최 종
연구보고서

사과 병해에 대한 IPM 기술 개발

Development of Integrated Pest Management (IPM)
against Apple Diseases

경 북 대 학 교

농 림 부

제 출 문

농림부 장관 귀하

본 보고서를 “ 사과 병해에 대한 IPM 기술개발” 에 관한 과제의 최종보고서로 제출합니다.

2000 년 12 월 일

주관연구기관명 : 경 북 대 학 교

총괄연구책임자 : 엄 재 열

협동연구기관명 : 농촌진흥청 대구사과연구소

협동연구책임자 : 이 동 혁

요 약 문

I. 제 목

사과 병해에 대한 IPM 기술 개발

II. 연구개발의 목적 및 중요성

우리 나라에는 사과의 생육기간 동안 약 1개월의 장마기간이 있으므로 세계의 주요 사과 생산지에 비해 병 문제가 훨씬 심각하며 농약의 사용량도 매우 많으나 사과 재배에서 농약을 줄이기 위한 적극적 연구는 거의 수행된 바 없고, 생산자들은 농약을 많이 사용하더라도 병해충만 잘 방제하면 그만인 것으로 믿어왔다. 이처럼 농약의 과다 사용으로 인해 과수원의 생태계가 파괴되었고 그로 인해 더 많은 농약을 살포해야 하는 악순환이 되풀이되고 있으며 급기야는 생산비 증가, 소비자의 불신으로 이어져 안정적 생산이 위협받고 있다.

1992년 우리 나라 사과원의 평균 살균제 살포회수는 연간 15.7회였는데 1997년에는 13.7회로 많이 줄어졌지만 아직도 연간 20회 가까이 살균제를 살포하는 농가가 적지 않으며 30% 이상의 과수원에서 연간 1회 이상 2종의 살균제를 혼합살포하고 있으므로 살균제의 살포회수를 줄일 수 있는 여지는 대단히 많다. 또 현재 우리 나라의 대부분의 과수원에서는 살균제 살포시 살충제를 기계적으로 혼용하는 경우가 많으므로 살균제를 줄이면 살충제는 저절로 줄어 질 수 있을 것으로 생각된다.

우리 나라의 사과원에서 가장 문제가 되는 병은 겹무늬썩음병과 갈색무늬병인데 이들 두 가지 병의 합리적 방제체계가 수립되면 살균제의 사용은 크게 줄일 수 있다. 그런데 '94현장애로연구에서 일부의 보호살균제가 겹무늬썩음병에 대해 상당 정도의 치료효과를 나타낸다는 사실이 인정되었고 침

투성 살균제인 EBI를 적절한 시기에 살포하면 겹무늬썩음병에 대한 치료효과를 크게 높일 수 있다는 사실이 발견되었다. 이러한 사실을 다수의 살균제에서 확인하고 그 특성을 합리적으로 이용하면 살균제의 살포회수를 크게 줄이고 겹무늬썩음병의 방제효율을 크게 높일 수 있는 가능성이 시사되었기에 그에 대한 연구를 수행했다. .

III. 연구개발 내용 및 범위

방제 대상 병해의 발생생태와 각종 살균제의 그에 대한 작용상의 특성을 면밀히 조사, 이들 두 가지 결과를 종합하여 살균제의 살포회수를 현재의 14-16회에서 10회 이내로 줄이고 겹무늬썩음병 발생률도 현재의 13%에서 2% 이내로 줄일 수 있는 방제체계를 개발하는 것이 최종 목표이다.

이 연구에서의 대부분의 실험은 연간 1회 밖에 수행할 수 없으며 그것마저도 기상 등의 자연조건에 의해 크게 좌우되므로 연구기간의 단축을 위해 방제대상 병해의 발생생태, 농약의 특성 조사, 실증시험 등을 거의 동시에 진행하도록 했다. 생태연구와 농약 특성 조사연구는 3년 동안 계속되었고 2년차에는 1년차의 결과에 의거하여 10회 살포 방제력을 작성, 농가실증 시험을 수행하는 한편 방제체계의 개선을 위한 실험도 병행했다. 그리고 3년차에는 경상북도내의 10개소에 실증시험 농가를 지정하고 10회 방제체계를 운영하여 병 방제 상황을 조사 분석하여 최종 방제력을 작성했다.

병 발생생태 연구를 위해 겹무늬썩음병, 점무늬낙엽병 및 갈색무늬병의 포자 분산 상황을 4월 상순부터 10월 하순까지 조사하였으며, 한편 살균제 무처리구를 설치하고 5월 하순경에 착과된 과실 전부에 봉지를 씌워두고 그로부터 매 10일 간격으로 일정수의 과실을 10일간씩 노출시켜 자연감염을 유도하고 이들 과실에서의 발병율 및 잠복감염율을 조사하여 시기별 감염율

을 감염율과 감염시기별 발병율 및 발병소요일 수를 조사했다. 이와 동시에 점무늬낙엽병의 과실 감염율의 시기별 변화, 그을음병의 시기별 감염율을 조사했다.

사과의 생육시기별 최적 보호살균제를 선발하기 위해 5월 하순 또는 6월 상순경부터 일정수의 나무에 동일한 약제를 15일 간격으로 4-5회 살포하는데, 매회 살포직전과 직후에 일정수의 과실에 봉지를 씌우고 이들 과실에서의 발병율과 잠복감염율을 조사하여 각 약제의 겹무늬썩음병에 대한 시기별 보호효과와 치료효과를 검정하는 한편 갈색무늬병 , 점무늬낙엽병 및 그을음병의 방제효과도 동시에 검정했다. 그리고 치료제의 선발 및 사용시기를 결정하기 위한 실험은 7월 상순경에 다수의 나무에 착과된 과실 전부에 봉지를 씌우고 15일 간격으로 봉지를 벗기고 약제를 살포, 다시 봉지를 씌워두고 수확기까지 발병율과 잠복감염율을 조사하여 EBI의 처리시기에 따른 발병율의 변동을 조사하여 최적 약제 및 최적 사용시기를 결정했다. 이러한 실험을 매년 살균제의 종류를 약간씩 달리하면서 3년간 연속 수행했다.

이상의 생태연구 및 농약관련 연구 결과를 종합하여 방제체계를 작성하고 이의 적절성 여부를 실제 농가포장에서 확인했다.

IV. 연구개발 결과 및 활용에 대한 건의

1. 연구개발 결과

가. 병 발생생태 연구

1) 경북지역내 주요 사과 병의 종류 및 발생시기는 지역간에 거의 차이가 없었으나 붉은별무늬병만 지역간에 뚜렷한 차이가 있어 이 병이 발생하지 않는 지역에서는 낙화직후의 EBI 살포는 필요 없는 것으로 판단되었다.

2) 사과 겹무늬썩음병의 감염은 5월 하순 이전의 생육초기부터 시작되며 살균제 무처리 조건에서는 9월 중순경까지 지속되나 정상적 관리 상태에서는 8월 하순이후에는 거의 감염되지 않는 것으로 밝혀졌다. 따라서 8월 하순 이후의 약제 살포는 특별한 경우를 제외하고 거의 의미가 없는 것으로 판단되었다.

3) 겹무늬썩음병의 감염율은 매우 높으나 그 중 일부만 발병하고 상당부분이 잠복감염 되는데, 감염율 자체는 연차간에 큰 변동이 없었으나 발병율에 있어서 연차간에 큰 차이가 있었다.

4) 겹무늬썩음병의 잠복감염은 사과의 저장 유통기간에 발병하므로 상품의 신용과 관련되는데, 일반 농가에서 생산된 사과에서 그 비율에 큰 폭의 변이가 있어 최저 22.2%에서 최고 96.1%나 되었고, 수확전 발병율이 높을수록 잠복감염율도 높아지는 경향이 있었다.

5) 점무늬낙엽병의 잎에서의 발생은 후지 품종에 있어서 거의 문제가 되지 않았고 과실감염은 생육초기에 많았으나 정기적 살포로 거의 소멸되는 것으로 판단되었다.

6) 갈색무늬병의 포자분산은 4월 상순부터 시작되며 6월 중순까지 소량의 포자가 증감 없이 분산되었고 6월 하순부터 급증하는 것으로 보아 6월 중순까지 월동 전염원에 의한 분산이 지속되고 6월 하순부터 2차전염이 시작되는 것으로 판단되었다 따라서 이 병의 방제는 생육초기부터 시작해야 하는 것으로 판단되었다.

7) 그을음병은 생육초기에 대량 감염되고 강우가 잦은 해에는 생육후기에도 많이 감염되는 것으로 밝혀졌으나 정상적으로 방제할 경우 이를 위해 별도로 약제를 살포할 필요는 없는 것으로 밝혀졌다.

나. 살균제의 작용상의 특성 조사

1) 과실 봉지를 이용한 방법으로 다수 살균제의 사과 생육시기별 겹무늬

썩음병에 대한 보호효과 및 치료효과를 검정한 결과, folpet은 보호효과가 높아 겹무늬썩음병의 감염 초기에 사용가능하고 azoxystrobin 과 iminoctadine-triacetatr 는 치료효과가 높아 생육 중기 이후에 사용 약제로 적절했으며, propineb은 겹무늬썩음병에 대한 방제효과는 비교적 낮았으나 갈색무늬병 방제효과가 높아 생육초기의 약제로 사용 가능한 것으로 판단되었고, dithianon은 겹무늬썩음병 치료효과는 낮았으나 보호효과는 비교적 높았고 갈색무늬병 방제효과가 높아 겹무늬썩음병의 감염이 증가하는 시기의 약제로 적합하였으며 iminoctadine과 difeoconazole의 합제인 삼진왕은 겹무늬썩음병에 대한 치료효과와 갈색무늬병에 대한 방제효과가 높아 최종 살포약제로 적합한 것으로 판단되었다. 그 외 지금까지 겹무늬썩음병 방제에 사용되어온 다수의 살균제는 살포간격을 15일 이상으로 늘릴 경우에는 효용성이 낮은 것으로 판단되었다.

2) 겹무늬썩음병은 전염원 밀도가 높아 보호살균제 만으로 충분한 방제가 어려우므로 치료제로 적절한 EBI의 종류 및 적정 사용시기를 조사한 결과 tebuconazole이 가장 우수하였으며 적정 사용시기는 8월 상.중순 경인 것으로 밝혀졌다.

3) 점무늬낙엽병 및 갈색무늬병은 겹무늬썩음병 방제약제의 합리적 배열로 동시 방제가 가능한 것으로 판단되었다.

다. 살균제 살포력의 개발 및 농가 실증 시험

병원균의 발생 생태에 관한 연구 결과와 농약의 작용 특성에 관한 연구결과를 종합하여 살포회수를 연간 10회로 하는 방제체계를 개발하였다. 이를 제2차년도에는 3개소, 3차년 도에는 10개소에서 농민이 직접 운용하게 하고 병 방제 상황을 조사한 결과, 살균제 살포체계를 변경하지 않은 과수원에서는 살포회수가 훨씬 많은 관행재배 농가보다 우수한 방제효과가 얻어

졌고 살포체계를 임의로 변경한 과수원에서는 다소간의 문제가 있었다. 따라서 살포체계를 변경하지 않는 조건으로 농가에 보급할 수 있는 것으로 판단되었고, 이미 많은 농가가 이를 보급, 채택하고 있다.

2. 활용에 대한 건의

이 연구에서 당초에 설정한 목표인 살균제 살포회수를 연간 14-16회에서 연간 10회 이내로 줄이고 겹무늬썩음병의 발생율을 2% 이내로 낮추려는 당초의 목표는 거의 달성했으며 지금 까지 이 기술을 ( )회에 걸쳐 연( )명의 농민을 대상으로 교육하였다. 그러나 농민들이 이를 실제로 이를 이행하는 데에는 적지 않은 심리적 부담이 있는 것으로 조사되었으나 해가 거듭 될수록 이행하는 농가가 증가하고 있다. 그러나 이 연구에서 개발한 방제력은 항구 불변한 것이 아니고 사과 품종의 변화, 기상조건의 변화, 새로운 농약의 출시 등으로 항상 수정 보완되어야 하며 현재로서도 아직 보완의 여지가 남아 있을 것으로 생각된다. 따라서 여기에 관한 연구는 지속적으로 수행되어야하며 이를 농민에가 교육을 할 수 있는 행정적 지원이 필요하다.

SUMMARY

Because of the rainy season of one month or more during the apple growing period disease problem is much serious and spend much more pesticides than the other major apple production area in the world. No active research program to reduce the chemicals, however, has ever been done, and farmers also believed that no matter how much pesticides they use, they have only produce the apples without any damages by the diseases and insect pests. The immoderate use of pesticides have disturbed agricultural ecosystem by which more and more pesticides are required for normal apple production. This fact brought about high cost of apple, anxiety of consumers for pesticide residue, and eventually results in decreased demand. In order to maintain the apple industry, the reduction of chemical spray is also one of important measure.

In order to develop the spray program with reduced fungicides, the ecology of the target diseases was carefully reexamined, and the properties of fungicides against them were investigated.

Seasonal changes in the amount of spore dispersals in white rot, Marssonina blotch and Alternaria blotch were examined for 3 years from 1998 during April to October in each year. In order to obtain the information on the seasonal changes in the infection rate of white rot during the apple growing season, and to detect the relationship between the time of infection and that of symptom development, a large number of apples were bagged at around late May, the earliest time for bagging of the fruit, and 100 apples were exposed to the natural infection for 10

days by eliminating the fruit bags in each 10-day intervals during the possible infection periods from late May to middle of September. The disease incidence of white rot until harvest time were examined, and the latent infection rates were examined by incubation of the seemingly healthy fruits at 25℃ for 4 weeks. The disease rate of Alternaria blotch and sooty blotch were examined before incubation.

In order to select fungicides which exert the best control efficacy in each 15-day periods from petal fall to early or middle of August, the fungicides which have frequently used for control of apple white rot were successively sprayed 4-5 times with 15 day interval, and 100 apples were bagged just before and after each spray. From the disease incidence and latent infection rates among the fruits thus bagged, the protective efficacy of the fungicides for 15 days could be calculated, and those among the fruits bagged soon after each spray indicates the curative efficacy of each fungicides. The control efficacy of each fungicides against Alternaria blotch and Marssonina blotch on the leaves were examined by frequent examination of the diseased leaf rates on the preliminarily selected small twigs. In order to select the EBIs which can cure the infected fruits, and to determine the best timing for application, they were applied periodically to the apples infected until certain period of time and examination the disease rates and latent infection rates.

The patterns of spore dispersal of white rot was quite variable by the year, but those of Marssonina blotch and Alternaria blotch showed a similar pattern during the 3 years in spite of tremendous differences in the climatical conditions. The initiation of the infection of white rot

turned out to be occur much earlier than that has hitherto been believed in Korea. A considerable rate of apples were already infected before late May, possibly begun soon after fruit setting. More than 70% of apples in the fungicide untreated plot were infected until late June, and more than 90% at the middle of July, but terminated before August in normally managed orchards. Even though almost all of the apples were infected until late July, not all of them were diseased before harvest. The rates of latent infection which does not develop symptom before harvest were quite variable by the years, while the infection rates were not much varied. The latent infection rates were also quite variable among the apples produced at different farm in the same year, ranging from 22.1% to 96.1%. This variation the was estimated to be caused by the differences in the spray schemes. Alternaria blotch both on leaves and fruits cause only a little damages on Fuji apple and could be controlled simultaneously with white rot. The Marssonina blotch which annually cause a serous damage in some orchards could also be controlled simultaneously with white rot, but attention should be paid on the arrangement of fungicides in the spray scheme. The sooty blotch infected both in early growing season, almost complete infection before June in some year, and in late season if it rains frequently, but no fungicides were required to control it in the normally managed orchards.

In the trials to select the fungicides, iminoctadine-triacetate, azoxystrobin and samjinwang, a combined formula of iminoctadine-triacetate and difenoconazole, protective fungicides as they were, showed a high curative efficacy against white rot, and folpet and dithianon were

also selected by their high protective efficacy. Propineb, even though low control efficacy against white rot, was found to be useful in the control of primary infection of Marssonina blotch in the early growing season. The characteristic mode of action of EBIs against white rot, bitertanol difenoconazole and tebuconazole was repeatedly confirmed that they exert very low level of curative efficacy when they were sprayed before late July, but a very high curative efficacy when they were sprayed at early or middle of August. Among the three EBIs tested, tebuconazole showed highest efficacy which reduce both the disease incidence and latent infection of white rot, and was also highly effective against Marssonina blotch.

Integrating all of the information obtained above, several spray schemes in which 10 times of spray in one cropping season were formulated and were tested for their control efficacy against major apple diseases including white rot through pilot test and large scaled farm test. It was turned out that the spray schemes, though slightly different one another in the control efficacy, were quite effective for controling the almost all of the major diseases.

It can be said the final goal of this study in which the frequency of fungicidal spray are to be reduced to less than 10 times and suppressing the incidence of white rot to less than 2 %. However, it might well be said that the spray schemes developed in this study have still some room for improvement.

Contents

목 차

제1장 서론

제1절 연구개발의 목적

우리 나라에는 사과의 생육기간 중에 약 1개월이나 되는 장마기가 있으므로 전세계의 주요 사과재배 지역에 비해 병 문제가 훨씬 심각하다(31). 생육기간 동안에 살균제를 살포하지 않는다면 90% 이상의 과실이 수확전에 부패하여 낙과하게 되고 수확기까지 나무에 달려 있는 사과조차도 상품성이 전혀 없는 과실이 된다 (11, 12, 31, 32). 따라서 사과 재배에 있어서 농약의 사용은 불가피한 선택이다. 그러나 최근 농약에 의한 토양이나 수질 오염은 사회 문제로 비화되어 있으며, 많은 소비자들은 식품의 농약 잔류에 대해 거의 신경질적 반응을 보이고 있다. 이러한 극심한 농약 기피 심리는 사과의 소비마저 위축시킬 수 있는 위험한 지경에 와 있다. 이러한 상황에서 사과를 안정적으로 재배하기 위해서는 농약의 사용을 최소화하는 것이 필요한데, 생산성이 보장되지 않는 농약사용 경감법은 농민이 결코 수용하지 않을 것이 명백하다. 따라서 농약의 사용을 줄이기 위한 기술은 생산성을 더 높일 수 있거나 아니면 최소한 현재의 상태로 유지시킬 수 있는 것이어야 하므로 그 개발이 쉽지 않았다.

우리 나라에서 정상적으로 관리되고 있는 사과원에는 통상 11 12 종의 병해가 발생하는데 (22, 29)그 중에서도 겹무늬썩음병, 점무늬낙엽병, 갈색무늬병, 붉은별무늬병, 및 검은별무늬병의 5종 병해의 방제는 재배기간 중 농약 살포에 의존하고 있다(10,11,31). 이들 5종 병해 중 붉은별무늬병, 검은별무늬병 및 갈색무늬병은 특정 시기에 한정적으로 발생하므로 시기에 맞추어 적절히 약제를 살포하면 큰 피해는 없다. 또 점무늬낙엽병은 6월 초순부터 발생하기 시작하여 수확기까지 지속적으로 감염되나 전문 방제 약제가 개발

되어 있고 우리 나라의 주종 품종인 후지는 비교적 저항성이므로 이 병에 인한 손실은 그리 크지 않다(31). 그리고 갈색무늬병은 1993년 이후 우리 나라의 사과원에서 주요 병해로 확고히 자리 잡게 되었으며, 특히 1998년도에는 이상 기상으로 인해 경북지역에서는 80%이상의 사과원에서 이 병이 대발생하여 조기에 낙엽 되었다(32). 겹무늬썩음병은 6월 초순부터 8월 하순경까지 감염되며 발생 정도는 해에 따라, 또 과수원에 따라 편차가 매우 크기는 하나 발생이 심한 해에는 10 30% 정도가 이 병에 이병 되어 수확전에 썩게 된다(12). 그런데 1988년도에는 이 병의 발병율이 50% 이상 되는 과수원도 드물지 안다(32). 또한 수확 당시에 이 병이 잠복 감염된 사과는 수확 후 저장 및 유통 과정에서도 발병하며(2), 그 비율은 60% 이상이 되므로 현재 우리 나라에서 발생하는 사과 병해 중 가장 문제가 되는 병해이다 (12, 13, 16, 22). 경북지방의 사과원의 표준 방제력에는 살균제를 16회 살포할 것을 권장하고 있는데 그중 8 10회가 겹무늬썩음병의 방제를 주목적으로 하고 있다(31, 32).

현재의 우리 나라의 사과원에서의 농약 살포의 관행은 낙화 후부터 살균제를 10일 간격으로 배치해 두고 살충제 및 살비제는 해충의 발생 상황에 따라 살균제와 혼합하도록 되어 있으나, 대부분의 농가에서는 해충의 발생 여부와 관계없이 살충제 또는 살비제를 혼용하고 있는 실정이다(32). 따라서 살균제의 살포 회수가 줄어지게 되면 살충제 및 살비제의 살포 회수도 자연히 줄어 질 수 있을 것으로 생각되는데, 살균제의 살포 회수를 줄이는 것은 갈색무늬병 및 겹무늬썩음병을 어떻게 방제하느냐에 달려 있다.

이 연구의 책임자는 '94현장애로 과제의 연구에서 겹무늬썩음병의 감염에서 발병에 이르는 전 과정을 면밀히 조사한 결과 종래의 보고와는 다른 여러 가지 사실이 발견되었다. 수확전에 발병되는 과실은 대부분 7월 중순 이후에 감염된 과실이고 6월 중순에서 7월 상순에 감염된 과실은 대부분 잠복

감염이 되는 경향이 새로이 발견되었다 (31). 또 병원균은 사과 과실에 도달한 후 24시간 이내에 과실 조직 내로 침입하나 (9, 25) 과점 조직 주변의 죽은 조직에서 1개월 이상 생존하는 것으로 밝혀졌다(17, 30). 이러한 사실에 근거하여 겹무늬썩음병 방제 약제로 등록되어 있는 bitertanol, difenoconazole을 이용하여 인공접종에 의한 방법으로 일련의 실험을 수행한 결과, 병원균의 침입후 시간이 경과할수록 방제효과가 높아진다는 종래의 상식과는 크게 다른 결과가 얻어졌다(30). 이러한 결과로 보면 겹무늬썩음병의 감염은 6월 상순 또는 그 이전부터 시작되나 발병은 8월 중순 이후부터 시작되므로 생육 후기에 EBI의 처리로 그 이전에 감염된 과실을 한꺼번에 치료할 수 있는 방안이 개발 될 수 있을 것으로 생각할 수 있다.

