% infection ^f	t-value
			% disease	t-value ^d	% disease	t-value ^d		
A	+	2,073	0.05		0.0		0.7	
	-	2,901	13.4	5.413**	13.7	5.210**	23.7	3.593*
B	+	1,747	0.0		0.0		0.0	
	-	2,776	3.5		1.0		4.4	

^aFor spray schedule in each treatment, refer to Table 7.
^b+ : bagged apple; - : not-bagged apple.
^cRandomized block with 3 replications, 3 trees in each block.
^dT-test on not-bagged apples.
^eWhite rot, determined by incubation of the harvested fruits at 29°C for 28 days.
^fMean % latent infection based on 270 fruits (30 from each 9 trees).

었다. 또, 그와 같은 집중 발병은 A구에서만 볼 수 있었으며 B구에서는 그 시기에 소수의 산발적 발병이 있었을 뿐이었다. 이와 같이 어느 특정 시기에 발병이 집중되는 현상에 대해서는 두 가지 해석이 가능하다. 첫째로 이들 발병과에서의 감염은 거의 같은 시기에 이루어진 것으로 생각할 수 있고 둘째로 平良木 등이(5) 주장한 바와 같이 1993년 여름 동안에 장기간에 걸쳐 계속된 이상 저온으로 감염된 과실이 발병에 이르지 못했다가 9월에 들어와서 예년 기상으로 회복되므로 그때까지 누적된 감염과가 일시에 발병한 것으로 볼 수도 있다.

그런데 A구와 B구 간의 검무늬썩음병 발병율에 있어서의 현저한 차이는(Table 9) 두 시험구간의 약제의 종류의 차이에서 유래된 것으로 판단되었는데, 두 시험구에 있어서 서로 다른 약제가 살포된 것은 7월 4일, 8월 11일 및 8월 30일 살포의 세 차례뿐이므로 집중 감염의 대략적 시기를 추정할 수 있었다. 그런데 8월 30일 살포의 경우는 이 병에 있어서의 잠복기간으로 볼 때 우선 가능성이 희박하다. 따라서 집중 감염의 시기는 7월 4일 살포 이후 또는 8월 11일 살포 이후로 압축될 수 있다. 우선 7월 중순으로 상정할 경우 7월 4일에 A구에는 captan을 살포했고 B구에는 iminocetadine-triacetate를 살포했는데 다음 약제살포는 12일 후인 7월 16일에 수행되어 통상의 살포간격인 10일 보다 2일 늦어졌고 7월 11일부터 15일까지 연속 5일간 강우가 있었으며 상당량의 포자비산도 확인되었다. 또, 정 등(6)이 보고한 바와 같이 captan은 집중 강우가 있을 경우 과실 표면에서의 포자 발아 억제효과의 지속기간이 현저히 짧아진다는 점으로 본다면 이 기간에 상당 정도의 감염이 있었을 것으로 추정된다. 한편 8월 하순으로 상정할 경우 A구에는 benomyl을 살포했고 B구에는 역시 iminocetadine-triacetate를 살포했으며, 이 시기는 당해년에 있어서 포자비산이 가장 많은 시기였고 8월 20일에 다음 약제를 살포할 때까지 9일 중 7일간 비가 내렸으므로 그 기간 중에도 대량 감염이 일어날 가능성이 있는 것으로 생각되었다. 이처럼 두 시기 모두 감염의 위험이 높은 것으로 추정되므로 9월 중순의 시험구간의 발병율의 차이는 이들 두 시기에 살포된 약제의 약효의 차이가 반영된 것으로 보인다.

잠복감염율에 있어서도 두 시험구간에 23.8%와 4.3%로 현저한 차이가 나타났으며, A구에서는 수확기까지의 발병율의 거의 배가 되었다(Table 9). 잠복 감염된 사과에서의 감염 시기를 추정하는 것은 이미 기술한 바와 같이 대단히 어려우나 1, 2년차의 시