이와 같은 침투성 살균제 이외에 어떤 특정 종류의 보호살균제도 보호효과와 함께 치료효과도 동시에 가지고 있다는 사실이 발견되었고(30), 현재 사용되고 있는 보호살균제의 방제효과는 약제의 보호 작용에 의한 것이기보다 오히려 치료에 의한 방제효과가 더 클 가능성이 제시되었다. 따라서 겹무늬썩음병에 대해 치료효과가 있는 보호살균제와 침투성 살균제의 적절한 배열만으로도 살균제의 살포 회수를 크게 줄이고 방제효과를 획기적으로 높일 수 있는 새로운 방제 체계의 개발 가능성이 매우 높은 것으로 시사되었다.

이 연구에서는 방제효율의 제고를 위해 사과에 발생하는 주요병해의 발생생태에 관한 연구와 함께 지금까지 밝혀진 각종 살균제의 작용상의 특성을 최대한 활용하여 농약의 살포회수를 크게 줄이고도 병 방제효율이 더 높일 수 있는 방제체계 개발을 시도했다.

제2장 : 사과 병해의 발생생태

식물 병을 효율적으로 방제하기 위해서는 병의 발생생태에 대한 정확한 정보가 필요하며 (1)여기에 대해서는 다수의 연구보고가 있으나 현장에서의 관찰 결과와 일치하지 않는 경우도 많다. 병의 발생생태에 관한 조사는 다년간 지속적으로 조사하고 또 기상조건과의 연계하여 분석해야만 방제에 활용할 수 있을 것으로 판단되어 1998년부터 3년간 조사하였다.

우리 나라의 사과원에서는 약 12종의 병이 발생하나 이들 중 생육기간에 약제를 사용하여 방제해야하는 병은 붉은별무늬병, 검은별무늬병, 점무늬낙엽병, 갈색무늬병 그리고 과실에 발생하는 병으로는 겹무늬썩음병과 탄저병이다(30). 이들 중 붉은별무늬병은 생육초기에 일시적으로 감염되고 낙화직후의 한차례 살포로 방제가 가능하며 검은별무늬병은 근년에 거의 발생하지 않으므로 특별히 방제할 필요가 없다(30, 31, 32). 또 과실에 발생하는 탄저병도 우리 나라의 과수원이 이 병애 대해 저헝성인 후지품종 위주이기 때문에 현실적으로 큰 피해가 없다. 따라서 이 연구에서는 겹무늬썩음병, 갈색무늬병 그리고 점무늬낙엽병의 3종에 대해서만 조사했다. 이 조사는 1998년부터 3년에 걸쳐 수행되었는데, 우선 이들 3종 병해의 전염원 비산 상황을 조사했고, 전염원의 농도와 감염간의 관계를 밝히기 위해 겹무늬썩음병과 점무늬낙엽병에 대해서는 과실 봉지를 이용한 방법으로 사과 생육 시기별 감염율을 조사했다. 또 과실 병해로 최근 문제가 되고 있는 그을음병의 시기별 감염율도 동시에 조사했다.

제1절 전염원의 비산

1. 재료 및 방법

사과원에 회전포자채집기를 설치, 4월 1일부터 매2일 간격으로 포자부착용 slide를 수거, 18 X 18 mm 내에 부착된 겹무늬썩음병의 포자 수를 조사했는데, 포자의 수가 너무 많을 경우에는 그믈눈 eyepiece를 이용하여 부분 조사하고 이로써 18X 18mm내의 포자 수를 계산하였다.

2. 결과 및 고찰

가. 사과 겹무늬썩음병

포자의 분산 양상은 연차간에 크게 달랐다. 자낭포자는 대체로 4월 상순부터 관찰되었으나 분생포자는 1998년에는 자낭포자와 마찬가지로 4월 상순부터 비산되었고 1999년과 2000년에는 5월 상순부터 관찰되었다. 1998년은 조사한 3개년 중에 포자의 분산량이 가장 많았고 6월 중순과 9월 중순에 peak가 있었다. 1998년에는 6월 상순에 포자의 분산량이 갑자기 증가했다가 중순에 다시 감소 하순에 급격히 증가하여 큰 peak가 나타났다가 8월 상순까지 지속적으로 감소, 그후 9월 중순까지 다시 증가했다가 감소했다. 그런데 2000년에는 앞의 2년과 달리 7월 중순까지 자낭포자와 분생포자 모두 분산량이 매우 적었고 7월 하순부터 분생포자가 완만히 증가했으며 8월 상순에 자낭포자의 비산이 급격히 증가하여 8월 하순에 peak가 형성되었고 분생포자는 9월 상순에 급격히 증가하여 9월 중순부터 급격히 감소했다.

이와 같은 포자의 분산 소장 양상은 기상조건 특히 강수와 밀접하게 관련되어 있었고 (25, 27,28) 또 발병량과도 관련되어 있었다. 1998년에는 겹무늬썩음병의 발생이 지금까지 유래를 볼 수 없을 정도로 많았고 , 1999년에는 비교적 병이 적은 해였으며 2000년은 근년에 가장 적은 발병을 보였다. 그런데 조사한 3개년에 매년 9월중에 분산량이 급격히 증가하는 현상이 나타났는데 이와 같은 생육 후반기의 포자분산이 감염과 어떻게 관련되어 있는지

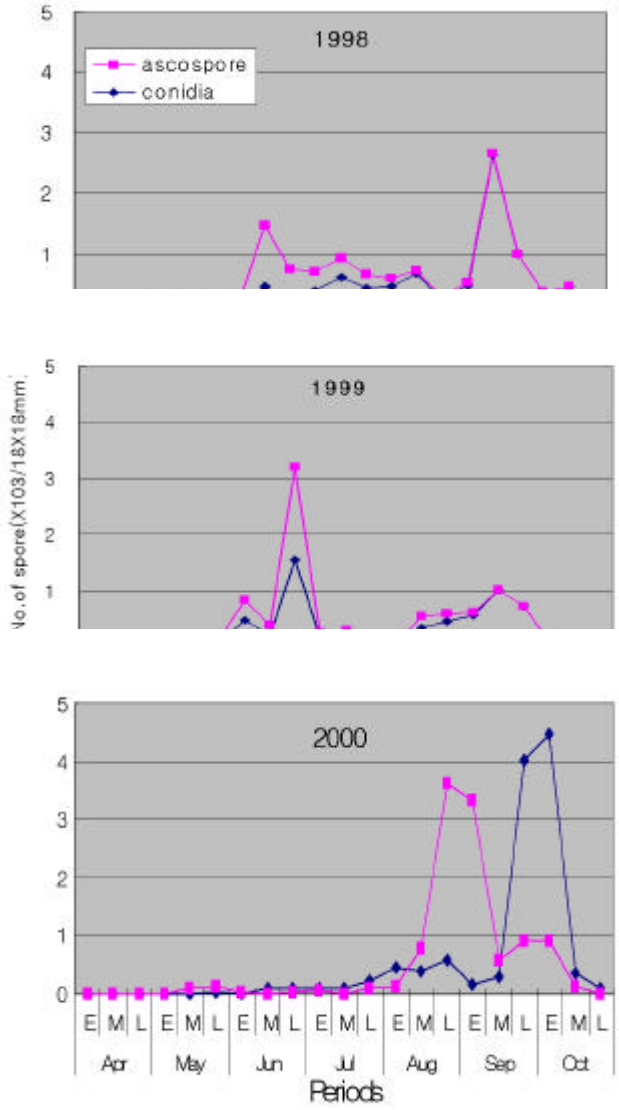
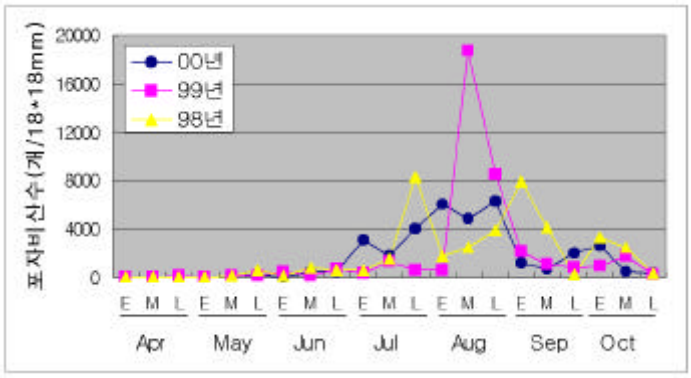


Fig. 1. Spore dispersals of *Botryosphaeria dothidea* in 1998-2000 (Kunwee)

를 밝히는 것은 이 병의 방제를 위해 매우 중요한 정보가 될 것으로 생각된다. 이 점에 대해서는 시기별 감염율과 관련하여 고찰하기로 한다.

나. 갈색무늬병

이 병의 제1차전염원은 전년도의 병엽에서 형성되는 자낭포자로 알려져 있으나 우리 나라에서는 아직 보고된 바 없다. 따라서 이 연구에서는 이를 확인하기 위해 전년도에 갈색무늬병에 걸린 낙엽을 다량 수집, 그물 봉지에 넣어 과수원 표면에 방치해 두고 일정 간격으로 잎의 표면을 실체현미경으로 자낭반 형성을 조사했으나 이를 발견할 수 없었다.



Fg. 2. Spoıe dspeısal of *Dpocaıpon maı* n 1998-2000 (Kunwee)

1998년의 조사에서는 4월 하순에 1개의 분생포자가 포착된 바 있고 그후 5월중순부터 6월 하순까지는 적은 수의 포자가 포착되다가 7월에 들어오면서부터 급격히 증가하여 7월 하순경에는 18 X 18mm내에 8,000개에 가까운 수의 포자가 포착되었다 (Fig. 2). 그후 8월 상순까지 급격히 감소했다가 다시 증가하여 9월 상순경에 두 번째 peak가 나타났다. 그런데 포자채집기를 설치한 군위군에서의 1998년도 첫 발병은 6월 8일로 확인되었으므로 그 이전에 비산된 포자는 전년도의 병엽에서 형성된 것으로 추정되었다. 따라서 우리 나라에서는 갈색무늬병균은 분생포자로도 월동하여 이듬해의 전염원이 될 수 있는 것으로 추정되었다.

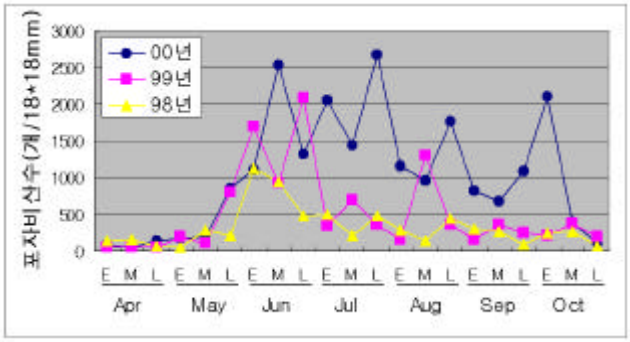
1999년에는 8월 상순까지 소량의 포자가 포착되다가 그후 분산량이 급격히 증가하여 8월 중순에는 18X 18mm 내에 1900개의 포자가 포착되었다. 그후 9월 상순까지 포자의 분산량이 급격히 감소되었고 10월까지 상당량의 포자가 지속적으로 포착되었다.

그런데 2000년에는 6월 상순이 되어 비로소 포자의 분산이 확인되었고 그후 10월 중순까지 분산 소장이 반복되었는데, 앞의 2개년에 비해 비교적 장기간에 걸쳐 다량의 포자가 분산되었다.

이상 3년간의 갈색무늬병의 포자 분산 소장 양상은 연차간에 어느 정도 유사성을 보였는데, 보통 4월 상순경부터 시작되어 대략 6월 하순이나 7월 상순경에 급격히 증가했다가 9월 하순경에 감소하는 것으로 나타났다. 따라서 6월 하순경의 급격한 증가는 제1차전염원에 의한 발병엽에서 형성된 2차전염원인 것으로 판단되었다. 이러한 초기의 비산 양상으로 볼 때 방제상 가장 중요한 시점은 5월 하순에서 6월 상순경인 것으로 판단되었다.

다. 점무늬낙엽병

점무늬낙엽병의 포자 분산 양상도 연차간에 상당한 차이가 있었으나 최초의 분산시기 및 분산이 증가하는 시기는 거의 비슷했다. 이 연구에서 포자의



Fg. 3. Spoıe dspeısas of *Aıemaıa maı* n 1998-2000 (Kunwee)

분산 조사는 4월 상순부터 시작했는데 그 시기에 이미 상당량의 포자가 포착되었으므로 분산은 이 보다 더 빨리 시작될 수 있을 것으로 판단되었다.

포자의 5월 중순경까지의 분산량은 거의 변화가 없었는데 그 시기까지의 분산은 가지 또는 낙엽에서 월동한 제1차전염원에서의 분산으로 추정되었고 5월 중·하순부터 시작되는 급격한 증가는 2차전염원에서의 분산으로 추정되었다. 그 후 10월 중순까지 소장이 반복되었으며 2000년에 특히 많은 포자가 분산되었다. 이와 같은 포자의 분산에도 불구하고 지난 3년간 후지 품종에서의 발병은 대단히 미미했으며 과실에서의 발병도 그리 많지 않았다

제2절 사과 겹무늬썩음병의 감염 및 발병시기

사과 과실에 발생하는 병으로 겹무늬썩음병, 탄저병, 점무늬낙엽병, 그을음병 및 그을음점무늬병이 있는데, 이들 중 탄저병은 중·조생종 품종에 많이 발생하고 후지 품종에는 해에 따라 산발적으로 발생하므로 이에 대한 연구는 매우 어렵다. 따라서 이 연구에서는 후지 품종에 발생하는 병을 중심으로 사과 생육기간 거의 전반에 걸쳐 시기별 감염 양상을 조사했다. 이 조사에서는 과실 봉지를 이용했는데, 과실봉지는 이중으로 되어 있고 특히 내지는 파라핀이 처리되어 있으므로 일단 봉지를 씌우게 되면 외부로부터 병원균은 물론이고 농약까지도 침투 할 수 없으므로 감염을 어느 특정 시기에 한정할 수 있게 되었다(31). 이 연구에서는 이 방법을 이용하여 사과 겹무늬썩음병의 사과 생육시기 중의 각 기간 별 감염율 및 발병율을 두 가지로 방법으로 조사했다.

한 방법은 겹무늬썩음병의 감염을 최소화하기 위해 과실에 봉지를 씌울 수 있는 가장 이른 시기에 다수의 과실에 일단 봉지를 정기적으로 일정기

간 봉지를 벗겨 감염에 노출시킨 후 다시 봉지를 씌워두고 이들 과실에서의 발병율을 조사하는 것으로 이 방법에 의하면 사과 생육기간 중의 특정 시기의 감염율과 그 시기에 감염된 과실에서의 발병 양상을 알 수 있을 것으로 생각했다.

두 번째 방법은 특정 시기까지의 누적 감염에 의한 발병율을 조사했다. 과실 감염의 주 전염원인 분생포자는 비만 오면 언제든지 대량으로 분산되므로 과실은 생육기간 거의 전반에 걸쳐 병원균의 감염에 노출되어 있는 것으로 볼 수 있다. 특히 정 등 (5)은 7월 중순 강우 직후 후지 20년생 나무에서 부위별로 과실을 채취하여 과실표면에 부착된 병원균의 포자를 초음파세척기로 떼어내어 그 수를 조사한 바, 최저 6천개에서 최고 36만개까지 검출되었다고 보고했다. 이러한 점으로 본다면 과실의 감염 기회는 매우 많을 것이며 대부분의 과실에는 시기를 달리하여 복수의 감염이 일어날 수 있을 것으로 생각되는데, 이러한 경우의 감염 및 발병이 특정시기에 한정적으로 감염된 과실에서의 발병양상과 어떤 차이가 있는지를 검토했다. 이 실험에서는 처음부터 과실을 감염에 노출 시켜두고 일정 기간마다 일정 수의 과실에 봉지를 씌워 그 시점까지의 누적 감염율과 발병율을 조사했다. 또 시기별 감염율을 조사하기 위한 실험에서 특정 시기에 감염시킨 과실의 발병 시기를 조사하여 감염시기별 잠복기간을 추정했다.

1. 재료 및 방법

가. 사과 생육 시기별 감염율 및 발병율

이 실험은 3년간 영천시 신녕면의 농가포장을 임차하여 수행했는데, 이 포장은 관리상태가 불량하여 겹무늬썩음병이 상습적으로 대량 발생하는 과수원이었다. 정지 전정 등은 상법에 준하였고 자연초종으로 초생재배했으며, 3월 하순의 월동기 방제, 4월 중순의 개화직전 방제 및 5월 상순

의 낙화직후 방제까지만 살균제를 살포하고 이후 살균제는 완전히 배제한 상태에서 실험을 수행했다.

1998년에는 5월 23일, 1999년에는 5월 28일 그리고 2000년에는 5월 25일에 시험을 시작했으며 매년 6주의 나무에서 1,300개의 과실에 봉지를 씌우고 이날을 기점으로 매 10일 간격으로 매회 100개씩의 과실에 10일간 봉지를 벗겨 자연 감염을 유도하고 10일 후에는 다시 봉지를 씌웠다. 1998년의 경우, 7월 하순경 이들 과수원에 갈색무늬병이 발생하여 영천시 신녕면의 과수원에는 7월 30일 iminoctadine- triacetate를 1회 살포했다. 그후 약제의 영향이 거의 소멸될 것으로 추정되는 8월 11일까지 봉지 벗기기를 유보했다가 8월 12일부터 다시 실험을 재개했다.

이와 같은 봉지 벗기기와 씌우기는 9월 중순까지 계속했으며 8월 중순 이후에는 5일 간격으로 낙과된 과실에서의 겹무늬썩음병의 발병율을 조사했고 10월 상순에는 상법에 따라 봉지를 제거했으며 수확 시까지 겹무늬썩음병 발병과의 수를 역시 매 5일 간격으로 조사하였다. 또 겹무늬썩음병의 잠복감염율을 구하기 위해 수확당시 충해 또는 물리적 상처가 없는 외견상 건전한 과실만을 난자 상자에 포장하여 25℃의 정온실에 4주간 보존하면서 발병율을 조사, 그 결과를 비례식으로 전체 과실에 대한 비율을 계산했다. 겹무늬썩음병의 감염시기와 발병 시기를 조사하기 위한 또 다른 실험으로 역시 영천시의 포장에서 시기별 감염율의 조사와 함께 3년간에 걸쳐 수행되었다. 이 실험의 대상 나무도 시기별 감염율을 조사하기 위한 실험과 마찬가지로 살균제는 낙화 직후의 시스텐엠까지로 하고 그 후 수확기까지 살균제는 전혀 살포하지 않았고 살충제는 필요에 따라 살포했으나. 10월 중순이후에는 갈색무늬병으로 잎이 거의 남지 않았다.

1998년에는 5월 23일을 기점으로 10일 간격, 1999년에는 5월 28일 2000년에는 5월 25일을 기점으로 각각 15일 간격으로 8월 하순까지 매회 100개

씩의 과실에 봉지를 씌웠다. 매회 봉지를 씌울 때에는 과실의 착과 위치에 의한 오차를 최소화하기 위해 가급적 나무 전체에 고루 분포되도록 했다. 이들 봉지를 씌운 과실에서의 발병율 조사 및 잠복감염율의 조사는 전술한 방법으로 수행했다.

다. 감염시기와 발병시기와의 관계

이 실험도 3년간에 걸쳐 수행할 계획이었으나 2000년에는 발병율이 너무 낮아 결과의 해석이 어려웠으므로 1998년과 1999년 2년만 수행했다. 사과 생육 시기별 감염율 조사 실험과 동시에 수행했는데, 8월 하순부터 수확기까지 매 5일 간격으로 발병과를 조사하여 그 결과를 순별로 정리하고 총 발병과의 50%가 발병하기 까지의 소요 일수를 조사했다.

2. 결과 및 고찰

가. 사과 생육 시기별 감염율 및 발병율

1998년부터 3년간 5월 하순부터 9월 상. 중순까지 10일씩 봉지를 제거하고 자연감염에 노출시킨 과실에서의 발병율 및 잠복감염율을 Fig. 4에 나타내었다. 그런데 수확한 과실을 25℃에서 4주간 보존하면 감염된 과실은 거의 대부분 발병하므로 수확 시까지의 발병율에 잠복감염율을 더하면 감염율을 구할 수 있을 것으로 판단했다.

겹무늬썩음병의 감염율은 대단히 높으나 그 중 일부만 발병하고 많은 부분이 잠복감염 되며 그 비율은 연차간에 큰 변동이 있는 것으로 나타났다 (Fig. 4). 1998년과 2000년은 양 극단적인 양상을 보였는데 , 1998년에는 감염율도 매우 높았고 감염과실의 거의 절반이 수확전까지 발병했으나 2000년에는 극히 일부만 수확전까지 발병했고 대부분 잠복 감염되었다 Fig. 4. 전반적으로 1998년도는 겹무늬썩음병이 사상유례를 볼 수 없을 정

도로 많이 발생하여 수확을 포기한 사례도 적지 않았는데에 반해 2000년도에는 근년에 유례를 찾을 수 없을 정도로 발병이 적은 해로 평가되고 있다. 그런데 1998년과 2000년간에는 감염율 자체에 상당한 차이가 있었으나 1999년과 2000년간에는 감염율에 있어서 큰 차이가 없었음에도 불구하고 발병율에 있어서 매우 큰 차이가 있었다 (Fig. 4). 또 잠복감염과 발병과의 비율에 있어서도 매우 흥미로운 점이 발견되었다. 1998년도에는 잠복감염의 비율이 연간 큰 변화를 보이지 않고 초기의 비율이 생육 후기까지 유지되는 경향이 있었으며, 감염이 증가하면 그 증가분 만큼 발병율이 증가하는 경향을 보였다. 그런데 1999년과 2000년에는 발병과의 비율은 생육 초기부터 거의 일정하고 감염이 증가하면 잠복감염율만 증가하는 경향이 있었다.

그런데 이와 같은 발병율과 잠복감염율과의 관계는 누적감염에 있어서는 사뭇 달라 졌다. 1998년의 경우, 시기별 감염 과실에서의 발병율은 전체 감염 과실 중 50%, 경우에 따라 그 이상이 발병 했는 데에 반해 누적 감염에 의한 발병율은 이 보다 훨씬 낮았다 (Fig. 5). 1998년도 시기별 감염에서는 잠복감염율이 초기부터 거의 일정했고 생육후기로 가면서 감염율이 증가하면 그 증가 분이 발병으로 이어지는 듯했는데 누적감염에서는 그러한 경향은 보이지 않았다 (Fig. 5). 그리고 감염율의 증가 양상도 특이하여 6월 3일까지의 누적 감염율이 63.6%이었는데 6월중에는 거의 변함이 없다가 7월 2일에 봉지를 씌운 과실에서 89.0%로 급증하였고 그 후 약간씩 증가하여 8월 24일에 봉지를 씌운 과실에서 100%의 감염율을 보였다.

한편 1999년의 경우도 시기별 감염과 다른 경향을 보였는데, 이 경우에는 전년도와는 달리 누적감염에서의 발병율이 시기별 감염에서 보다 훨씬 더 높아 전반적으로 감염과 중 2/3이상이 발병했다 (Fig. 5). 또 시기별 감

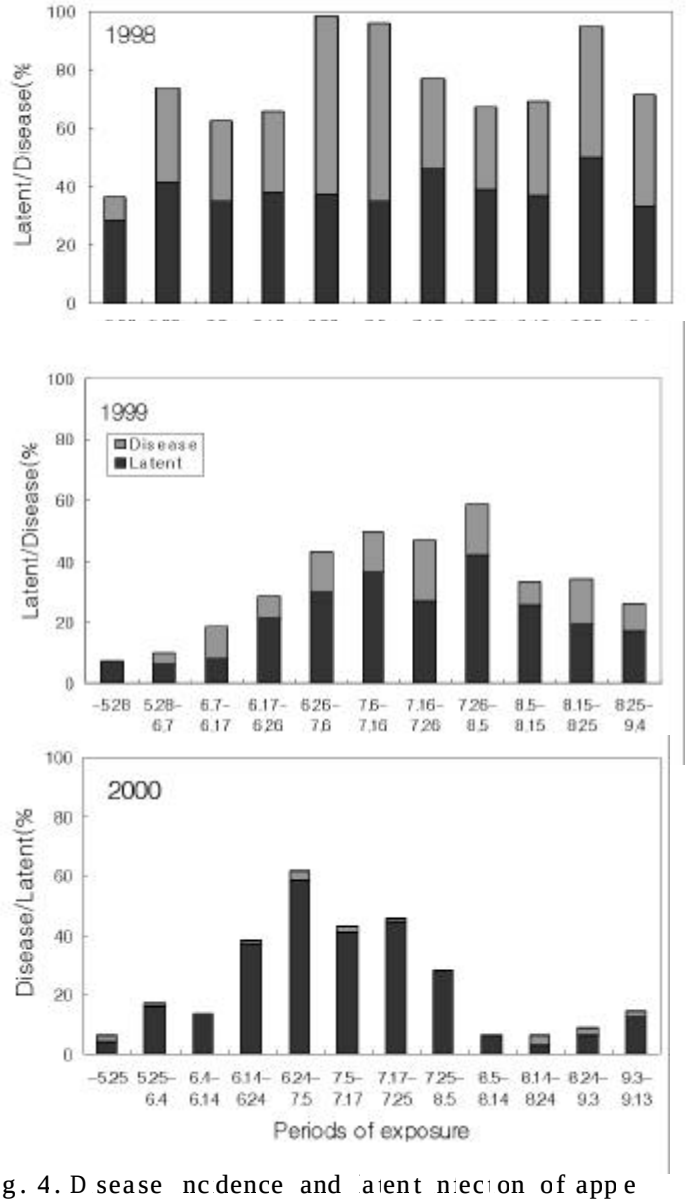


Fig. 4. Disease incidence and latent infection of apple which not occurred by the infection during every 10-day periods in the apple growing season of 1998-2000 (Yongchon)

염에서는 1998년과는 달리 발병율이 초기부터 거의 일정했고 생육후기로 가면서 감염율이 증가함과 동시에 잠복감염율이 증가했는데 누적 감염에서는 발병율이 증가했다 (Fig. 5). 또 2000년의 경우도 발병율은 초기부터 거의 비슷하게 유지되었고 생육후기로 가면서 감염율이 증가함에 따라 잠복감염율이 증가하였다 (Fig. 5). 이와 같은 현상에 대해 현재로써 적절히 설명 할 수 없으나 이 실험을 수행한 6월에서 8월 사이에는 포자의 분산이 많은 시기이고 또 강우도 충분하므로 노출기간 중에는 항상 감염이 일어날 수 있으므로 누적 감염의 경우에는 개개의 과실은 시기를 달리하여 반복 감염이 일어날 수 있을 것으로 생각된다. 그런데 과실에서 겹무늬썩음병의 병반은 거의 대부분 한 개이며 매우 드물게 2개가 생기고 그 이상 병반이 생기는 경우는 없다. 따라서 감염이 시차를 두고 생긴다면 그 중 어느 시기의 감염이 발병으로 이어지는 지를 밝히면 이러한 현상에 대한 설명이 가능할 것으로 생각되나 현재로써 이에 대한 적절한 설명이 어렵다.

또 일반적으로 감염이 거의 종료되는 것으로 알려져 있는 8월 하순까지의 누적 감염율을 보면 발병에 있어서 양극단이었던 1998년과 2000년간에 큰 차이가 없었다. 따라서 겹무늬썩음병의 수확전 발병율은 감염율과는 관련이 적은 것으로 판단되었다.

이상과 같이 겹무늬썩음병의 감염 및 발병은 연차간에 상당한 차이를 보였는데, 적절한 방제대책의 수립을 위해서는 사과 생육기간 중의 감염율과 잠복감염율에는 이 실험의 시작 즉, 전체과실에 봉지를 씌우기까지의 감염이 포함되어 있으므로 각 노출 기간 중의 순수한 감염율을 조사하기 위해서 각 기간별 감염율에서 이들 봉지 씌우기 이전의 감염율을 제외해야 했는데, 그 결과를 Fig. 6에 나타내었다.

1998년도의 시기별 감염 양상은 매우 특이하여 조사기간 전반에 걸쳐

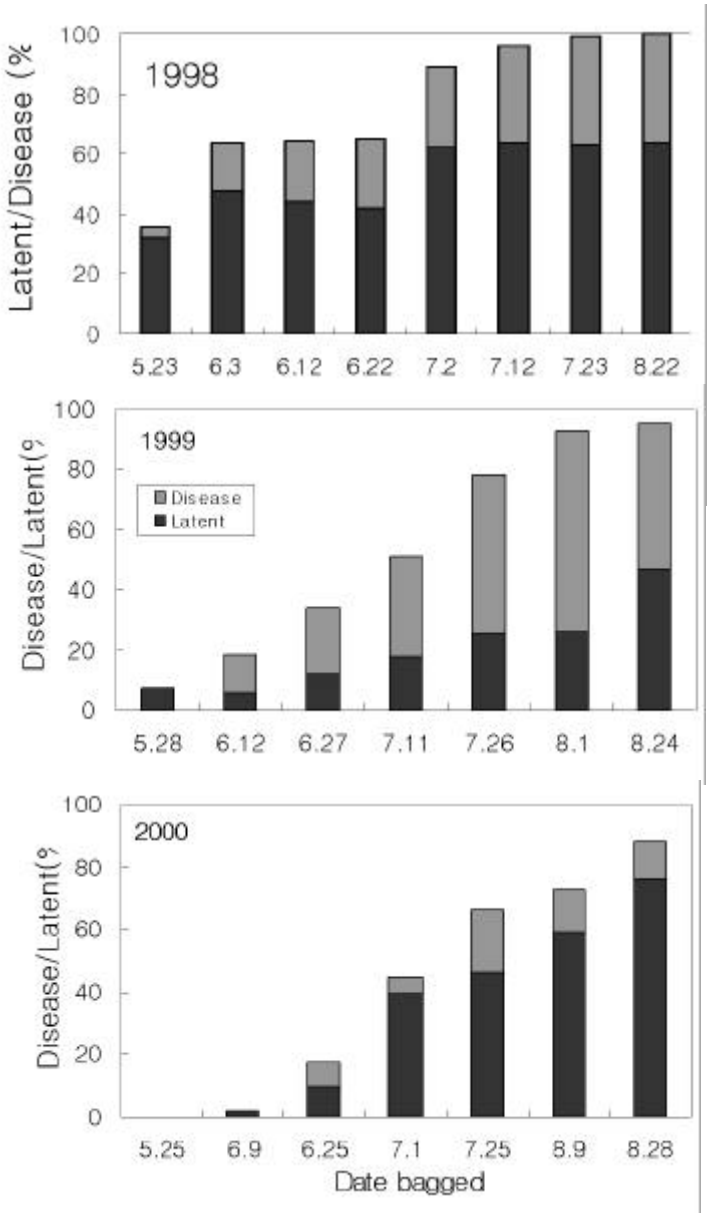


Fig. 5. Disease incidence and latent infection rates produced by the accumulative infection until the given periods during the apple growing season of 1998-2000 (Yongcheon)

10일간의 노출에 의해 30-40%의 감염이 기본적으로 유지되었고 6월 22일부터 7월 2일, 7월 2일부터 12일, 그리고 8월 22일부터 9월 1일 사이의 세 기간에는 특히 감염이 많아 10일간의 노출에 의해 60%에 가까운 감염율을 나타내었다 (Fig. 6). 또 9월 1일에서 11일 사이에도 34.8%가 감염되었는데, 생육 후기까지 이처럼 높은 감염이 지속된 것이 그 해에 이 병의 피해를 더욱 크게 한 원인이었을 것으로 생각되었다.

1999년에는 전반적으로 겹무늬썩음병의 발생이 비교적 적었으나 가장 감염이 많았던 7월 하순에서 8월 상순까지 10일간에 51.8%가 감염되었다 (Fig. 6). 5월 28일 시험 개시시기까지 이미 17.4%가 감염되었고 6월 중순부터 감염이 지속적으로 증가하여 7월 하순 또는 8월 상순경을 정점으로 감소했는데, 역시 8월 25일부터 9월 4일 사이에 8.7%가 감염되었다 (Fig. 6). 2000년에도 5월 25일 시험개시 이전까지 이미 6.3%가 감염되었고, 5월 하순부터 지속적으로 증가하여 6월 하순경에서 7월 상순경에 감염율이 55.5%로 정점에 달했다가 8월중에는 감염이 거의 없었으며 9월 초·중순경에는 극히 미미한 정도의 감염이 있었다.

그런데 1998년도에는 특이적 감염 양상을 나타내어 전기간에 걸쳐 비슷한 수준의 감염이 지속되어 특별히 감염최성기를 결정할 수 없었다. 그러나 1999년과 2000년에는 가장 감염이 많은 최성기가 분명했는데 그것이 연차간에 달라 1999년에는 7월하순에서 8월 상순경이었고 2000년에는 이보다 1개월이나 빠른 6월 하순에서 7월 상순경이었다 (Fig. 6). 또 겹무늬썩음병의 감염시작시기와 종료시기에 대해서도 분명한 점이 발견되었다. 지금까지 많은 연구자들이 이병의 감염 시기에 대해 각각 다른 주장을 내놓았다. Kohn and Hendrix (1983)는 감염시기를 수확 4-6 전이라고 했고 Parker and Sutton (1993)은 낙화 7주 후부터, 그리고 Drake (1971) 는 착과 직후부터, 그리고 尾形 (1992)는 6월상순부터 8월하순까지 감염된다

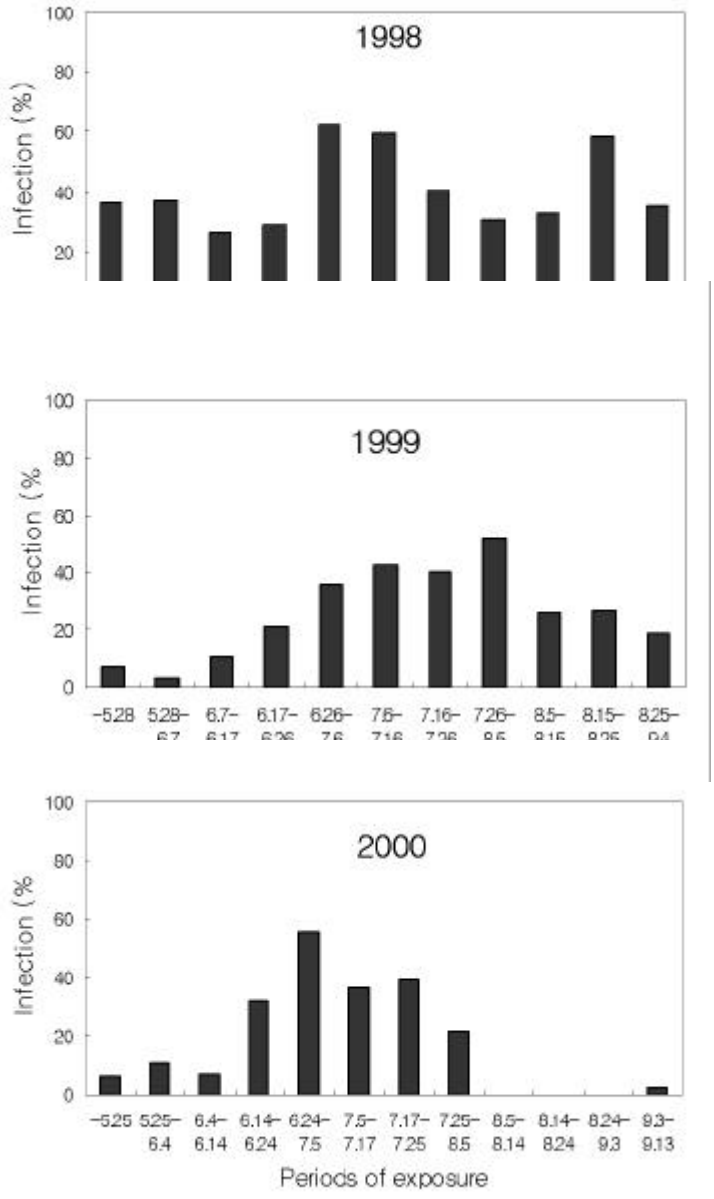


Fig. 6. Infection rates of apple white rot occurred in every approximate 10-day periods during the apple growing season (1998-2000, Yougchon)

고 했다. 그런데 이 실험에서는 1998년은 5월 23일에 1999년은 5월 28일 그리고 2000년에는 5월 25일에 봉지를 씌웠는데, 98년에는 그 시기까지 36.7%, 1999년에는 7.1% 그리고 2000년에는 6.3%가 감염되어 있었다. 따라서 겹무늬썩음병의 방제 시작은 종래의 6월 중순보다 더 빨라져야 할 것으로 생각되었다. 또 감염종료 시기도 병 방제 상 매우 중요한데, 林 (1984), 尾形 (1992)은 8월 하순 이후에는 과실의 감수성이 급격히 저하하므로 거의 감염되지 않는 것으로 보고했으나 이 연구에서는 이미 기술한 바와 같이 1998년의 경우 9월 상순에도 34.8%가 감염되었고 1999년과 2000년에도 거의 같은 시기에 각각 8.7%와 8.4%가 감염되었다. 이러한 점으로 볼 때 우리 나라에서는 8월 하순이후에도 살균제를 살포해야 할 것으로 생각되나 이 실험은 완전히 살균제를 배제한 상태이므로 살균제를 정상적으로 살포하는 경우에 8월 하순 이후의 감염 실태를 조사할 필요가 있는 것으로 생각되었다.

나. 사과 겹무늬썩음병의 감염시기와 발병시기간의 관계

1998년과 1999년 2년간 겹무늬썩음병의 시기별 감염율 조사를 위한 시험에서 발병시기를 조사한 결과를 Table 1-2에 나타내었는데, 당해년도 총 발병과의 50%가 발병한 시기를 고딕으로 표시하였다. 1998년도에는 5월 23일 이전에 36.3%가 감염되었으나 이들 중 수확기까지 발병한 과실은 8.0%였고 28.3%가 잠복감염 되었다 (Table 1). 각 시기별로 감염된 과실의 전체 발병율 중에서 50%까지 발병된 시기를 살펴보면, 5월 23일까지 감염된 과실은 10월 하순이 되어서야 비로소 50%가 발병하여 감염 일로부터 약 157일이 소요되었고, 6월 3일에서 6월 12일까지 감염된 과실은 9월 중순에 비로소 50%가 발병하게 되는데 감염 일로부터 약 98일이 소요되었다 (Table 1). 그리고 7월 2일에서 7월 12일까지 감염된 과실과 8월 12일에서 8월 22일까지

감염된 과실은 9월 하순에 50%가 발병하는데, 병징이 발현하는데 소요되는 시간은 각각 감염 일로부터 78일과 38일이며, 9월 1일에서 9월 11일에 감염된 과실은 감염 일로부터 불과 30일만인 10월 상순에 50%가 발병하였다 (Table 1).

Table 1. Relationship between the time of infection and symptom development in apple white rot determined by exposure of the fruits to the natural inoculum for 10 days intervals in 1998.

Date exposed	Disease incidence found at ;								Total disease (%)
	Aug.		Sep.			Oct.			
	M	L	E	M	L	E	M	L	
- 5. 23	0.0	0.0	0.0	0.0	2.0	0.0	3.0	**3.0**	8.1
5. 23 - 6. 3	0.0	1.5	1.5	4.6	6.2	**3.1**	9.2	6.2	32.3
6. 3 - 6. 12	0.0	4.0	0.0	**9.3**	8.0	1.3	2.7	2.7	28.0
6. 12 - 6. 22	0.0	6.6	1.6	1.6	**11.5**	3.3	3.3	0.0	27.9
6. 22 - 7. 2	0.0	3.1	3.1	7.8	**17.2**	4.7	17.2	7.8	60.9
7. 2 - 7. 12	0.0	8.3	2.8	5.6	**19.4**	6.9	11.1	6.9	61.1
7. 12 - 7. 23	2.9	1.4	0.0	4.3	**13.0**	1.4	4.3	2.9	30.4
7. 23 - 8. 12	-	0.0	0.0	3.0	**11.9**	7.5	4.5	1.5	28.4
8. 12 - 8. 22	-	1.5	0.0	4.4	**7.4**	8.8	5.9	4.4	32.4
8. 22 - 9. 1	-	-	7.9	5.3	**13.2**	10.5	7.9	0.0	44.7
9. 1 - 9. 11	-	-	-	-	13.3	**4.4**	15.6	4.4	37.8

1999년에는 5월 28일까지 20.6%가 감염되었고 그 중에서 6.5%가 수확기까지 발병했고 14.1%가 잠복감염 되어 (Table 2), 과실 생육초기에 감염된 과실이 잠복 감염될 가능성이 높은 것으로 생각되었다. 또 1999년에는 전년도보다 발병이 늦어 9월 상순부터 발병하기 시작했다 (Table 2). 각 시기별로 감염된 과실의 전체 발병율 중에서 50%까지 발병된 시기를 보면, 5월 28일까지 감염된 과실은 10월 상순이 되어서야 비로소 50%가 발병하여 감염 일로부터 약 132일이 소요되었고 6월 7일부터 6월 17일 사이에 감염된 과실은 9월 하순이 되어서 50%가 발병하여 약 103일이 소요되었으며, 7월 6일에

서 7월 16일까지 감염된 과실과 8월 상순인 8월 5일에서 8월 15일까지 감염된 과실은 10월 상순에 50%의 과실이 발병하는 시점으로 감염 일로부터 각각 84일과 55일이 소요되었다 (Table 2). 그리고 8월 25일부터 9월 4일까지 노출시킨 과실에서는 26.5%가 감염되었는데, 이들 중 9월 상순에 2.3%가 발병했는데 (Table 2) 그 시기는 봉지를 씌우는 바로 직후시점이므로 이들은 5월 28일 이전에 이미 감염된 과실이 그 시기에 발병한 것으로 추측되었다. 그런데 그 시기에 감염에 노출시킨 과실의 대부분은 10월 상순에 발병하는 것으로 보아 (Table 2) 역시 병징이 나타나기까지 소요되는 시간은 상당히 짧은 것으로 생각되었다.

Table 2. Relationship between the time of infection and symptom development in apple white rot determined by exposure of the fruits to the natural inoculum for 10 days intervals in 1999.