험에서 잠복 감염은 살균제의 살포력이 다른 시험구간에 유의차가 없었으므로 살포력이 같아진 이후에 감염된 것으로 추정했다. 그런데 1993년의 경우는 앞 2년의 상황과는 매우 달라 두 시험구간에 현저한 차이를 나타내었고, 살포력이 같아진 시점이 9월 10일로 그때는 이미 과실의 감수성이 낮아진 시기이므로 그 이후에 대량 감염이 일어난 것으로 생각하기는 어렵다. 따라서 1993년도 잠복 감염에 있어서 두 시험구간의 차이는 8월 30일에 A구에 살포된 thiram과 B구에 살포된 iminocetadine-triacetate의 검무늬썩음병에 대한 방제효과의 차이에서 유래된 것으로 추정되었다. 특히 1993년 8월 말경에서 9월 초순에 걸쳐 다량의 병포자가 비산 되었고 이 시기에는 잦은 강우가 있었으므로(Fig. 2) 내우성이 낮은 thiram에(5) 문제가 있었던 것으로 생각되었다. 또, 이 이외에 마지막으로 살포한 benomyl과 bitertanol의 치료효과의 차이에서 유래되었을 가능성도 배제할 수 없는 것으로 생각되었다.

검무늬낙엽병균에 의한 과실 감염율에 있어서도 두 시험구간에 현저한 차이가 있었는데(Table 9), 전년도에서와 마찬가지로 잎에서의 발병율(Table 8)과 평행 관계를 이루고 있었으므로 과실 감염이 일어나기 전의 방제가 중요한 것으로 생각되었다.

이상과 같이 3년에 걸친 시험결과, 병해 방제 측면에서는 대체로 만족할 만한 살균제의 살포 체계가 마련되었다. 이 결과를 근간으로 농가 실증 시험에 제공할 방제력을 작성했는데(Table 10), 여기에서는 지난 3년간 검무늬썩음병에 대한 방제효과에 있어서 줄곧 의문이 제기되어 온 benomyl이 제외되었고, 필자가 직접 수행한 농약 품목 고시시험 중에 발굴된 thiram이 갈색무늬병 방제를 위해 추가되었는데, 이 약제는 thiophanate-methyl과 thiram의 합제로 두 약제 모두 미국에 잔류허용 기준이 있으므로(3) 사용상 문제가 없을 것으로 판단했다. 그 이외에 검무늬썩음병의 방제에 있어서 과실의 비대생장에 의한 보호살균제의 한계를 극복하기 위해 치료효과가 입증된 bitertanol을 생육 중기에 살포되도록 배치했다. bitertanol도 미국에는 잔류허용 기준이 없으나 WHO/LAO에 잔류허용 기준이 설정되어 있으므로 큰 문제는 없을 것으로 생각했고, 또 생육 중기에 살포한 후 다시 잔류분석을 하여 최종 결정을 하기로 했다.

그런데 이 살포력에서 아직 몇 가지 문제가 남아 있는데, 검무늬썩음병 감염 가능 시기에 bitertanol을 살포할 경우, 그 전에 감염된 과실에서의 eradication에는 문제가 없을 것으로 생각되나, 이 약제의

Table 10. Fungicidal spray schedule for farm demonstration in 1994

Time of spray		Fungicides		Target
Month	Decade	Primary	Alternative	
Mar.	3rd	Thiophanate-methyl		Valsa canker ^b
Apr.	2nd	I.T.A ^a		Scab ^c
May	2nd	Myclobutanil+ Mancozeb		Rust ^d , Scab, Moldy core ^e etc.
May	3rd	Fenarimol	Mancozeb	Rust, Scab
Jun.	1st	Mancozeb	Thiram	Alternaria blotch ^f
Jun.	2nd	Thioram	Mancozeb	Alternaria blotch, white rot ^g
Jun.	3rd	I.T.A	Mancozeb	White rot
Jul.	1st	Mancozeb	Captan	White rot
Jul.	2nd	I.T.A		White rot, Alternaria blotch
Jul.	3rd	Bitertanol		White rot
Aug.	1st	I.T.A.	Captan	White rot, Alternaria blotch
Aug.	2nd	Captan	Mancozeb	White rot
Aug.	3rd	Captan	Bitertanol	White rot
Sep.	1st	Thioram		Marssonina blotch
Sep.	2nd	Thioram		Marssonina blotch

^aImminoctadine-triacetate, ^b*Valsa ceratosperma*, ^c*Venturia inaequalis*, ^d*Gymnosporangium yamadae*, ^e*Alternaria* spp. etc., ^f*Alternaria mali*, ^g*Botryosphaeria dothidea*.