Date exposed	Disease incidence found at;							Total disease (%)
	Sep.			Oct.			Nov.	
	E	M	L	E	M	L	E	
- 5 .28	0.0	0.0	1.1	**4.3**	0.0	0.0	1.1	6.5
5. 28 - 6. 7	0.0	0.0	2.5	**5.1**	0.0	0.0	0.0	7.6
6. 7 - 6. 17	0.0	2.3	**2.3**	4.6	1.1	0.0	0.0	10.3
6. 17 - 6. 26	0.0	0.0	1.2	**3.5**	0.0	2.4	0.0	7.0
6. 26 - 7. 6	2.2	0.0	3.3	**5.6**	1.1	1.1	2.2	15.6
7. 6 - 7. 16	0.0	0.0	1.1	**6.8**	2.3	0.0	1.1	11.4
7. 16- 7. 26	0.0	0.0	4.7	**9.4**	1.2	0.0	4.7	20.0
7. 26 - 8. 5	1.1	0.0	0.0	**5.6**	4.4	1.1	3.3	15.6
8. 5 - 8. 15	1.1	1.1	0.0	**1.1**	0.0	2.2	2.2	7.5
8. 15 - 8. 25	1.2	1.2	1.2	**2.4**	0.0	2.4	3.7	12.2
8. 25 - 9. 4	2.3	2.3	**2.3**	2.3	0.0	0.0	0.0	9.1

이러한 실험은 봉지 씌우기 의해 수행되었는데, 봉지를 씌운 과실의 경우 이병과를 쉽게 관찰하기가 곤란하여 과실이 부패되어 낙과된 경우 발병한 것으로 간주하였으므로 이러한 부분까지 고려한다면 아마 발병시점은 이보

다 빨라질 것으로 판단되었다.

이상의 실험으로 겹무늬썩음병균은 과실 생육초기에서 후기로 갈수록 잠복기간이 짧아져 생육초기에 감염된 과실은 잠복감염으로 이어지고, 생육후기에 감염된 과실은 수확전에 발병하는 경향이 발견되었다.

제3절 점무늬낙엽병 및 그을음병의 감염 시기

1. 재료 및 방법

이 실험은 3년간 영천시 신녕면의 농가포장을 임차하여 수행했는데, 정지 전정 등은 상법에 준하였고 자연 초종으로 초생재배 했으며, 3월 하순의 월동기 방제, 4월 중순의 개화직전 방제 및 5월 상순의 낙화직후 방제까지만 살균제를 살포하고 이후 살균제는 완전히 배제한 상태에서 실험을 수행했다.

1998년에는 5월 23일, 1999년에는 5월 28일 그리고 2000년에는 5월 25일에 시험을 시작했으며 매년 6주의 나무에서 1,300개의 과실에 봉지를 씌우고 이날을 기점으로 매 10일 간격으로 매회 100개씩의 과실에 10일간 봉지를 벗겨 자연 감염을 유도하고 10일 후에는 다시 봉지를 씌웠다. 1998년의 경우, 7월 하순경 이들 과수원에 갈색무늬병이 발생하여 영천시 7월 30일 iminoctadine- triacetate를 1회 살포했다. 그후 약제의 영향이 거의 소멸될 것으로 추정되는 8월 11일까지 봉지 벗기기를 유보했다가 8월 12일부터 다시 실험을 재개했다.

이와 같은 봉지 벗기기와 씌우기는 9월 중순까지 계속했으며 10월 상순에는 상법에 따라 봉지를 제거하였고 11월 초순에 과실을 수확한 후 점무늬낙엽병 및 그을음병의 발병과율을 조사했다. 그을음병의 경우, 발병정도

가 매우 다양하였으나 상품성에 영향을 미칠 정도의 과실만 발병과로 간주했다.

2. 결과 및 고찰

가. 점무늬낙엽병

현재 우리 나라 과수원의 주 품종인 후지에서는 점무늬낙엽병의 잎에서의 발병은 거의 문제가 되지 않지만 과실감염에 의해 상품성이 낮아지는

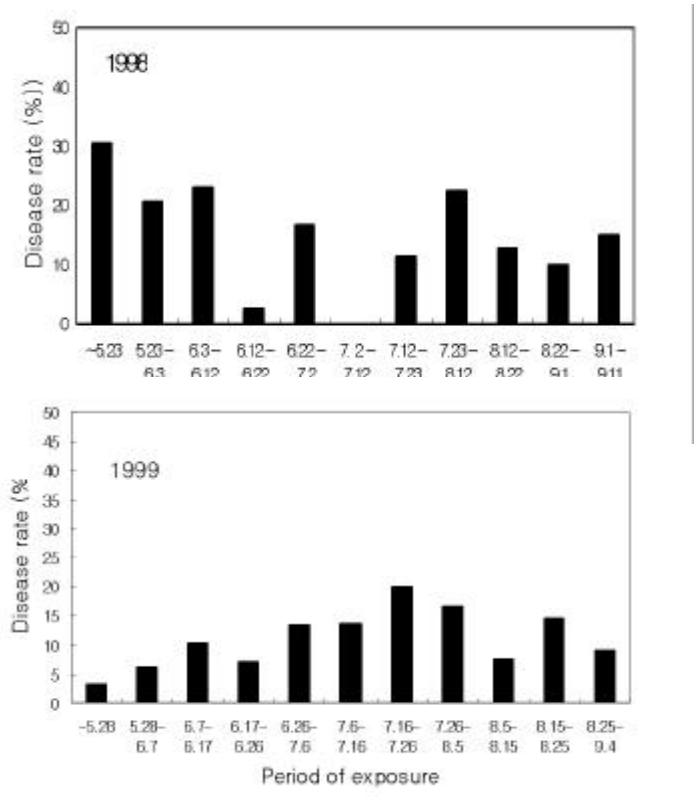
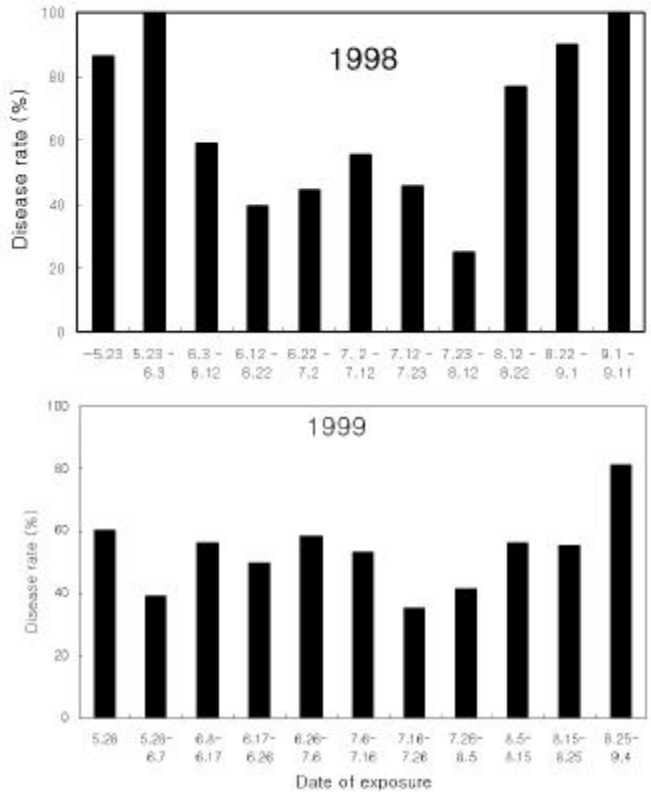


Fig. 7. Seasonal changes in infection rates of Alternaria boich determined by exposure of apples to the natural infection for 10-day interval (1998-2000, Yongchon).

경우가 많으므로 겹무늬썩음병 감염시기 조사와 함께 시기별 감염율을 조사했다. 점무늬낙엽병의 과실 감염율은 그리 높지 않았고 1998년의 경우, 5월 23일에 봉지를 씌우고 10월 상순까지 봉지를 그대로 유지한 과실에서 가장 높은 발병율이 나타났다 (Fig. 7). 이 실험에서는 5월 23일에 조사대상 과실 전부에 봉지를 씌우고 매회 100개씩의 과실을 10일간씩 노출 시켜 감염율을 조사했으므로 봉지를 씌운 후 한번도 봉지를 벗기지 않은 과실에서 발병율이 더 높게 나타난 사실을 설명하기 어려웠다. 다만 위의 겹무늬썩음병의 시기별 감염율을 조사한 실험에서 보는 바와 같이 5월 하순 이후에 겹무늬썩음병에 감염된 과실은 수확전에 거의 낙과되므로 겹무늬썩음병과 함께 중복 감염된 점무늬낙엽병의 병과의 많은 부분이 수확전에 낙과되어 수확후의 조사에서 검출되지 않았을 가능성이 있다. 그러나 Fig. 7의 감염율의 변화 양상을 보면 1998년에는 생육초기에 감염이 많았을 것으로 추정되었다. 그런데 1999년의 경우에는 전년도와는 달리 초기에 감염율이 낮았고 7월 중.하순경에 노출시킨 과실에서 발병율이 가장 높았다. 따라서 점무늬낙엽병의 감염 시기도 연차간에 변동이 매우 큰 것으로 판단되었다.

나. 그을음병 및 그을음점무늬병

그을음병은 5월 23일 봉지 씌우기 이전에도 이미 86.4%가 감염된 것으로 나타났고 5월 23일부터 6월 3일 사이에 노출시킨 과실에서는 100% 감염되었다(Fig. 8). 그을음병에 있어서도 점무늬낙엽병의 경우와 마찬가지로 6월에 노출시킨 과실에서 발병율이 낮아졌다가 8월 하순 이후에 노출시킨 과실에서 다시 증가하는 현상이 나타났다. 이 병에있어서는 생육 후기에 감염에 노출시킨 과실에서 발병과율이 다시 증가했으므로 점무늬낙엽병의 경우처럼 겹무늬썩음병에 의한 낙과에서 원인을 찾을 수 있을 것으로 생각되었다.



Yongchon`.

1999년도에는 발병율이 다소 낮아진 것 이외에 기본적으로 1998년과 비슷한 경향을 보였다. 이 실험에서도 분명한 점은 그을음병도 생육 초기에 감염되며 기상 조건에 따라 생육 후기에도 감염될 수 있는 것으로 밝혀졌다.

제4절 지역적 차이에 따른 병 발생시기의 차이

1. 1998년도

가. 재료 및 방법

경북도내의 지리적 격리상태를 고려하여 8개소에 정점 조사원 (Table 3)을 설정하고 농약의 살포 및 과수원의 관리에 대해서는 일체 간여하지 않고 병 발생상황만 조사했다. 5월 상순 낙화 직후부터 8월 상순까지는 월1회 출장하여 점무늬낙엽병과 갈색무늬병을 조사했고 탄저병과 겹무늬썩음병이 발생하는 8월 중순부터 수확기까지는 월 2회 병 발생 상황을 조사했다. 각 과수원에서 나무의 수세, 위치 등을 고려하여 3주씩의 나무를 선정하고 이들 나무에서의 병 발생 상황을 조사했다.

잎에 발생하는 병의 조사를 위해서 5월 하순에 주당 10개씩의 작은 가지를 선정하고 그 기부에 리본을 메어두고 매월 그 가지에 있어서 총 엽수 및 발병엽의 수를 조사했는데, 매회 조사시 발견된 병반은 유성펜으로 표식 하여 이중으로 계산되지 않도록 했다. 과실에 발생하는 병의 경우, 7월 하순경 3주의 나무에서 100개의 과실을 선정, 빨래집게로 표시해 두고 이들 과실에서의 발병율을 조사했다. 조사대상 과실은 우선 그 시기까지 충해 또는 기계적 상처를 입지 않아야 하고 과실의 착과 위치가 바람 등에 의해 상처를 입을 가능성이 적은 과실을 선정했다.

,

Table 3. 사과 병해 발생 시기 조사를 위한 정점 조사원

과수원	주 소	수령	대목	면적(평)	관리	조사연도
K-3	군위군 소보면	18	M26	4,000	양호	'98-'99
A-2	안동시 임하면	20	M26	7,000	보통	'98-'99
YJ-1	영주시 풍기면	14	M26	4000	보통	'98
YJ-2	영주시 풍기읍	14	M26	6,000	양호	'99
YC-3	영천시 화북면	18	MM106	7,000	양호	'98-'99
U-1	의성군 단촌면	12	M26	6,000	양호	'98
U-4	의성군 점곡면	10	M26	6,700	불량	'98-'99
CS-1	청송군 현서면	25	MM106	3,000	양호	'98-'99
M-1	문경시 영순면	15	MM106	6,000	양호	'98-'99
YE-1	예천군 지보면	28	MM106	2,000	양호	'98-'99

나. 결과 및 고찰

1998년도에는 사상 유례를 보기 어려울 정도로 비가 많았는데 경북 군위 지방에서는 6월에서 8월 사이의 3개월 동안 무려 58일간 비가 내렸다. 사과의 병 발생도 우리 나라에 사과가 재배된 이래 처음이라고 할 정도로 대 발생하여 수확을 포기하는 농가도 많았다.

Table 4. Seasonal incidence of foliar apple diseases in 1998

Site	Localities	Disease incidence observed on the month											
		Rust		Alt. blotch				Marssonina blotch					
		5	6	5	6	7	8	5	6	7	8	9	10
K-3	Kunwee	0.0	0.0	1.1	1.8	3.1	3.9	0.3	1.4	6.3	16.5	19.9	50.0
A-2	Andong	0.0	0.0	0.0	0.0	0.1	0.1	0.1	0.5	2.7	3.7	12.5	20,0
YJ-1	Yongju	0.3	0.3	0.1	1.8	8.0	14.3	0.7	1.6	8.6	73.6	100	100
YC-3	Yongchon	0.0	0.0	0.1	2.0	2.1	3.6	0.0	0.2	0.9	3.0	13.1	13,0
U-1	Uisung	0.0	0.0	0.0	0.1	1.5	1.5	0.0	0.0	0.1	0.1	4.1	25.0
CS-1	Chungsong	1.3	2.8	0.0	0.1	0.5	0.5	0.0	0.5	2.1	4.3	6.6	22,0
M-1	Munkyung	0.2	0.2	1.3	1.9	5.8	7.8	0.0	0.4	15.1	16.9	32.0	32.3
YE-1	Yechon	0.0	0.0	1.3	1.7	5.7	6.4	0.0	0.2	6.3	30,0	42.0	45,0

Table 5. Seasonal incidence of apple fruit diseases in 1998

Site	Localities	Disease rates (%)					
		White rot			Bitter rot		
		8	9	10	8	9	10
K-3	Kunwee	0.2	3.9	21.0	0.0	0.0	0.0
A-2	Andong	0.2	0.4	20.0	0.1	0.0	0.0
YJ-1	Yongju	0.0	22.5	80.0	0.0	0.0	0.0
YC-3	Yongchon	0.4	5.7	45.0	0.0	0.0	0.0
U-1	Uisung	0.0	6.7	13.0	0.0	0.0	0.0
CS-1	Chungsong	0.0	0.3	2.0	0.0	0.0	0.2
M-1	Munkyung	0.0	5.0	20.0	0.0	1.0	0.0
YE-1	Yechon	0.8	3.6	20.0	0.0	0.0	0.0

정점조사원에서도 병 발생이 매우 많았으며 조사농가에 따라 발생정도에 매우 큰 차이가 있었다 (Table 5-6). 갈색무늬병의 발생상황을 보면 영주시의 YJ-1에서는 갈색무늬병이 8월에 이병엽율이 이미 73.6%나 되었고 10월

에는 잎이 거의 떨어졌고 가지의 선단부에 약간의 잎이 남아 있었으나 모두 이병엽이었다 (Table 5). 이에 반해 영천의 YC-3에서는 13.0 ,청송의 CS-1과 의성의 U-1에서는 각각 25.0%와 22.0%의 이병엽을 나타내었다 (Table 5). 겹무늬썩음병에 있어서도 극단적인 사례가 발견되었는데, YJ-1에서는 80.0%로 수확을 포기했고, CS-1에서는 이병과율이 불과 2.0%이었다 (Table 6).

Table 6. 1998년도 정점조사농가의 살균제 살포력

회차	U-1		CS-1		YJ-1		YC-3	
	날짜	살균제	날짜	살균제	날짜	살균제	날짜	살균제
1	4. 4	톱신	4.13	베푸란	4. 5	톱신	4. 초	다코닐
2	4.14	톱신	5.12	시스텐엠	4.14	톱신	5. 중	시스텐M
3	5. 4	시스텐M	5.27	치람	5. 6	시스템M	5. 하	다이센M
4	5.21	다이센M	6.10	안트라콜	5.18	로브랄	6. 초	트리후민
5	6. 6	캡탄	6.21	아미스타	6. 1	안트라콜	6.17	안트라콜
6	6.20	안트라콜, 포리옥신	7. 3	베푸란	6.13	베푸란	6.29	베푸란
7	6.30	베푸란	7.13	홀펫	6.23	캡탄	7. 중	다코닐, 톱신M, 바이코
8	7.13	홀펫, 톱신	7.22	베푸란	7. 4	베푸란	7. 하	벤레이트
9	7.29	베푸란	8. 3	홀펫	7.13	다이센	8. 상	다코닐
10	8.13	실바코	8.13	실바코	7.22	홀펫, 다코닐	8.14	홀펫
11	8.21	베푸란	8.29	호마이	7.28	푸르겐	8.25	캡탄
12	9.10 일경	캡탄			8.10	푸르겐	9. 6	바이코
13					8.22	벤레이트		
14					8.28	바이코		
15					9.10	홀펫		

점무늬낙엽병도 매월 조사했으나 발생량이 미미하여 월별로 정리하지 않고 연간 발병량으로 나타내었으며 탄저병도 극히 적은 양이 발생했다. 이와 같은 갈색무늬병 및 겹무늬썩음병 발생상황의 극단적 양상은 지역적 차이보다

각 농가의 방제체계의 차이에서 유래되는 것으로 생각되어 극단적인 양상을 보이는 농가에서 '98년 일년간 살포력을 입수하여 분석했다

이들 농가의 살균제 살포회수를 보면 병 발생이 가장 많았던 YJ-1이 연간 15회로 가장 많았고, 병 발생이 가장 적었던 CS-1이 11회로 가장 적었는데, 이 농가의 살포력은 이 연구책임자가 '94현장애로 기술개발과제에서 개발한 12회 살포력이었다 (Table 7). 그리고 U-1의 살포력도 이 연구책임자의 12회 살포력을 약간 변형한 것으로 그 골격은 유지되고 있었다. 그런데 YJ-1과 YC-3의 살포력은 거의 원칙이 없고 시기별로 발생하는 병과 약제의 종류가 일치하지 않는 경우가 많았다.

이상과 같이 지역에 따라 또는 과수원에 따른 병 발생의 차이는 각 농가의 방제체계에서의 차이에 의한 것으로 판단되어 방제체계를 통일해두고 병 발생상황을 조사할 필요가 있을 것으로 생각되었다.

2. 1999년도

가. 재료 및 방법

전년도와 같은 지역에서 정점 조사농가를 선정했는데 영주의 YJ-1은 1999년도 봄에 폐원되었으므로 인근 지역에서 YJ-2를 다시 선정했고, 또 의성의 경우도 U-1이 8개 지역을 조사하는 교통로에서 벗어나 있으므로 편의를 위해 점곡면에 U-5를 다시 선정했다. 이들 농가에는 '94현장애로 연구에서 개발한 연간 12회 살포력 (Table 7)을 이행하게 하고 병 조사는 전년도와 같은 방법으로 수행했다.

나. 결과 및 고찰

1999년도는 전년도보다 병 발생이 훨씬 적었으나 관리가 적절치 못한 과수원에서는 여전히 갈색무늬병이 다발 하였고 겹무늬썩음병도 적지 않게 발

생했다. 6월 중순부터 점무늬낙엽병이 산발적으로 발생했으나 거의 문제가 되지 않는 것으로 판단되었고 갈색무늬병은 7월 중순부터 발견되기 시작하여 10월중순의 조사에서 대부분 10%이내였고 U-4에서 11.0이었으나 낙엽까지 이어진 농가는 없었다 (Table 8). 그런데 문경의 M-1에서는 갈색무늬병이 62.5%, 겹무늬썩음병이 28.0%나 발생하였는데(Table 8), 이는 1999년도가 전반적으로 병이 적은 해였지만 살균제의 선정이 적절하지 못하면 병이 많이 발생할 수 있다는 사실을 나타내는 것으로 생각되었다. 실제로 살포체계를 달리한 정점조사농가의 인근에 갈색무늬병 및 겹무늬썩음병이 심하게 발생한 과수원도 산발적으로 관찰되었다.

Table 7. Spray schedule at the fixed survey orchard for apple diseases in 1999.

Ser. No.	Time of application		Fungicides	Target diseases
	Month	Date		
1	Mar.	25 30	Thiophanate-M	Valsa canker
2	Apr.	15 20	Captan	Alternaria blotch, Scab
3	May	10 15	Systhane M	Rust, Scab, Moldy core
4		25 30	Thiram	Alternaria blotch, Sooty blotch
5	Jun.	5 10	Propineb	Alternaria blotch, Marssonina blotch, Sooty blotch, White rot
6		15 20	Azoxystrobin	White rot, Marssonina blotch, Sooty blotch, Alternaria blotch,
7		25 30	Iminoctadine-triacetate	White rot, Marssonina blotch, Alternaria blotch,
8	Jul.	5 10	Folpet	White rot, Marssonina blotch,
9		15 20	Iminoctadine-triacetate	White rot, Marssonina blotch, Alternaria blotch
10		25 30	Folpet	White rot, Marssonina blotch,
11	Aug.	10 15	Tebuconazole	White rot, Marssonina blotch,
12		25 30	Thiram+ thiophanate-M	Marssonina blotch,

1999년도 정점조사농가 중 병 발생율이 낮았던 농가와 특별히 높았던 농가 각각 2개소씩의 연간 실제 실포력을 Table 9 에 나타내었다. YC-3와

CS-1에서는 날짜에 있어서 약간의 차이가 있을 뿐 대체로 표준방제력이 잘 지켜졌으나 YJ-2에서는 임의의 변경이 있었다. 표준 방제력에는 6월 15 20일 살포와 7월 5 10일 살포 중에 한번은 아미스타를 살포하도록 했는데 2

Table 8. Apple disease incidence at the fixed survey site in 1999.

Site	Disease incidence found on the month														
	Rust		Alt. blotch			Mar. blotch				White rot			Bitter rot		
	5	6	6	7	8	7	8	9	10	8	9	10	8	9	10
K-2	0.0	0.0	0.0	0.3.	0.7	0.2	0.9	2.0	3.1	0.0	0.0	0.9	0.0	0.0	1.0
A-2	0.0	0.0	0.2	0.7	0.9	0.2	1.0	3.1	4.3	0.0	0.0	2.0	0.0	1.0	1.0
YJ-2	0.0	0.2	2.7	3.3	12.0	0.0	0.2	4.0	5.2	0.0	1.0	4.0	0.0	0.0	1.0
YC-3	0.0	0.0	0.4	2.3	3.0	0.2	0.2	1.1	1.3	0.0	0.0	1.0	0.0	1.0	1.0
U-5	0.2	1.0	0.7	0.9	2.2	0.0	0.0	5.6	11.0	0.0	0.0	2.0	0.0	0.0	0.0
CS-1	12.3	15.8	0.2	2.5	2.9	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
M-1	0.0	0.4	0.0	0.9	4.3	0.4	13.6	52.4	62.5	2.8	12.6	28.0	1.0	2.0	3.0
YE-1	0.0	0.0	0.2	0.8	1.8	0.2	0.2	0.2	0.2	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0

Alt. blotch : Alternaria blotch ; Mar. blotch : Marssonina blotch

회 모두 홀펫과 지오판을 혼합 살포했다 (Table 9). 그리고 표준 방제력에는 안트라콜은 6월 상순에 1회만 살포하도록 했는데 YJ-2에서는 무려 3회나 살포했다. 문경의 M-1은 실증시험 농가로 선정되었으나 원주가 이를 따르지 않고 임의로 약제를 살포했다. 이 과수원에서는 7월 5일 베푸란 살포 전까지 갈색무늬병에 대한 대책이 매우 약하여 월동 병원균에 의한 제1차감염은 물론 초기의 2차감염까지도 거의 저지하지 못했던 것으로 추정되었다. 그리고 8월9일에 안트라콜과 호마이를 혼합 살포했는데, 호마이는 치람과 지오판의 합제이므로 결국 3종의 약제를 혼합 살포한 것이 된다. 6월 24일과 7월 23일에 푸르겐을 살포했는데, 그 시기의 푸르겐은 점무늬낙엽병 이외에 다른 병에 대한 효과는 거의 기대할 수 없을 것으로 생각되었고, 8월 26일의 바이코는 겹무늬썩음병 방제를 위해서라면 너무 늦은 것으로 생각된다. 그리고 이 과수원에서는 SS 분무기의 속도를 저속 3단으로 했으므로 살포 약량에도

문제가 있었던 것으로 판단되었다. 결국 이 과수원에서는 1999년처럼 병이 적은 해에도 갈색무늬병의 발병엽율이 60%를 넘었고 겹무늬썩음병의 발병과율도 28.0%나 되었다 (Table 8).

Table 9. 1999년도 정점조사농가의 살균제 살포력

회차	YC-3		CS-1		YJ-2		M-1	
	날짜	살균제	날짜	살균제	날짜	살균제	날짜	살균제
1	4. 3	석회유황	4.18	베푸란	3.27	지오판	3.30	석회유황
2	4. 6	지오판	5.14	시스텐엠	4.18	지오판	4.20	지오판
3	5.13	시스텐엠	5.29	치람	5.14	시스텐엠	5.13	시스텐엠
4	5.29	만코지	6.12	안트라콜	5.30	치람	5.26	안트라콜
5	6. 8	안트라콜	6.22	아미스타	6.10	안트라콜	6.9	포리캬탄
6	6.20	아미스타	7. 1	베푸란	6.20	홀펫+지오판	6.12	치람
7	6.30	베푸란	7.11	홀펫	6.30	베푸란	6.24	푸르겐
8	7.11	홀펫	7.19	베푸란	7.11	홀펫+지오판	7. 5	베푸란
9	7.22	베푸란	8. 1	홀펫	7.26	안트라콜	7.23	푸르겐
10	8. 2	홀펫	8.10	실바코	8. 5	베푸란	8. 9	안트라콜 + 호마이
11	8.16	실바코	8.25	푸르겐	8.14	안트라콜	8.16	베푸란
12	8.25	푸르겐			8.25	실바코	8.26	바이코
13	9.13	베푸란			9.10	푸르겐	9. 6	푸르겐

이상과 같이 일부 농가에서는 주어진 방제체계를 지키지 않아 약간의 문제가 있을 수 있으나 병 발생의 시기 및 발생정도가 지역적으로 차이가 있는지를 검토해 보았다.

붉은별무늬병은 어느 지역에서나 발생하는 병해로 알려져 있고 실제로 낙화 직후에 이를 방제하기 위한 약제를 살포하는 것은 거의 공식화되어 있다. 그런데 이번 조사에서 군위군의 K-3, 안동시의 A-2, 영천시의 YC-3 및 예천군의 YE-1에서는 2년간 연속 발생하지 않았다. 물론 각 시군에서 선정된 1개의 농장에서 이 병이 발생하지 않았다고 해서 그 시군 전체에 발생하지

않는 다고 볼 수는 없다. 그러나 각 개별 농가에서 이 병의 발생 유무를 관찰해서 유효 약제 살포여부를 결정해야 할 것으로 생각되었다.

점무늬낙엽병 거의 모든 과수원에서 발생했으며 지역적 차이는 볼 수 없었다. 이 병은 후지 품종의 잎에서는 발생정도가 극히 미미하여 방제체계에서 특별히 고려할 필요는 없을 것으로 판단되었으나 과실 감염은 상품성이 낮아지므로 얼마간의 배려가 필요할 것으로 생각되었으나 이를 방제하기 위해 특별히 살균제를 살포할 필요는 없을 것으로 생각되었다.

1999년도 겹무늬썩음병은 대부분의 과수원에서 9월부터 발병했으나 방제상태가 불량했던 M-1에서는 8월부터 발병했다. 그런데 1998년에는 8개소의 조사지점 중 4개소에서 8월중에 발병이 관찰되었는데, 발병시기에 있어서의 근소한 차이는 지역적 차이보다 연차간의 차이로 생각되다.

1999년도에 탄저병은 8개소의 조사지점 중 6개소에서 발생하여 전년도보다 더 많이 발생했다. 그러나 발병율은 M-1에서 3.0%로 비교적 높게 나타났고 다른 과수원에서는 1.0%로 높지는 않았으나 거의 대부분의 지역에서 고루 발생했다는 점을 본다면 이 병의 발생 추이는 앞으로 지속적으로 관찰할 필요가 있을 것으로 생각되었다. 그러나 발생시기에 있어서 지역간의 차이는 없는 것으로 생각되었다.

이상과 같이 1998년부터 2년간에 걸쳐 경북도내의 주요 사과 재배 지역에서 각종 병해의 발생 상황 및 그 시기를 조사했는데, 붉은별무늬병을 제외하고 다른 병해의 발생여부 및 그 시기는 지역간에 차이가 없는 것으로 나타났다. 따라서 경북도내에는 지역에 따라 방제력을 달리할 필요는 없는 것으로 생각되었다. 이번 조사에서 특히 과거에 검은별무늬병이 상습적으로 발생했던 청송 및 안동 지방에서 그 병의 발생에 대해 세밀히 조사했으나 발견되지 않았다. 따라서 당분간 기상조건이 특별히 변하지 안 그 병의 방제를 위해 미리 살균제를 살포할 필요는 없을 것으로 판단되었다.

제5절 사과 겹무늬썩음병의 잠복감염

사과 겹무늬썩음병은 수확 후 저장 유통기간 중에도 발생하여 적지 않은 피해를 주며 (2, 22) 특히 우리 나라에서는 사과의 유통과정에 cold chain 이 확립되지 않아 유통 과정 중에 발병하는 경우가 많고, 또 소비자들도 사과를 상자단위로 구입할 경우, 상당 부분이 부패하여 상품의 신용이 떨어지게 된다. 또 일부 농가에서는 아직 냉동시설이 없는 일반창고에 과실을 저장하는 경우도 있는데 이러한 경우에는 저장기간 중에 상당량이 겹무늬썩음병의 잠복감염으로 소실된다. 농가에서는 이러한 잠복감염을 막기 위해 수확직전까지 약제를 살포하는 경우가 많다 (32, 33). 이 연구에서는 우선 잠복감염의 실태를 조사하고 약제 살포 방제체계의 차이가 잠복감염율에 어떠한 영향을 주는지 그리고 최종 살포한 살균제의 종류에 따라 잠복감염율이 달라지는지를 조사했다.

1. 잠복감염 실태조사.

가. 재료 및 방법

대구사과연구소 정점조사원 10개소, 경북 능금농업협동조합추천 독농가 8개소, 이 연구책임자의 실증시험 농가 2개소의 1997년산 사과를 한 상자씩 수집하여 25C의 정온실에 4주간 보관하면서 잠복감염율을 조사하였다. 또 이들 농가의 1997년도 연간 살균제 살포력도 동시에 입수하여 잠복감염율과 살균제 살포체계와의 관계를 검토했다.

나. 결과 및 고찰

겹무늬썩음병 잠복감염율은 최저 22.2%, 최고 96.1%로 매우 다양하게 나타났으며 (Table 10), 조사한 20농가의 평균 잠복감염율은 61.8%로 대단히

높았다. 이들 중 대구 사과연구소의 정점조사원 및 실증시험 농가인 12농가는 '97년도 발병율이 조사되어 있는데, 발병율이 낮은 과수원에서 잠복감염율도 대체로 낮은 경향이 있는 것으로 나타났다. 또 이들 농가의 방제력에 나타난 살균제 살포회수와 발병율 또는 잠복감염율과의 관계를 검토했다. 살균제의 살포회수는 가장 많은 농가가 16회였고 가장 적은 농가는 10회였는데, 20농가 중 12 농가가 1회 이상 2종의 살균제를 자가 혼합 살포했다 (Table 10). B-1의 경우 연간 15회 살포했는데 그중 4회를 혼합 살포했고, YJ-3에서는 14회 중 4회를 혼합 살포했다 (Table 10). 이들 농가에서의 살포회수는 비록 14회 또는 15회이지만 농약의 사용량은 18회 또는 19회가 된다. 따라서 살포회수와 잠복감염율간의 관계를 검토하는 데에는 혼합살포회수를 살포회수로 간주하였다. 잠복감염율이 30%이하인 3농가 CS-4, B-1, YD-1의 살포회수는 각각 13회, 19회 그리고 17회였고, 잠복감염율이 90%이상인 YC-3, U-3, YJ-1 및 M-2의 살포회수는 각각 15, 14, 13 및 12회였으므로 살포회수 또는 농약의 사용량과 잠복감염율간에는 일정한 경향이 없었다. 그리고 감염시기가 늦어지면 잠복감염이 될 가능성을 생각해 볼 수 있으나 겹무늬썩음병은 8월 하순이후에는 과실이 저항성이 되므로 감염율이 크게 낮아지는 것으로 알려져 있다. 그러나 조사농가의 살포력에서 최종 살포시기와 잠복감염율과의 관계를 조사한 결과, 잠복감염이 30%이하인 CS-4, B-1, YD-1의 최종 살포일은 9월 30일, 10월 15일 그리고 10월 1일로 대체로 늦게까지 약제를 살포한 것으로 나타났다. 그러나 10월 7일에 최종 살포한 CS-2에서도 잠복감염율이 86.4%나 되어 여기에도 뚜렷한 경향은 보이지 않았다.

다음으로 잠복감염율에 있어서 극단적인 차이를 보인 4농가의 연간 살포력을 비교해 보았다. 잠복감염율이 96.1%인 U-3, 92.5%인 M-2 그리고

Table 10. Latent infection rate of apple white rot found on the apples produced at various sites in Kyungpook Province (1997)

Localities	Farm	Spray freq.	Date final spray	Disease incidence	Latent infection(%)*
Yongchon	YC-1	16(1)**	27, Sep	12.8	63.9
	YC-3	12(3)	13, Sep	11.7	94.8
	YC-5	12(1)	14, Sep	-	43.8
Chungsong	CS-1	14(4)	19, Sep	8.5	76.3
	CS-2	10(3)	7, Oct	4.5	86.4
	CS-3	13(0)	5, Oct	-	63.3
	CS-4	12(1)	30, Sep	-	22.2
Uisung	U-1	13(1)	28, Sep	0.3	44.4
	U-2	14(2)	23, Sep	2.6	53.2
	U-3	14(0)	2 Sep	11.6	96.1
Andong	A-1	10(0)	30, Aug	1.1	68.6
	A-5	11(0)	23, Sep	-	38.2
Bongwha	B-1	15(4)	15, Oct	-	26.4
Youngjoo	YJ-1	13(0)	20, Sep	8.3	90.2
	YJ-3	14(4)	19, Sep	8.5	87.5
	YJ-5	13(2)	12, Sep	-	79.5
Munkyung	M-2	12(0)	20, Sep	-	92.5
Sangjoo	S-1	10(0)	2, Sep	1.0	50.0
	S-2	12(0)	22, Sep	-	32.1
Youngduk	YD-1	15(2)	1, Oct	-	26.4

* Examined by incubating the fruits under 25C for 4 weeks
** Frequency of tank mix

22.5%인 CS-4, 26.4%인 B-1의 살포력을 Table 11에 나타내었다. 잠복감염율이 가장 높았던 U-3의 수확전 발병율이 11.3%로 조사한 매우 높았는데 이 과수원의 방제력에서 눈에 띄는 점은 benzimidazole 계의 살균제를 연간 6회나 살포했다 (Table). 이들 약제는 저항성이 가장 쉽게 발달하는 약제인데 이를 연간 6회나 살포한 것은 매우 적절하지 못한 것으로 판단되

었으며, 이 사실이 대량 감염과 관계가 있을 것으로 추정되었다. 그런데 잠복감염율이 92.5%인 M-2에서는 연간 12회 살포로 약제의 편중이 없으며

Table 11. 1997년도 잠복감염율 조사 농가 살포력

회차	U-3		M-2		CS-4		B-1	
	날짜	살균제	날짜	살균제	날짜	살균제	날짜	살균제
1	4. 2	지오판	4.20	지오판	4.16	지오판	4.22	베푸란
2	4. 13	만코지	5.11	시스텐엠	4.28	베푸란	5.20	시스텐엠
3	4. 23	지오판	5.25	포리캬탄	5.12	시스텐엠	6. 3	만코지
4	5. 2	만코지	6. 7	안트라콜	5.26	푸르겐	6.15	폴리옥신+캬탄
5	5. 15	시스텐엠	6.19	만코지	6.10	만코지	6.28	푸르겐
6	5. 24	푸르겐	7. 3	베푸란	7. 1	베푸란	7. 8	다코닐
7	6. 6	베노밀	7.17	푸르겐	7.18	만코지+바이코	7.18	베푸란
8	6. 17	베푸란	7.31	홀펫	7.24	캬탄	7.29	베노밀+호마이
9	7. 5	베푸란	8.13	만코지	8. 9	베푸란	8. 8	안트라콜
10	7.16	타로닐	8.23	베노밀	8.25	안트라콜	8.18	바이코+캬탄
11	7. 26	바이코	9. 6	바이코	9.10	홀펫	8.29	굳타임+지오판
12	8. 7	베노밀	9.20	다코닐	9.30	베푸란	9. 9	홀펫
13	8. 19	베노밀					9.23	베푸란
14	9. 2	지오판					10.15	베노밀

약제의 선정에 큰 오류는 없는 것으로 생각되었다. 잠복감염율이 22.2%로 매우 낮았던 CS-4에서는 약제의 선정에 한가지 특이한 점은 베푸란을 4회나 살포했다는 점이며 (Table 11), 이 점이 M-2와 다른 것으로 나타났다. 그러나 베푸란 살포회수의 다소가 잠복감염과 관계가 있을 것으로 단정할 수는 없지만 상당히 가능성이 있을 것으로 생각되었다. 그리고 B-1에서는 살포회수가 14회 살균제-살균제 혼합살포 회수가 4회로 농약의 사용량은 18회에 해당되므로 이 농가의 방제력은 더 이상의 분석이 필요 없을 것으로 생각되었다. 이와 같이 잠복감염율은 방제체계의 적절성에 따라

크게 달라졌는데, 이는 결국 감염율 자체가 낮아 졌기 때문인 것으로 생각되었다. 그러나 병원균이 침입 감염되었는데에도 발병하지 않는 현상에 대해서는 다시 여러 가지 측면에서 검토할 필요가 있을 것으로 생각되었다.

2. 잠복감염과 살균제 살포체계와의 상관관계

수확한 과실에서 잠복감염율에 극단적인 차이를 보인 농가의 방제력을 조사한 결과, 잠복감염율은 살균제의 살포회수와는 관련이 없어 보였고 방제력을 구성하는 살균제의 종류 에 따라 차이가 있는 것으로 생각되었다. 그러나 조사대상 과수원이 전혀 별개의 과수원으로 토양, 수령, 관리상태 등의 여러 가지 조건이 다르므로 살포력과 잠복감염의 관계를 증명하기 어려웠다. 이 실험에서는 같은 포장에서 살포력만 달리하여 잠복감염율을 조사했다. 또 살포력 중에서 최종 살포 살균제가 잠복감염율에 미치는 영향에 대해 조사했다.

가. 살균제 살포체계의 차이가 잠복감염율에 미치는 영향

1) 재료 및 방법

농가실증 시험을 위해 작성된 기본 살포력을 약간씩 변형하여 아래의 Table 12와 같이 3종의 살포력을 작성하였는데 겹무늬썩음병의 방제를 위해 필수적인 살포인 6월 하순과 7월 하순의 iminoctadine-triacetate와 8월 중순의 tebuconazole은 고정해두고 5월 하순과 6월 중순 그리고 7월 중순에 살포하는 약제만 약간씩 변형하였다. 이들 3종의 살포력을 각각 3주의 나무에 적용하고 전술한 방법으로 발병율과 잠복감염율을 조사했다.

2) 결과 및 고찰

검정한 3종 방제력의 겹무늬썩음병 최종 방제효과를 Fig. 9에 나타내었는데 사용약제의 근소한 차이에도 방제효과는 물론 잠복감염율에 있어서도 큰 차이가 있었다. Y-1에서는 발병은 전혀 없었고 잠복감염만 4.8%이었는데 반해

7월 12일에 folpet 대신 azoxystrobin이 살포되고 5월 28일과 6월 12일의 propineb과 azoxystrobin이 살포시기를 서로 바꾼 것 이외에 차이가 없는

Table 12. Spray schedules for detecting the effect of fungicidal spray sequence on the latent infection of apple white rot.

Ser. No.	Application Date	Sequence of fungicides		
		Y-1	Y-2	Y-3
1	4. 20	Captan	Captan	Captan
2	5. 8	Systhane M	Systhane M	Systhane M
3	5. 28	Propineb	Azoxystrobin	Azoxystrobin
4	6. 12	Azoxystrobin	Propineb	Fluazinam
5	6. 26	Iminoctadine	Iminoctadine	Iminoctadine
6	7. 12	Folpet	Azoxystrobin	Folpet
7	7. 26	Iminoctadine	Iminoctadine	Iminoctadine
8	8. 10	Tebuconazole	Tebuconazole	Tebuconazole
9	8. 24	Samjinwang*	Samjinwang	Samjinwang

*A combined formula of iminoctadine-triacetate and difenoconazole

Y-2에서는 발병율이 5.3%, 잠복감염율이 17.9%로 현저한 차이가 나타났다 (Fig.). . 또 Y-1과 Y-3을 비교하면 5월 28일 propineb 대신 azoxystrobin이 들어갔고, 6월 12일에는 종류가 다른 fluazinam이 살포되었는데 발병율 및 잠복감염은 역시 큰 차이를 보여 각각 3.2%와 16.0%이었다 (Fig. 9). Y-2와 Y-3에 있어서는 6월 12일과 7월 12일에 각각 다른 살균제가 살포된 것 이외에 차이가 없었는데 잠복감염율은 거의 비슷했으나 발병율에 있어서 5.3%와

3.2%로 약간의 차이가 있었다.

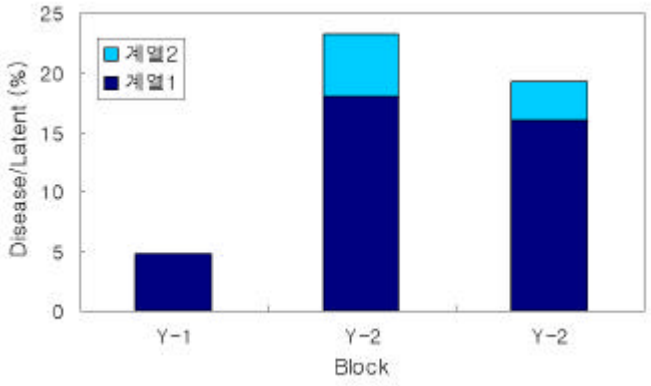


Fig. 9. Effect of spray scheme on the latent infection of apple white rot.

이상과 같이 잠복감염율은 살균제의 살포체계에 따라 크게 달라 졌는데 이는 결국 살포체계의 방제효과의 차이에 기인하는 것으로 생각되었으며 살포력 중의 한 종류의 약제의 차이가 최종 방제효과에는 큰 영향이 있는 것으로 밝혀졌다.

나. 최종 살포 약제가 잠복감염에 미치는 영향

1) 재료 및 방법

가) 사용약제 : 살균제 살포체계에서 최종약제는 8월 하순경인데 이 시기에 살포할 수 있는 5종 살균제, iminoctadine-triacetate, bitertanol, azoxystrobin, dithianone, 삼진왕 (iminoctadine + difenocoazole)을 선정했다.

나) 시험방법

1999년 영천시 신녕면 포장에서 농가실증시험을 위해 작성된 방제력을 운

용하고 8월 하순에 5종의 살균제를 각각 3주씩에 살포하고 전술한 방법으로 발병율과 잠복감염율을 조사했다.