예방효과에 대한 실험 결과가 전혀 없으므로 다음 약제살포까지의 감염 가능성에 대해 불안 요소가 남아 있다. 특히 EBI제는 살포후 수시간 내에 식물 조직 속으로 흡수되므로(19) 그러한 우려가 더욱 크다. 또 하나의 불안 요인으로는 8월 하순에서 9월 초순에는 겹무늬썩음병의 감염 위험이 상존하고 있는데(5, 11) 그 시기에 갈색무늬병을 방제하기 위해 도입된 thioram이 겹무늬썩음병에 대해 어느 정도의 방제효과가 있는지에 대한 의문이다. 이 두 가지 문제에 대해서는 이미 시험 계획이 수립되어 있고 bitertanol과 관련된 시험은 1994년에 이미 시작했으나 기상조건에 의해 발병이 거의 없었으므로 결과를 얻지 못했다.

Table 10에 제시한 살균제 살포력을 경북 영천군, 청송군, 안동군, 의성군의 4개 지역에서 1개씩의 과수원을 선정하여 실증 시험을 수행했다. 이른봄 농가에 표준 살포력을 배부하고 지역의 특성에 맞춰 약간씩의 변형은 가능하도록 했으나 살포력에 없는 약제는 사용하지 않도록 했다. 따라서 이들 실증 시험포장에서 1994년도의 살포력은 약간씩의 차이가 있었고, 또 여름 동안 거의 비가 오지 않았으므로 imminoctadine-triacetate는 2회, bitertanol은 1회로 조정되었는데, 이들 실증 시험포장에서는 겹무늬썩음병, 점무늬낙엽병 및 갈색무늬병은 거의 발생하지 않았다. 따라서 당년의 결과만으로 적합 여부를 확정하기는 아직 이른 것으로 생각된다. 또, 현재 마

련되어 있는 살포력은 농약의 선택폭이 너무 좁아 돌발적인 사태에 대처하는 데에는 다소 어려움이 예상되며, 매년 새로운 농약이 등록되고 있으므로 앞으로 지속적인 보완이 필요할 것으로 생각된다.

요 약

이 연구는 미국 수출용 사과 재배에 적용할 살균제 살포력을 개발하기 위해 1991년부터 3년간에 걸쳐 수행되었다. 1991년에는 한국에서 사과 병해 방제에 등록되어 있는 약제 중 미국에 잔류허용 기준이 설정되어 있는 7종의 농약만 사용하는 살포력과 그기에 석회불도액을 2회 대체한 2종의 살포력을 적용한 결과, 전자의 살포력으로는 겹무늬썩음병 및 점무늬낙엽병을 충분히 방제할 수 없었으나, 후자로는 이들 병에 대한 방제효과가 훨씬 높아졌다. 1992년도에는 살균제의 종류 및 살포간격을 달리하는 4종의 살포력을 운용한 결과, 한.미 공용 살균제 이외에 불도액 또는 미국에 잔류허용 기준이 설정되어 있지 않은 이미녹타던트리아세테이트 액상수화제를 각각 3회 겹무늬썩음병 및 점무늬낙엽병 감염 위험기에 살포하면 효과적인 살포력의 작성이 가능할 것으로 시사되었다. 그러나 불도액의 경우, 방제효과는 우수하지만 조제 및 살포가 번거롭고, 살충제 및 살비제와 혼용이 제한되며, 무엇보다도 주품종인 후지사과에 외관이 나빠지는 결점이 있어 농가에 권장하는 데

에는 문제가 있는 것으로 판단되었다. 1993년도 시험에서는 생육기에 이미녹타던트리아세테이트를 봉지씌우기 이후에 3회 도입하므로 겹무늬썩음병을 위시한 주요 사과 병을 효과적으로 방제할 수 있을 뿐만 아니라 농약의 잔류 문제가 생기지 않는다는 사실이 밝혀졌다. 이상과 같은 3년간의 연구 결과에 근거하여 한.미 공용 살균제 7종에다 1~3회 이미녹타던트리아세테이트, 1~2회 비타놀 수화제를 살포하는 기본 살포력을 작성하여 1994년 경북 도내 4 곳에서 시험한 결과 주목할 만한 결과는 발견되지 않았다. 그러나 이 살포력은 앞으로 지속적으로 평가되어야 하며 또 수정 보완이 필요한 것으로 생각된다.