다) 결과 및 고찰

살균제를 연간 10회 살포하는 방제력에서 최종 약제 한 가지를 달리했을 경우, 겹무늬썩음병의 잠복감염율 및 발병율에 있어서의 차이를 조사한 결과 Table 13 에서와 같이 매우 큰 차이가 나타났다.

최종 살균제를 생략한 무처리구에서는 발병율이 2.0%이었고 잠복감염율이 16.6%이었는데, 최종 약제로 iminoctadine-triacetate와 difenoconazole의 합제인 삼진왕을 살포한 구에서는 발병율 0.0% 잠복감염율 4.8%로 가장 우수

Table 13. Effect of last fungicides of the spray scheme on the latent infection of apple white rot

Chemicals	Disease rate (%)	Latent Infection rate (%)	Infection rate (%)
Iminoctadine-triacetate	1.0	6.2	7.2
Azoxystrobin	1.0	14.4	15.4
Bitertanol	1.0	12.1	13.1
Dithianon	4.0	2.0	6.0
Iminoctadine-triacetate + Difenocoazole	0.0	4.8	4.8
Untreated	2.0	16.3	18.3

한 방제효과가 얻어졌고, iminoctadine-triacetate와 dithianon에서도 비교적 높은 방제효과가 얻어졌으나, 침투성이 있는 azoxystrobin과 bitertanol의 효과는 무처리와 큰 차이가 없을 정도로 낮았다 (Table 13). 그런데 전형적 보호살균제인 dithianon에서는 잠복감염율이 2.0%로 삼진왕보다 낮았으나 발병율에 있어서 삼진왕보다 더 높았다. 그런데 이 시기에 침투성이 높은 살균제보다 보호효과가 높은 살균제가 잠복감염을 줄이는데 더 효과적이었다는

점으로 본다면 1999년 9월중의 잦은 강우로 인해 감염이 있었을 것으로 판단되었다. 결국 이 실험에서도 잠복감염율의 높고 낮음은 방제효과의 차이이며 최종 약제의 종류에 따라 잠복감염이 크게 달라지는 것으로 볼 수 있다.

제2장 저농약 방제 체계 개발을 위한 살균제의 선발

사과 겹무늬썩음병은 나뭇가지와 과실 양쪽에 발생하는데, 가지에서는 사마귀가 형성되고 그 속에 자낭포자와 병포자가 형성되며 이들 포자가 과실에 비산, 감염하여 부패를 일으킨다. 이러한 생태적 특성으로 볼 때 겹무늬썩음병은 여러 가지 단계에서 방제가 가능할 것으로 생각되는데, 제1단계로 나뭇가지에서 포자형성을 저해하여 방제할 수 있고, 2단계로는 적절한 코팅제를 사용하여 가지로부터 포자의 비산을 막아 병을 방제할 수 있을 것으로 생각되나 제2단계의 방제는 '94현장애로 과제에서 실용성이 없는 것으로 밝혀졌다 (31). 그리고 제 3단계로 비산된 포자가 과실 표면에 도달하는 것을 막아 병을 방제할 수 있을 것으로 생각되는데 이 방법은 과실 봉지를 이용하는 것으로 이미 실용화되어 있다. 제4단계로는 살균제로 과실표면에 도달한 병원균 포자의 발아를 저해하거나 침입을 저해하는 방법이며 제 5단계도 역시 살균제 중 치료제를 이용하여 이미 침입 정착한 병원균을 살멸하여 병을 방제하는 방법을 생각할 수 있다. 이 연구에서는 제 1, 제4 및 5단계의 방제에 적합한 살균제를 선발했다.

제1절 전염원 밀도 경감에 의한 사과 겹무늬썩음병의 방제

식물 병의 방제에 있어서 전염원의 밀도를 줄이는 방법은 대단히 효율적일 수 있으며, 대부분의 경종적 방제가 전염원의 밀도를 줄이기 위한 조처이

다. 사과 겹무늬썩음병의 과실 감염의 전염원은 외부에서 유래되는 것이 아니고 사과나무 자체에서 형성 비산되므로 적절한 약제만 발견된다면 이를 방제체계에 삽입하면 과실 감염방지와 함께 전염원의 밀도도 조절할 수 있으므로 적은 비용으로 효율적 방제가 가능할 것으로 생각되었다. 이 연구 책임자는 '94현장애로 연구에서 전염원의 밀도를 줄이는 방법으로 사과나무 가지에 polymer로 coating 하는 방법의 개발을 시도 한 바 있는데, 병포자의 비산량을 상당정도 줄일 수 있었으나 실제적인 병 방제까지는 연결되지 못했다 (31). 그러나 이 방법은 여전히 가능성이 있는 것으로 생각되고 나뭇가지를 polymer로 coating하는 방법보다 대단히 간편하므로 사과 생육기간 중 겹무늬썩음병의 전염원이 대량 비산하는 시기에 살포할 수 있는 약제를 중심으로 포자형성 저해효과가 있는 약제를 선발하였다. 또 겹무늬썩음병에 걸린 사과나무 가지에서 사마귀를 채취하여 그로부터 병포자를 반복적으로 형성시킬 수 있는 방법과 포자의 형성량을 정량적으로 평가할 수 있는 방법이 (37, 38)별도의 연구에서 수립되었으므로 그 방법을 이용했다.

1. 겹무늬썩음병의 포자형성을 저해하는 살균제의 선발.

가. 재료 및 방법

1)약제의 선정 : 제1차 실험에는 3종의 benzimidazole계약제, benomyl, cabendazim, thiophanate- methyl 에 대해 검정했고, 2차실험에서는 cabendazim을 포함하여 겹무늬썩음병의 포자분산이 본격화되는 시기에 살포 가능한 약제인 folpet, mancozeb, propineb, iminoctadine-triacetate 및 thiram을 선정했다.

2) 방법

사과나무 가지에 형성된 사마귀를 절취, 조건의 균일화를 위해 사마귀를 증류수 중에서 4시간 진탕하여 병자각내의 포자를 일단 방출시킨 후, 권장

사용농도로 희석한 공시약제에 10분간 침지, 살균수에서 30분간 세척, 사마귀를 filter paper에 치상, 포화습도의 moisture chamber에 3일간 보존한 후, 사마귀 1개당 1ml의 물을 가하고 25C에서 4시간 진탕, 진탕액 1ml을 공경 3.0㎕의 투명 membrane filter로 여과, filter를 aniline blue lactophenol에 염색, filter에 부착한 포자를 현미경 (250X)하에서 계수 했다 (37,38). 일차 포자를 방출시킨 사마귀는 다시 포화습도의 chamber에 보존, 최초의 약제 처리로부터 21일까지 3일 간격으로 포자의 방출과 계수를 반복했다.

나. 결과 및 고찰

실험에 사용한 3종의 benzimidazole계약제 중 cabendazim의 포자 형성 저지효과가 가장 높은 것으로 나타났으며 약제 처리 후 12일까지 포자분산량이 거의 변화가 없었으나 그후 차츰 증가하는 경향이 있었으며, 겹무늬썩음병의 방제에 널리 쓰이고 있는 benomyl은 얼마간의 포자형성 억제 효과가 있었으나 21일 후의 조사에서는 무처리와 거의 차이가 없었고 thiophanate-methyl도 거의 같은 경향을 보였다 (Table 14).

Table 14. Effects of benzimidazole fungicides on the sporulation of *Botryosphaeria dothidea* determined by application of the chemicals to the detached warts

Chemicals	No. of spores released from 1 warts[a]						
	3	6	9	12	15	18	21
Benomyl	715	635	1,012	892	1,004	1,287	1,148
Thiophanate	117	261	378	522	666	581	1,211
Cabendazim	153	157	157	176	418	401	387
Cont.	437	972	1,616	1,299	1,701	1,539	1,084

a Mean of 3 replication

이상과 같이 benzimidazole계약제 중에 cabendazim에서 상당한 정도의

포자형성 억제 효과가 확인되었으나 기대에는 미치지 못했고 약제 처리로부터 시일이 경과할 수록 다시 증가하는 경향이 나타났으므로 전염원의 밀도를 지속적으로 낮추기 위해서는 반복처리가 불가피할 것으로 생각되었다. 당초의 계획에서는 benzimidazole계 살균제에 한정하여 검토할 계획이었으나 이들 약제는 어느 것이나 약제저항성이 쉽게 발달하므로 반복

Table 15. Effects of fungicides on the sporulation of *Botryosphaeria dothidea* determined by application of the chemicals to the detached warts

Chemicals	No. of spores released from 1 warts[a]						
	3	6	9	12	15	18	21
Cabendazim	50	37	38	79	182	158	121
Folpet	328	689	374	483	236	227	348
Iminoctadine	7	2	20	24	32	31	57
Mancozeb	293	96	148	192	79	183	279
Propineb	278	644	504	556	448	590	478
Thiram	367	772	235	321	258	189	223
Cont.	314	599	511	378	442	463	311

a Mean of 3 replication

처리는 곤란할 것으로 생각되어 이 연구에서 앞으로 작성될 방제력에 포함될 가능성이 있는 수종의 살균제에 대해서도 검토했다. 그 결과 cabendazim 보다 iminoctadine-triacetate에서 훨씬 더 높은 포자형성 억제 효과가 검출되었다 (Table 15). Iminoctadine-triacetate는 현재 사과병 방제에 사용되고 있는 약제 중에 겹무늬썩음병 방제효과가 가장 높은 것으로 알려져 있는데 그 방제효과가 포자형성 억제에 의한 것인지에 대해 검토할 필요가 있을 것으로 생각되었다. 그리고 이 실험의 결과에서 매우 흥미로운 점은 propineb이 겹무늬썩음병의 방제에 널리 쓰이고 있으나 이를 처리한 사마귀에서의 포자분산량이 9일까지는 무처리와 거의 비슷했다가 12일 이후에는 오히려 더 많아 졌다는 점이다 (Table 15). 이와 유사한 경

향이 folpet 과 thiram 에서도 볼 수 있었는데 이들 약제는 기본적으로 겹무늬썩음병균의 포자형성과는 무관한 것으로 판단되었다.

2. 포자형성제해제의 포장에서의 효과

가. 실험 방법

기내 실험에서 포자 형성 억제효과가 확인된 iminoctadine 과 cabendazim 그리고 기내 실험에서 포자형성량이 무처리보다 더 많았던 propineb을 나무에 달린 사마귀에 처리하여 포자 형성에 미치는 영향을 조사했다. 제1차 실험은 6월 11일에 시작했는데 사마귀가 다량 형성된 나무를 선정, 권장사용농도로 희석한 3종 약제를 가지에 고루 묻도록 충분히 살포했다. 약제를 처리로부터 10, 15, 20일에 사마귀를 채취할 계획이었으나 강우로 인해 10, 16, 21일에 사마귀를 40개씩 채취했다. 그리고 2차 실험은 7월 10일에 약제를 처리했는데, 1차 실험에서는 비가 온 직후에 사마귀를 채취했으나 2차실험에서는 비가 오기 전에 채취했다. 채취한 사마귀에서의 포자의 분산량의 조사는 위의 기내 실험과 같은 방법으로 수행했다.

나. 결과 및 고찰

과수원에서 나뭇가지에 달린 사마귀에 cabendazim을 위시한 3종 약제를 처리한 결과, 전반적으로 기내 실험에서 볼 수 있었던 강한 포자형성 억제효과는 나타나지 않았으나 대체적 경향은 기내 실험과 유사했다. 즉 iminoctadine의 효과가 가장 높았고 cabendazim도 어느 정도의 억제효과가 있는 것으로 나타났다 (Table 16).

또 propineb에서 10일 이후부터 무처리보다 포자 분산량이 오히려 증가한 현상도 기내 실험과 같은 경향이었다 (Table 16). 그런데 iminoctadine

Table 16. Inhibition of sporulation in *Botryosphaeria dothidea* by the treatment of chemicals on the affected apple stems determined by artificial dispersal of the pycnidia from the warts detached 9 to 22 days after the treatment of the chemicals.

Chemicals	Average number of pycnidia dispersed from 1 wart examined days after chemical treatment					
	1st trial[a]			2nd trial[b]		
	10	16	21	9	13	22
Cabendazim	142	108	140	195	189	294
Iminoctadine	34	59	116	38	112	468
Propineb	321	119	386	203	563	978
Control	568	138	256	815	429	747

a Chemical treatment on 11, Jun. ; b Chemical treatment on 12, Jul

에서는 1,2차 실험 공히 10일까지는 포자의 분산량이 90% 이상 감소되었고 15일경까지도 1차실험에서는 57.2%, 2차 실험에서는 73.8%가 감소되었으므로 전염원 밀도를 줄이는 목적에도 이용 가능할 것으로 생각되었다 (Table 16). 그런데 iminoctadine은 겹무늬썩음병은 물론, 점무늬낙엽병과 갈색무늬병에 대해서도 높은 방제효과가 있으므로 앞으로 살포회수를 줄인 방제력에는 최소한 2회 정도는 포함 될 것이 예상되므로 이 연구에서 추구하는 목적을 위해 별도로 살포할 필요는 없을 것으로 생각된다. 따라서 전염원 밀도를 줄이기 위한 연구는 더 이상 수행할 필요가 없을 것으로 판단되었다.

제2절 겹무늬썩음병 방제를 위한 보호살균제의 선발

살균제의 살포회수를 줄이기 위해서는 살포간격을 늘려야하는데 현재 대부분의 보호살균제의 정상 살포 간격은 10일로 되어 있다. 이를 15일 또는 그 이상으로 늘리기 위해서는 보호살균제에서도 어느 정도의 치료효과가 요구된다. 특히 사과 겹무늬썩음병균은 주로 과점을 통해서 감염되며 침입한 병원균은 과점 주변의 조직에서 제한적으로 증식하고 사과가 성숙기에 들어간 후에 과육조직으로 침입하여 발병한다는 사실이 '94 현장애로 연구에서 밝힌 바 있다(31). 그런데 과점을 구성하는 조직은 죽은 조직이므로 비록 침투이행성이 없는 약제라도 과점 조직으로는 쉽게 침투할 수 있을 것으로 생각되었다. 따라서 보호살균제의 겹무늬썩음병의 방제효과는 균사상태의 병원균의 살멸 효과에 기인할 수 있을 것으로 생각되었다. 따라서 이 실험은 두 가지 방법으로 추진했다. 우선 실내 실험으로 이들 약제의 병원균 생육 억제효과를 포자상태와 균사상태에서 검정하고, 그 결과에 의거하여 약제를 선발, 실제 과수원에서 치료효과와 보호효과를 3년간에 걸쳐 검정했다.

1. 살균제의 겹무늬썩음병에 대한 in vitro 작용양상

가. 재료 및 방법

1) 공시약제 : 겹무늬썩음병 방제에 사용빈도가 높은 약제를 위주로 했으며 thiram 과 iprodion은 겹무늬썩음병 방제약제로는 등록되어 있지 않으나 재배기간 중에 점무늬낙엽병의 방제를 위해 살포할 필요가 있을 것으로 생각되어 이들 약제를 추가했다. 이 실험에 사용한 약제에 관한 일방 사항은 Table 17과 같다.

2) 실험방법

Water agar disc (직경 5mm)에 겹무늬썩음병 포자 현탁액을 접종, 1시간 및 6시간 경과시킨 후, 권장 살포농도로 희석한 약액에 disc를 30분간 침

지한 후, 1시간 동안 다량의 살균수로 세척, PDA상에 치상, 균사의 발육 상황을 1일 간격으로 조사했다. 접종 1시간후의 포자의 상태는 소수의 포자에 격막이 형성된 정도이며 발아한 포자는 없었고 12시간 후가 되면 포자가 발아하여 발아관이 길게 자란 상태가 되었다.

Table 17. Details of fungicides used in this experiment

Fungicides	Commercial name	a.i.(%) and type	Recommended dilution (X)
Mancozeb	Dithane M-45	75WP	2,000
Iminoctadine-triacetate	Befran	25LC	1,000
Iprodion	이프로	50WP	1,176
Folpet	Folpet	50WP	500
Thiram	쓸마네	80WP	500
Propineb	Antracol	70WP	2,000
Benomyl	Benlate	50WP	1,538
Cabendazim	가벤다	60WP	1,000

나. 결과 및 고찰

약제에 따라 균 발육 억제 효과가 매우 다양하게 나타났는데 (Table 18), mancozeb 과 iminoctadine은 포자의 발아 및 균사의 생육 양쪽을 모두 저해했고 folpet은 발아전의 포자에는 거의 영향이 없었으나 균사의 발육은 매우 강하게 억제했다. 또 thiram은 folpet과는 정반대로 포자상태에서 강한 항균작용을 나타내었고 균사상태에서는 항균효과가 거의 없었다. propineb 의 경우도 포자상태보다 균사상태에 항균효과가 높았으나 그 정도는 그리 높지 않았다. benzimidazole계 약제인 cabendazim 의 효과가 겹무늬썩음병의 방제에 널리 쓰이고 있는 benomyl 보다 오히려 높았다.

Table 18. Inhibitory effect of the chemicals against *Botryosphaeria dothidea* when treated at the state of spore and that of mycelia

Chemicals	Colony diameter (mm) observed on the days					
	Spore			Mycelia		
	2	3	4	2	3	4
Mancozeb	0	0	0	0	0	0
Iminoctadine	0	0	0	0	0	0
Iprodione	20.8	37.5	57.0	21.1	35.6	58.2
Folpet	18.6	30.2	52.8	0	0	6.5
Thiram	0	0	0	14.6	28.2	40.5
Propineb	22.6	41.3	68.9	0	12.9	22.9
Benomyl	14.3	27.2	52.1	25.7	46.2	66.4
Cabendazim	0	0	14.6	0	0	14.9
Control	23.0	64.5	80.7	25.4	52.6	71.8

2. 보호살균제의 사과 생육시기별 겹무늬썩음병 방제효과

약제의 살포회수를 줄이기 위해서는 살포 간격을 늘리고 최종 살포시기를 앞당겨야 하는데, 현재의 관행은 낙화 직후부터 10일 간격으로 9월 중.하순까지 살포하고 있다. 이 연구에서는 살포간격을 15일로 늘릴 경우 경제적으로 타당성이 있는 약제의 선정을 위한 실험을 수행했다.

1. 재료 및 방법

가 공시약제의 선정

1) 1997년

이 실험은 겹무늬썩음병에 대한 보호효과와 치료효과를 검정하는 것이 목적이므로 그에 합당한 약제로 포자상태와 균사상태에서 모두 강한 항균작용을 나타낸 mancozeb, iminoctadine- triacetate, 균사상태에서 강한 항균효과를 나타낸 folpet, 그리고 양쪽에서 그리 높은 항균효과가 없음에도 불구하고 겹무늬썩음병 방제약제로 널리 쓰이고 있는 propineb과 benomyl

을 선정했다. 또 in vitro에서 항균효과를 검정하지 않았으나 새로운 유형의 살균제로 겹무늬썩음병 방제약제로 출시된 azoxystrobin을 선정했다.

2) 1998년

1차년도에 공시한 6종 약제 중에 비교적 방제효과가 낮았던 benomyl을 제외하고 mancozen, propineb, folpet, iminoctadine-triacetate 및 azoxystrobin의 5종 약제에 대한 실험을 수행했다.

3) 1999년

2년간의 실험 결과에 의하면 살포간격을 15일로 늘릴 경우에 사용 가능한 약제는 azoxystrobin, iminoctadine, folpet의 3종뿐이었으므로 3차년도에는 이들 3종의 치료 및 보호효과를 재확인하고 또 약제의 선택 폭을 넓히기 위해 dithianon과 iminoctadine-triacetate와 difenocoazole 의 합제인 삼진왕을 추가하였다.

나 실험방법

1) 1997년

영천시 신령면 M26대목 후지 품종 11년생이 식재된 농가 과수원을 임차하여 실험했는데, 과수원의 관리상태는 대체로 불량하고 사과나무 가지에 겹무늬썩음병의 감염에 의해 다량의 사마귀가 형성되어 있었으므로 이 실험을 위해서는 대체로 적절한 과수원으로 판단되었다. 실험 개시일인 6월 12일 이전까지 통상적 방제를 수행했다. 즉 5월 6일에 시스텐엠, 5월 18일에 thiram, 5월 30일에는 mancozeb을 살포했다. 나무의 착과 상태에 따라 8 12주의 나무가 하나의 구가 되도록 7개의 구로 분할하고, 각 구에는 같은 약제를 6월 12일부터 7월 29일까지 기본적으로 15일 간격으로 4회 살포하고 8월 13일에는 tebuconazole을 전면 살포했다. 매회 약제 살포 직전에 한 구당 100개의 과실에 봉지를 씌우고 약액이 건조한 후 다시 100개의 과실에 봉지

를 씌웠다. 약제 살포직전에 봉지를 씌운 과실로는 직전에 살포된 각 약제의 보호효과를 검정하고 약제 살포직후 봉지를 씌운 과실로는 치료효과를 검정한다. 무처리구에서는 매회 100개씩의 봉지를 씌워 그 시점까지의 누적 감염율을 구하였다. 그리고 이 실험에서 약제의 살포 간격을 15일로 한 것은 이 연구에서는 약제의 살포 간격을 늘려서 살포회수를 줄이는 방법을 검토하고 있으므로 15일 간격으로 살포해도 병 방제효과가 충분한 약제를 선발해야 하기 때문이다.

이상과 같은 처리를 한 후 8월 중순경부터 매주 1회씩 발병과를 조사했는데, 봉지 체로 땅에 떨어진 사과가 겹무늬썩음병에 의한 낙과인지의 여부를 조사했다. 10월 상순에는 상법에 따라 2단계로 봉지를 제거했는데 이때에는 봉지를 씌운 사과 전부에 약제살포일자, 약제살포 전 및 후를 표시한 라벨을 달았다. 봉지를 제거한 후에도 수확 시까지 주 1회 발병과의 수를 조사했고 수확후에는 잠복감염율을 조사하기 위해 외견상 건전한 사과는 전부 난자박스에 포장하여 25C정온실에 4주간 보존하면서 주 1회 겹무늬썩음병의 발병과를 조사했다. 이처럼 수확후 4주간 가온하면 겹무늬썩음병균이 감염된 사과는 거의 모두 발병하게 되므로 그 발병율에 수확전 발병율을 더하면 감염율을 구할 수 있었다.

2) 1998년

대구시 산격동 소재 경북대학교 농과대학 부속농장에서 실험했는데, 이 과수원에는 M26후지 12년생이 재식되어 있었고 과수원의 관리상태는 매우 양호하였으며 특히 질소 비료의 시비량을 극단적을 제한하고 있었다. 1998년도에는 한 약제당 10-11주의 나무를 배정하고 6월 13일부터 8월 14일까지 15일 간격으로 5회 약제를 살포했으며, 매회 약제 살포시 보호효과와 치료효과를 검정하기 위한 봉지 씌우기 및 발병율 조사는 전년도와 같은 방법으로 수행했다.

3) 1999년

1999년에는 다시 경북 영천시 신령면에 위치한 농가포장에서 시험을 수행하였으며, 6월 12일부터 8월 24일까지 15일 간격으로 6회에 걸쳐 약제를 살포했다. 그런데 전 2년간의 실험에서는 8월 중.하순에 침투성 살균제인 tebuconazole을 살포했는데, 그 약제가 실험 결과에 영향을 미칠 가능성이 있을 것으로 생각되어 '99년의 실험에서는 검정대상 약제를 1회 더 살포했다. 봉지 씌우기 및 발병 조사는 전년도와 같은 방법으로 수행했다.

다. 결과 및 고찰

1) 1997년

사과 겹무늬썩음병에 있어서 병포자의 분산 및 감염을 위해서는 강우가 필수요건인데, 이 실험을 수행한 6월 12일부터 8월 13일간의 단위 기간별 강수일수 및 강수량을 Table 19에 나타내었고, 그 기간 중 살균제 무처리 과실에서의 시기별 감염율 Fig. 10 에 나타내었다.

Table 19. Weather status during experimental periods (Taegu, 1997)

Periods	Average temp(°C)	Precipitation (㎜)	No. of rainy days
12, Jun. - 28, Jun.	22.3	140.0	4
28, Jun. - 14, Jul.	24.5	247.0	7
14, Jul. - 29, Jul.	24.9	138.0	4
29, Jul. - 13, Aug.	25.0	220.5	7

6월 12일에서 28일 그리고 6월 28일에서 7월 14일의 두 단위기간의 강수일수 및 강수량을 비교해 보면 후자의 기간 에서 강수일수도 3일 더 많고 강수량도 107mm나 더 많았으나(Table 19) 감염 증가율은 거의 비슷했는데 (Fig. 10), 이는 그 시기까지 이미 모든 과실이 감염되었기 때문인 것으로 생

각되었다. 무처리 과실에서는 6월 12일까지 이미 32.1%가 감염되어 있었고, 6월 28일까지 60.8%, 7월 14일에는 98.4%로 거의 모든 사과가 감염되었으므로 (Fig. 10) 그 이후의 감염 증가 양상은 알 수 없었다.

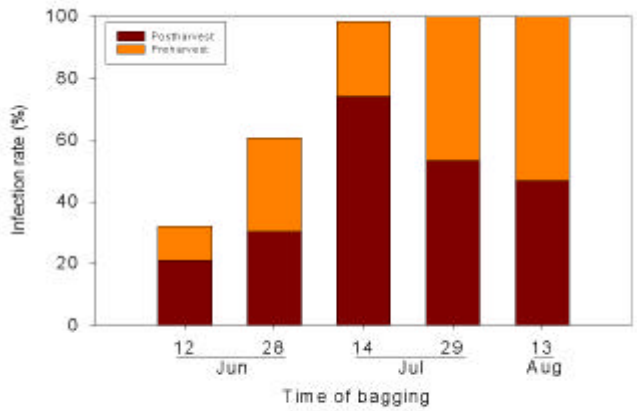


Fig. 5. Accumulative infection rate of apple white rot determined by bagging of the fruits periodically in 1997

그런데 약제 살포구에서의 감염율도 무처리에 비해서 다소 낮기는 하지만 증가 양상은 거의 비슷하므로 약제 살포구에서의 감염율 증가 양상으로 7월 14일 이후의 감염 소장양상을 추정 할 수 있었다.

약제 살포구에서의 단위기간내의 감염율의 증가는 매 시기 약제살포 직후에 봉지를 씌운 과실에서의 발병율과 15일 후의 살포 직전에 봉지를 씌운 과실에서의 발병율의 차이로 표현되는데, 이는 각 약제의 단위 기간 중의 보호효과를 나타내기도 한다. 약제살포구 에서도 6월 12일에서 7월 14일 사이에는 감염율이 대체로 급격히 증가했고 7월 14일에서 7월 29일 사이에는 감염을 유도하기에 충분한 강우가 있었으나 감염율이 대체로 줄어지는 경향을 보였다. 또 7월 29일과 8월 13일 사이에서는 7일 에 걸쳐 220.5mm의 강우가 있었음에도 (Table 19) 불구하고 azoxystrobin 과 folpet에서 약간의 증

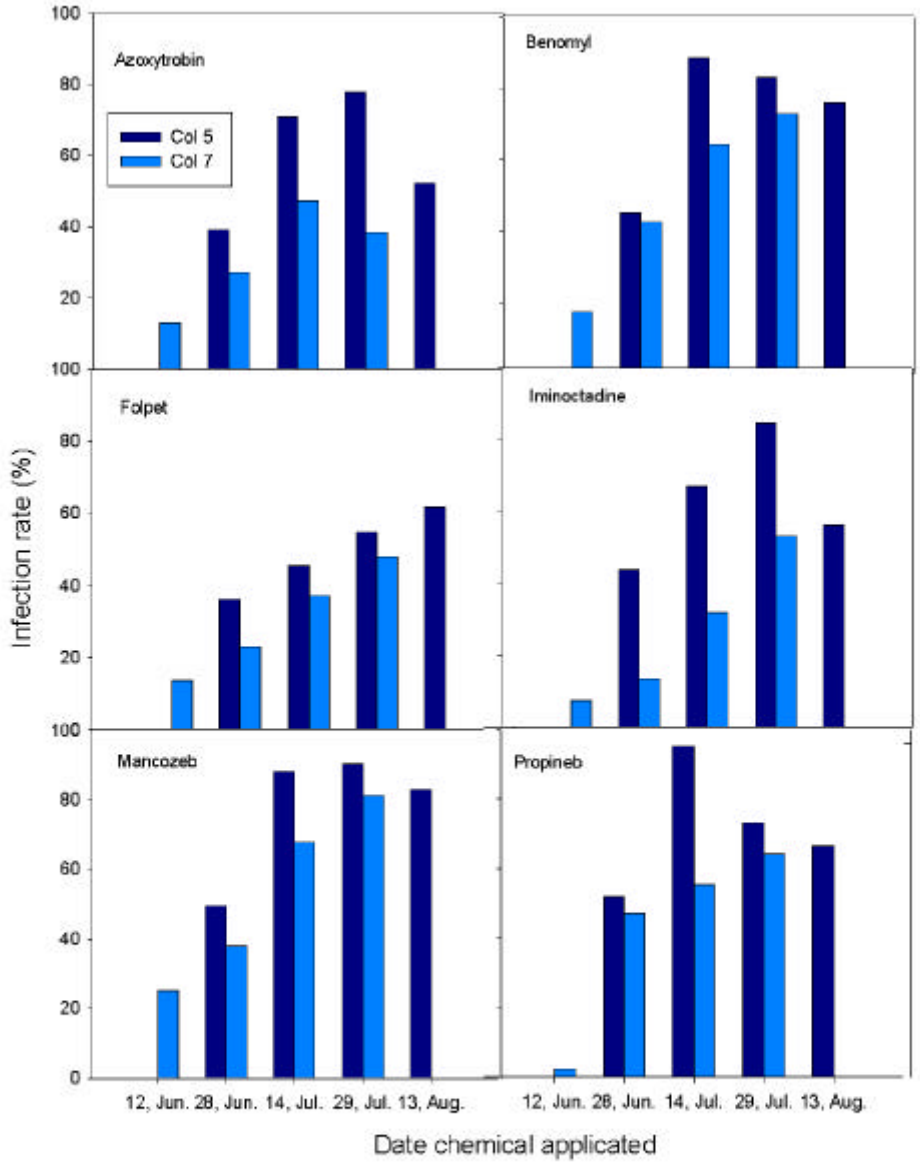


Fig. 11. Protective and eradicative efficacy of selected fungicides applied with 15-day intervals against apple white rot determined by bagging of the fruits just prior to or after chemical application.

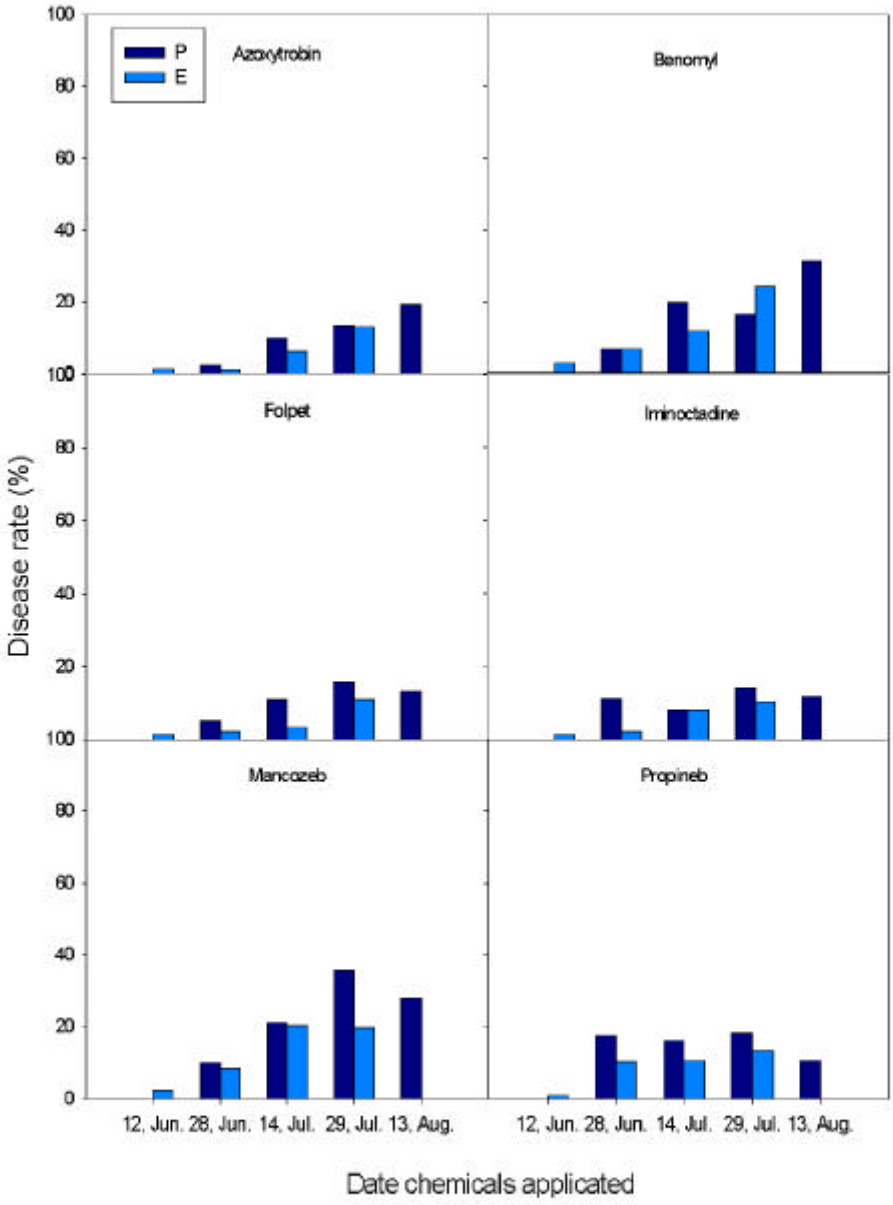


Fig. 12. Effect of selected fungicides applied with 15-day intervals on the disease incidence of apple white rot determined by bagging of the fruits just prior to or after chemical application.

가를 보인 것 이외에 타 약제에서는 거의 변화가 없었으므로 이 시기에 즈음하여 겹무늬썩음병의 감염이 거의 종료되는 것으로 판단되었다. 약제 살포 직전 및 직후에 봉지를 씌운 과실에서의 감염율을 Fig. 11 에 나타내었고 Fig. 12 에는 이들 감염과실 중 수확전에 발병한 발병율을 나타내었는데, 겹무늬썩음병에 있어서 수확전에 발병하는 과실은 전체 감염 과실의 일부분에 지나지 않았고 그 비율은 약제간에 상당한 차이가 있었다.

또 약제 살포 직후에 봉지를 씌운 과실에서의 감염율이 살포직전에 봉지를 씌운 과실에서의 감염율보다 크게 낮았는데, 이는 침투성이 없는 iminoctadine, mancozeb, folpet, propineb 및 azoxystrobin까지도 겹무늬썩음병에 대해 치료효과를 나타내었기 때문인 것으로 판단되었고, 그 효과가 가장 두드러진 약제는 azoxystrobin과 iminoctadine의 두 약제였으며, mancozeb, benomyl 및 propineb에서는 치료효과가 대체로 낮은 것으로 나타났다(Fig. 11).

각 약제의 단위 기간별 보호효과는 약제에 따라 그리고 살포시기에 따라 매우 다양하게 나타났으나 집중감염기인 6월 12일부터 7월 14일 사이에 보호효과가 가장 높은 약제는 folpet이었고, 보호효과가 가장 낮은 약제는 propineb이었다(Fig. 11). 그 외의 약제의 보호효과는 거의 비슷하였으며, 이 병에 대해 매우 높은 방제효과를 나타내는 것으로 알려져 있는 iminoctadine의 보호효과는 이외로 낮았으므로 이 약제의 겹무늬썩음병 방제효과의 주체는 치료효과인 것으로 생각되었다.

이상의 결과에 의하면 이 실험에서 사용한 6약제 중 겹무늬썩음병 접종감염기인 6월중순에서 7월 하순까지 15일 간격으로 살포하는 방제력에 사용할 수 있는 약제는 azoxystrobin, iminoctadine 및 folpet의 3종뿐이며, propineb은 6월 12일의 살포에서 높은 치료효과를 나타내었으므로 겹무늬썩음병의 감염이 본격화하기 이전에 제한적으로 사용할 수 있을 것으로 생각

되었다. Iminoctadine은 보호효과는 높지 않았으나 전 기간 동안 높은 치료효과를 나타내었고 folpet은 치료효과는 낮았으나 높은 보호효과로 인해 전 기간 동안 비교적 낮은 수준의 감염율이 유지되었다. 그리고 azoxystrobin은 치료효과가 대체로 높았고 특히 7월 하순에는 타 약제 보다 훨씬 높은 치료효과를 나타내었다.

2) 1998년

1998년은 유난히 비가 많은 해로 이 실험에서 농약의 처리가 시작된 5월 28일부터 농약처리가 종료된 8월 13일까지 77일 동안 46일간 비가 내렸고 특히 7월 14일에서 28일 사이에는 14일 중 12일간 비가 내렸고 7월 29일에서 8월 13일 사이의 15일간에 13일간 비가 내리는 극단적인 양상을 보였다 (Table 20). 또 이 기간 중의 평균기온 또한 24.9℃로 포자의 분산 및 감염을

Table 20. Weather status during experimental periods (Taegu 1998)

Periods	Average temp(℃)	Precipitation(㎜)	No. of rainy days
28, May - 12, Jun.	21.5	39.5	6
13, Jun. - 28, Jun.	24.2	166.0	8
29, Jun. - 13, Jul.	26.1	86.5	7
14, Jul. - 28, Jul.	24.4	143.5	12
29, Jul. - 13, Aug.	28.2	241.5	13

위한 필요충분 조건이 갖추어진 것으로 판단되었다. 그럼에도 불구하고 무처리에서 8월 13일까지의 누적 감염률은 50.3%로 그중 20.9%가 수확전에 발병하는 정도였는데 이는 이 실험을 수행한 경북대학교 농과대학 부속농장에서는 나무의 건강 상태가 매우 좋고 특히 질소비료의 시용량이 극히 제한되어 성분량으로 10a당 7Kg에 불과했기 때문인 것으로 추정되었다. 그러나

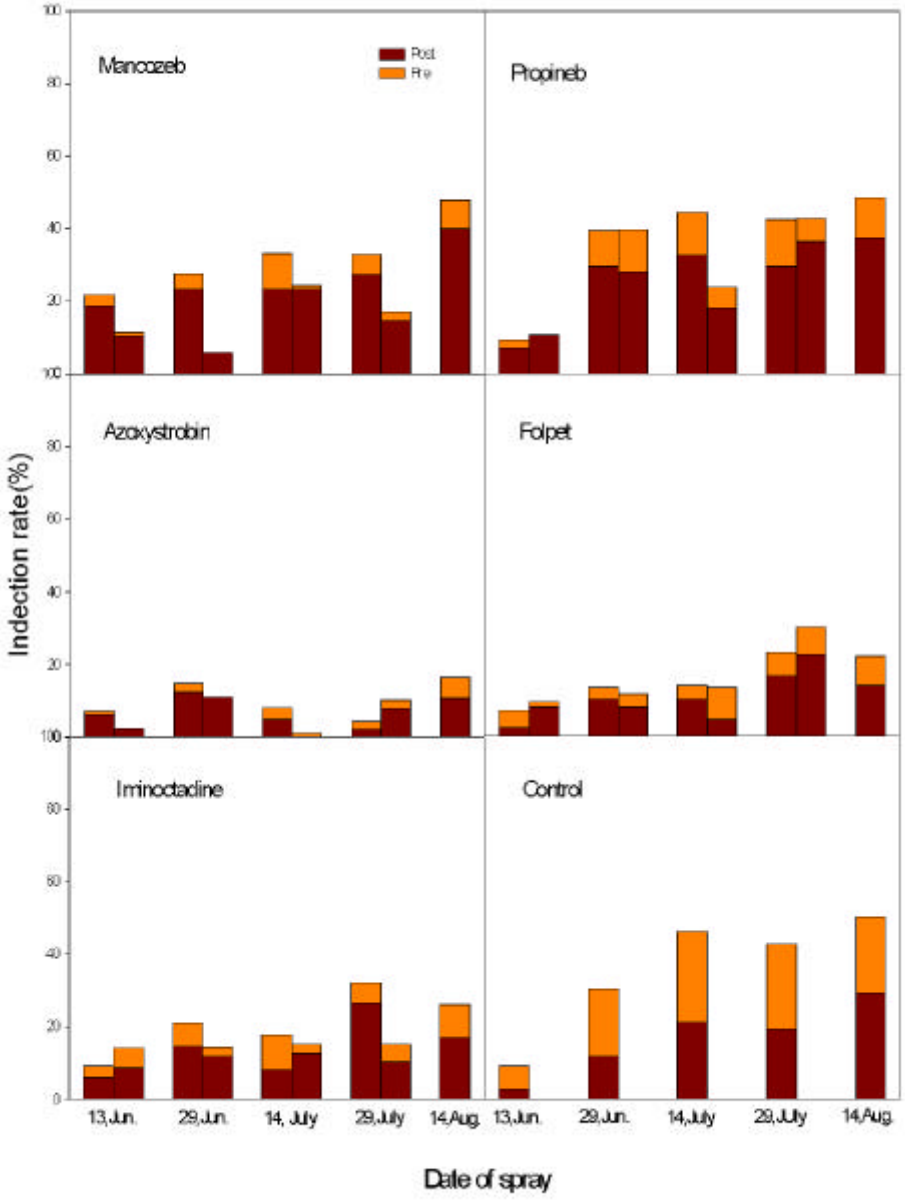


Fig. 13. Protective and curative efficacy of selected fungicides treated with 15-day intervals against apple white rot determined by bagging of the fruits just prior to and after fungicides application (Taegu, 1998).

그 정도의 감염율로도 살균제의 효능에 관한 실험에는 큰 문제가 없는 것으로 판단되었다.

이 실험에 공시한 각 살균제의 겹무늬썩음병에 대한 보호 및 치료효과를 발병율과 잠복감염율로 나누어 Fig. 13에 나타내었다. 이 실험에서도 전년도의 실험에서와 마찬가지로 공시한 5종의 살균제가 어느 것이나 기본적으로 보호살균제이면서 치료효과를 나타내었는데, 그 정도는 살균제의 종류에 따라 큰 차이가 있었다. 특히 치료효과가 뚜렷한 것은 mancozeb, azoxystrobin 및 iminoctadine-triacetate 의 3종이었고 치료효과는 특히 수확전 발병율에 있어서 더욱 뚜렷하였다 (Fig. 13). 그런데 mancozeb은 1997년도의 실험에서는 뚜렷하다 치료효과가 없었으나 '98년도의 실험에서는 치료효과가 비교적 높게 나타난 것이 전년도와 달랐다(Fig.13). 또 보호효과는 azoxystrobin과 folpet에서 높게 나타났다 (Fig.13). 따라서 azoxystrobin은 치료효과와 보호효과 양쪽 모두가 높은 약제로 나타났고 iminoctadine은 치료효과는 높았지만 보호효과는 그리 높지 못했고 folpet은 치료효과는 낮았지만 보호효과가 높아 전체적 방제효과는 매우 높은 약제로 나타났다. 그런데 사과원의 기본 살균제로 널리 쓰여온 mancozeb은 겹무늬썩음병에 대한 치료효과가 비교적 높은 것으로 나타났으나 보호효과는 비교적 낮은 것으로 나타났는데 이는 종래의 일반적 관념과는 정 반대 현상이었다.