감사의 말씀

이 연구는 경상북도 용역 연구비에 의하여 수행되었음.

참고문헌

1. 조원대, 김충희, 김승철. 1982. 사과 주요 병해 발생 생태와 방제에 관한 시험. 농기연시연보: 359-364.
2. Brown, E. A. II and Britton, K. O. 1986. *Botryosphaeria* diseases of apple and peach in the southeastern United States. *Plant Dis.* 70: 480-484.
3. Environmental Protection Agency, U.S. 1991. Code for federal regulations Title 40: 552-523.
4. 林重昭. 1984. 링고輪紋病의 發生生態と 防除. 植物防疫. 38(12): 19-22.
5. 平良木 武, 伸谷房治, 關澤 博. 1981. 링고輪紋病에 關する研究 第3報. 感染時期. 日植病報 47: 373.
6. 정미혜, 김대회, 엄재열. 1994. 사과 겹무늬썩음병의 효과적 방제를 위한 약제살포체계의 수립 1. 사과의 생육시기별 보호살균제의 선택 원칙. 한국식물병리학회지 10: 284-291.
7. 정미혜, 김대회, 엄재열. 1993. 사과 과실 표면에 부착한 겹무늬썩음병을 포자수의 계수. 한국식물병리학회지 4(1): 79-80.
8. 김성봉, 임명순, 장한익. 1981. 사과부패병 발생생태와 방제에 관한 시험. 원시연보: 95-98.
9. 김장억. 1993. 사과의 농약잔류량 측정 및 안전성 평가. 경상북도 용역연구 보고서: 79-114.
10. 국립식물검역소. 1991. 외국식물검역 규정집 9-13.
11. 윤재탁, 김호열, 정기채. 1982. 사과부패병 감염 및 방제시기 시험. 경북농촌 진흥원 시험연구보고, 708-715.
12. Filajdie, N. and Sutton, T. B. 1991. Identification and distribution of *Alternaria mali* on apple in North Carolina and susceptibility of different varieties of apples to *Alternaria* blotch. *Plant Dis.* 75: 1045-1048.
13. 尾形 正. 1992. 링고輪紋病의 果實感染에 及ぼす 要因. 今月の 農業. 11: 48-51.
14. 박은우, 이준호, 윤진일. 1993. 사과원 병해충종합관리를 위한 예찰체계의 개발. 한국과학재단 특정기초연구과제 2차 중간보고서.
15. Parker, K. C. and Sutton, T. B. 1993. Susceptibility of apple fruit to *Botryosphaeria dothidea* and isolate variation. *Plant Dis.* 77: 385-389.
16. 농약공업협회. 1993. '93 농약사용 지침서, pp. 203-311. 서울.
17. 澤村健三. 1972. 링고 斑点落葉病에 關する研究. 弘前大學農學部學術報告 18: 152-219.
18. 澤村健三. 1987. 原色 果樹 病害蟲百科(2). 링고. オウトウ. グルミ, pp. 15-21. 社團 法人 農山漁村文化協會.
19. Sutton, T. B. 1981. Production and dispersal of ascospores and conidia of *Phylospora obtusa* and *Botryosphaeria dothidea* in apple orchards. *Phytopathology* 71: 584-589.
20. Szkolnik, M. 1981. Physical mode of action of sterol-inhibiting fungicides against apple disease. *Plant Dis.* 65: 981-985.
21. 高橋俊作. 1973. 링고褐斑病의 生態と 防除. 今月の 農業 58: 99-103.
22. 田中彌平, 百崎將英, 福島千方里. 1987. 效果を 高める 農藥の 使い方, pp. 41-43. 財團法人 青森縣 링고協會.
23. Thomson, W. T. 1991. *Agricultural chemicals Book IV-fungicides*, pp. 73-74. Thomson publications Fresno, California.
24. 엄재열. 1992. 미국의 식물검역 기준에 적합한 사과 병해 방제체계 수립. 경상북도 용역연구 보고서: 8-35.
25. 엄재열. 1993. 미국의 식물검역 기준에 적합한 사과 병해 방제체계 수립. 경상북도 용역연구 보고서: 3-43.