이처럼 mancozeb은 매회 살포에 의해 감염율 및 발병율이 낮아졌으나 보호효과가 낮아 다음 살포 시까지 다시 증가하였으므로 결국 증가와 감소가 거의 같은 형태로 반복되었고 8월 14일에 봉지를 씌운 과실에서의 감염율은 47.9%로 무처리의 50.3%와 큰 차이가 없었다 (Fig.13). 그러나 발병율에 있어서는 무처리의 20.9%에 비해 7.9%로 다른 약제와 큰 차이가 없었다.

한편 propineb에서는 치료효과는 거의 없었고 6월 29일 처리부터 계속 높은 감염 상태가 유지되어 무처리와 거의 비슷한 양상을 보였다(Fig. 13). 또

이 결과와 기상 조건과의 관계를 보면 7월 14일에서 28일까지의 가간 중에 12일간 143.5mm의 강우가 있었는데 (Table 20) 이러한 조건에서도 azoxystrobin과 folpet은 높은 보호효과가 유지되었다. 그리고 7월 29일부터 8월 13일까지의 기간 중에도 13일간 241.5mm의 강우가 있었는데 (Table 20) 이 기간 중에도 이들 두 약제에 있어서 감염율에는 큰 변화가 없었으나 발병율에 있어서는 다른 약제와 거의 차이가 없을 정도로 높아졌다(Fig. 13). 이처럼 이들 두 약제는 극단적 잦은 강우 조건에서도 비교적 안정적인 방제효과를 나타내었고 iminoctadine-triacetate도 높은 치료효과와 비교적 높은 보호효과를 나타내었으므로 겹무늬썩음병 방제제로 유용성이 매우 높은 것으로 판단되었다.

3) 1999년

한편 1999년도에는 전년도의 실험에서 유용성이 높을 것으로 판단된 azoxystrobin, folpet, iminoctadine의 3종을 대조약제로 하고 dithianone 과 iminoctadine triacetate와 difenoconazole의 합제인 삼진왕 (상표명)의 겹무늬썩음병에 대한 보호 및 치료효과를 전년도와 같은 방법으로 검정했다. 그런데 실험 시작 시기는 전년도와 거의 같은 6월 12일이었으나 나무의 상태가 전년도와는 매우 달랐다. 1999년도의 실험포장은 영천시에 위치한 농가포장으로 대목의 종류 및 수령은 전년도의 경북대학교 과수원과 차이가 거의 없었으나 축산 부산물이 다량으로 시여 되었고 질소의 시비량도 경북대학교 과수원에 비해 약 3배나 되었다. 그리고 시험기간 중의 기상 조건을 보면 1999년도는 전년도에 비해 강우일수 및 강수량이 월등히 적었다 (Table 21). 그럼에도 불구하고 무처리에서의 감염율 및 발병율은 전년도보다 훨씬 높아 8월 13일까지의 누적 감염율이92.6%나 되었고 그중 66.3%가 수확전에 발병하였다 (Fig. 14).

Table 21. Weather status during experimental periods (Yongchon 1999)

Periods	Average temp(℃)	Precipitation (㎜)	No. of rainy days
28, May - 11, Jun.	20.9	9.0	2
12, Jun. - 25, Jun.	22.4	205.5	6
26, Jun. - 10, Jul.	22.1	75.0	5
11, Jul. - 27, Jul.	24.7	113.5	8
28, Jul. - 9, Aug.	25.7	92.5	10
10, Aug. - 24, Aug.	25.1	80.5	5

1998년도 실험에서 치료효과가 높았던 azoxystrobin과 iminoctadine에서는 감염율과 발병율에 있어서 전년도 보다 다소 높게 나타났지만 약제 살포 후 치료효과가 여전히 높은 것으로 나타났다. 특히 7월 26일 이후 약제 살포 전의 감염율이 azoxystrobin의 경우 32.1%에서 약제 살포 후 14.3%, 8월 10일에는 55.5%에서 15.0%로 낮아지므로 약제 살포 후 치료효과가 여전히 뛰어난 약제로 생각되었다. 또한 iminoctadine은 7월 26일 처리를 제외하고 전 기간에 걸쳐 높은 치료효과를 보였고 수확전 발병 억제효과는 여전히 높았으나(Fig. 14) 잠복감염 억제효과는 비교적 낮았는데 이는 전년도의 결과와 거의 비슷한 것으로 판단되었다 (Fig. 14). 그런데 azoxystrobin의 보호효과 면에 있어서는 전년도와 달라 1999년도에는 그리 높지 못했다 (Fig. 14). 홀펫은 전년도와 마찬가지로 높은 보호효과를 나타내었고 그에 비해 치료효과는 여전히 매우 낮은 것으로 나타났다 (Fig. 14).

새로 추가된 두 약제 중 dithianon은 7월 26일의 처리까지는 비교적 높은 보호효과를 나타내었으나 그후 보호효과가 낮아졌고 치료효과는 전반적으로 매우 불안정한 것으로 판단되었다 (Fig.14). 한편 iminoctadine과 difenoconazole의 합제인 삼진왕은 과실의 전 생육기간 동안 사과 겹무늬썩음병에 대해 높은 보호효과 및 치료효과를 보였다.

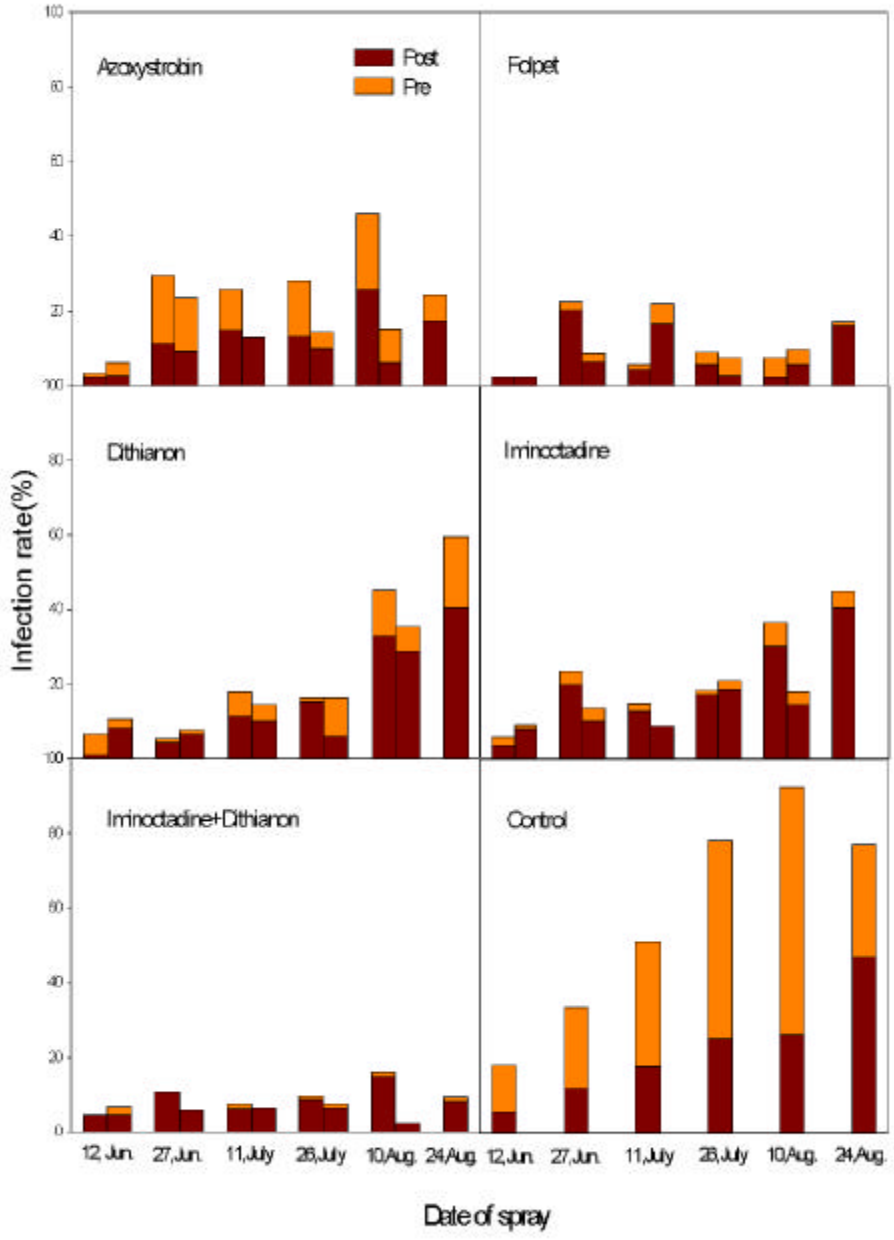


Fig 14. Protective and curative effect of selected fungicides treated with 15-day intervals against apple white rot determined by bagging of the fruits just prior to and after fungicides application (Yongchon, 1999).

그런데 1998년도 실험에서 매우 특이적인 현상은 6월 12일의 처리에서 홀펫을 제외하고 4종의 살균제 모두에서 약제 살포 후에 봉지를 씌운 과실에서 감염율이 더 높아졌다는 점이다 (Fig. 14). 특히 치료효과가 뚜렷하다 azoxystrobin에서 발병율이 약제 살포 전에 봉지를 씌운 과실에서 1.1%가 약제 살포 후에는 3.6%로 높아졌고 iminoctadine 에서는 약제 살포전의 잠복감염율이 3.5%에서 약제 살포 후에는 7.7%로 높아졌다 (Fig. 14). 그 외 dithianon과 삼진왕에서도 유사한 결과가 나왔는데 이 현상에 대해서 현재로서는 설명할 수 없고 또 실험오차의 가능성도 배제할 수 없으므로 차년도에 다시 실험하여 그 현상을 확인할 필요가 있을 것으로 생각되었다.

이상과 같이 침투이행성이 없는 보호살균제가 겹무늬썩음병에 대해 치료효과를 나타낸다는 사실이 확인되었는데, 이 현상은 이 균의 특이적 감염기작에서 기인하는 것으로 추정되었다. 사과 겹무늬썩음병균의 기주체 침입과정 및 침입 후 발병에 이르기까지의 동향에 대해서는 알려진 것이 전혀 없으나 감염은 낙화 후 3주 또는 7주 후부터 시작되나 발병은 후지 품종의 경우 8월 중.하순경부터 시작되므로 과점을 통해 침입한 병원균은 바로 살아있는 조직 속으로 진행하지 못하고 상당기간 동안 과점을 구성하는 코르크화한 조직 내에서 잠복하는 것으로 추정된다. 이러한 추정을 전재로 한다면 침투성이 없는 azoxystrobin 이나 iminoctadine의 치료효과가 설명될 수 있다. 즉 이들 약제가 코르크화한 조직으로 침투하는 데에는 특별한 기작이 필요 없고 단순히 스며드는 것이며 이들 약제가 균사상태의 병원균을 살멸시킬 수만 있다면 침입한 병원균에 대해 치료효과를 나타낼 수 있을 것으로 생각되었다.

제3절 겹무늬썩음병 방제를 위한 치료제의 선발 및 사용법 수립

사과 겹무늬썩음병은 낙화 2주 후부터 8월 하순까지 비만 오면 언제든지 감염되므로 보호살균제 만으로 충분히 방제하기는 매우 어렵다. 따라서 보호살균제의 보호망을 뚫고 침입한 병원균을 처치하기 위해서 적절한 치료제의 사용이 필요할 것으로 생각되었다. 특히 겹무늬썩음병은 낙화 2주 후부터 감염되기 시작하나 발병은 8월 중순 이후로 매우 긴 잠복기간을 갖게 되므로 치료제의 유용성은 더욱 높을 것으로 생각되었다.

1. EBI제의 겹무늬썩음병에 대한 in vitro에서의 항균효과 검정

가. 재료 및 방법

1) **사용약제** : Bitertanol, Difenoconazole, Tebuconazole

2) **실험방법** : 이 실험에 사용된 EBI는 기본적으로 치료제이므로 균사상태의 병원균에 대해 실험했다. Water agar disc (직경 5mm)에 겹무늬썩음병 포자 현탁액을 접종, 25℃에서 48시간 보존, 발아관이 길게 자란

Table 22. Effect of EBIs on the mycelial growth of *Botryosphaeria dothidea* determined by dipping of the agar disc containing mycelia in the chemical solution for 30 minutes

Chemicals	Colonial diameter at days :				
	2	3	4	5	6
Bitertanol	-	13.3	31.9	46.5	65.6
Difenoconazole	-	14.2	26.8	46.9	72.1
Tebuconazole	-	-	11.0	21.8	39.9
Control	25.4	52.6	71.8	> 90	

상태를 확인하고 권장 살포농도로 희석한 약액에 agar disc를 30분간 침지

후, 1시간 동안 다량의 살균수로 세척하고 PDA상에 치상, 균사의 발육 상황을 1일 간격으로 조사했다.

나. 결과 및 고찰

3종 EBI제의 겹무늬썩음병균의 균사에 대한 항균 효과는 매우 낮아 30분간 약제에 노출시켜도 살멸 효과는 전혀 없었고, 초기의 발육 속도가 무처리에 비해 낮았을 뿐이며 균총의 형태도 정상이었다. 또 균사발육 억제 효과의 약제간의 차이에 있어서도 tebuconazole이 약간 높을 뿐 거의 차이가 없었다 (Table 22).

2. 사과 겹무늬썩음병 방제를 위한 EBI제의 선정 및 작용 특성 규명

'94현장애로 연구에서 인공접종한 과실로 감염시기로부터 약제살포시기를 달리 했을 경우 EBI 의 방제효과가 어떻게 달라지는 지를 조사했는데, 그 결과 감염시기와 관계없이 약제의 처리시기가 같으면 비슷한 방제효과를 얻을 수 있다는 결과가 얻어졌고 최대 방제효과를 얻을 수 있는 약제 살포 시기는 7월 하순 이후인 것으로 나타났다. 이러한 현상이 확인된다면 겹무늬썩음병의 방제에 새로운 전기가 마련될 것으로 생각되어 자연감염된 과실을 이용하여 대규모의 실험을 1997년과 1998년 2년간 수행했다.

가. 재료 및 방법

1) 사용약제 : Bitertanol, Difenoconazole, Tebuconazole

2) 실험 방법

가) 1997년

겹무늬썩음병이 심하게 발생하는 영천시 신녕면 농가 과수원에 13주의 나무를 선정, 5월 6일 낙화 직후의 방제에서 시스텐엠을 살포하고 겹무늬

썩음병의 다량 감염을 유도하기 위해 실험이 시작되는 7월 4일까지 전혀 살균제를 살포하지 않았다. 그러나 살충제 및 살비제는 필요한 시기에 적절히 살포했다. 시험 시작일인 7월 4일에 각 나무에 착과 한 과실 전부에 봉지를 씌우고 봉지 씌우는 날을 기점으로 0, 6, 10, 20, 30일에 매회 3주의 나무에 봉지를 벗긴 후 한 약제를 한 주씩의 나무에 충분히 살포했고 나머지 한 주는 대조구로 10월 상순까지 봉지를 씌운 채로 유지했다. 이 실험은 일정 시기까지 자연 감염된 과실에 대한 EBI제의 치료효과를 검정하는 것이므로 이후의 추가 감염을 막가 위해 약액이 건조한 후 다시 봉지를 씌웠다. 그리고 8월 6일, 8월 26일에 갈색무늬병의 방제를 위해 iminoctadine- triacetate를 전면에 살포했다. 이 시기의 살포는 실험대상 과실에 봉지를 씌웠고 iminoctadine-triacetate는 침투이행성이 없으므로 실험결과에는 영향을 미치지 않을 것으로 판단했다.

나) 1998년

경주시 현곡면 소재의 MM106대목 18년생 후지 품종이 재배되고 있는 사과원에서 수행했는데, 사과나무 가지에 겹무늬썩음병의 병반이 다량 형성되어 있었다. 이 실험에서는 검토대상 과실의 감염시기를 7월 2일까지와 7월 17일부터 8월 15일까지의 두 부분으로 나누었다. 포장배치는 난괴법 3반복 구당 1주로 배치하였으며 가급적 감염율을 높이기 위해 5월 8일 낙화직후 시스텐엠, 5월 30일 폴리옥신, 6월 15일에 captan을 살포하였다. 7월 2일까지 감염된 과실에 대한 실험을 위해서 당일 39주의 나무에 착과된 과실 전부에 봉지를 씌웠고 누락된 과실은 그 후 제거했다. 그리고 7월 17일에서 8월 15일 사이에 감염된 과실을 얻기 위해 겹무늬썩음병균의 감염이 본격화되기 이전인 6월 1일에 전체조사대상 과실에 일단 봉지를 씌웠다가 7월 17일에 봉지를 제거하고 8월 15일까지 강우에 노출하여 자연감염을 유도하였

다. 7월 2일까지 감염된 과실을 대상으로 한 실험에서는 7월2일을 기점으로 기본적으로 15일 간격으로 봉지를 벗기고 약제를 살포하였으며 7월 17일에서 8월 15일 사이에 감염된 과실에 대한 실험은 8월 15일과 5월 30일에 각각 봉지를 벗기고 약제를 살포한 후 다시 봉지를 씌웠다. 과실봉지는 10월 상순까지 유지했으며 그 후 상법에 따라 2단계로 봉지를 제거했다.

이상의 처리를 한 과실에서 전술한 방법으로 수확기까지의 발병율과 수확 후 잠복감염율을 조사하였다.

나 결과 및 고찰

1) 1997년도 실험

1997년 7월 4일까지 무처리 과실에서의 감염율은 90.1%이었고 그중 20.7%가 수확전에 나무에서 발병했으며 69.4%가 수확 후 가온처리에 의해 발병한 잠복감염이었다 (Table 23). 이러한 감염 상황에서 3종의 EBI를 처리한 결과, 인공접종에 의한 실험('94현장애로)에서와 같이 방제효과는 약제의 처리시기가 생육 후기로 갈수록 높아지는 경향이 나타났으며 특히 tebuconazole에서 그 경향이 뚜렷하여 7월 24일과 8월 3일 처리에서는 수확 전 발병이 완전히 억제되었다 (Table 23). 이와 같은 경향은 ,94현장애로연구에서 수행한 인공접종에 의한 실험 결과와 (31) 거의 유사했다.

수확 후 가온처리에 의해 발병한 잠복감염율에 있어서 tebuconazole은 수확전 발병억제와 마찬가지로 약제의 처리 시기가 늦어질수록 점차 낮아져 8월 3일 처리에서는 13.7%로 무처리에 비해 크게 낮아졌다. 그러나 bitertanol과 difenoconazole에 있어서는 무처리와 거의 차이가 없었으므로 이들 두 약제는 병원균에 직접 작용하여 수확 전 발병을 억제했다고 보기 어렵고 식물체에 작용한 간접효과로 추정되었다.

Table 23. Differences in the control efficacies of EBIs against apple white rot by the time of application

EBIs	Date sprayed	Infection rate (%)	Disease rate (%)	Latent infection rate (%)
Bitertanol	10, Jul	90.7	13.0	77.8
	14, Jul	58.2	14.6	43.6
	24, Jul	77.1	11.5	65.6
	3, Aug	70.5	5.4	65.2
Difenoconazole	10, Jul	91.4	1.7	89.7
	14, Jul	76.0	9.0	67.0
	24, Jul	63.8	7.5	56.3
	3, Aug	34.7	5.3	29.5
Tebuconazole	10, Jul	57.8	7.0	50.7
	14, Jul	39.1	2.9	36.2
	24, Jul	17.3	0.0	17.3
	3, Aug	14.6	0.0	13.7
Untreated		90.1	20.7	69.4

이 실험에서는 7월 4일까지 감염된 과실을 대상으로 했는데, 그때까지 이미 90.1%의 과실이 감되었다. 이들 감염은 어느 한 시점에서 감염된 것이 아니고 5월 하순부터 7월 4일 사이의 누적 감염이므로 개별 과실에 있어서 감염 시기에 차이가 있을 수 있다. 그럼에도 불구하고 8월 상순에 tebuconazole을 처리하면 감염시기와 관계없이 수확전 발병을 거의 완전히 막을 수 있으므로 8월 또는 적절한 시기에 EBI를 한번만 살포하더라도 겹무늬썩음병은 크게 줄일 수 있을 것으로 생각되었다.

2) 1998년도 실험

7월 2일 이전까지 감염된 과실을 대상으로 한 제1차 시험에서 무처리구의 감염율은 56.7%이었으며 그 중 29.7%가 수확전에 발병했고 27.0%는 잠복감염 되었다 (Table 24). 이러한 감염 상황에서 7월 2일을 기점으로 15일 간격

으로 약제를 처리한 결과, 전년도의 실험과 거의 비슷한 결과가 얻어졌다. 7월 2일의 약제 처리에서 3종 약제 모두에서 거의 비슷한 정도의 발병억제

Table 24. Effect of time of chemical spray on control efficacy of Ebbs against apple white rot determined by natural infection.

Date sprayed	Disease incidence and latent infection rates in apples treated with EBIs (%)					
	Bitertanol		Difenoconazole		Tebuconazole	
	Diseasew	Latentx	Disease	Latent	Disease	Latent
1st trialy						
2 Jul	12.7 b	32.1 a	12.1 b	50.5 a	12.8 b	37.3 a
17 Jul	6.3 bc	33.1 a	6.7 bc	45.1 ab	5.2 c	16.8 b
1 Aug	3.7 c	23.6 a	4.6 c	40.6 b	0.8 c	4.1 b
15 Aug	5.6 c	34.6 a	3.0 c	48.0 ab	2.6 c	13.9 b
Untreated	24.9 a	31.8 a	24.9 a	31.8 c	24.9 a	31.8 a
2nd trialz						
15 Aug	0.6 c	20.5 b	2.7 b	35.2 a	1.0 b	4.0 b
30 Aug	2.1 b	13.0 c	3.0 b	34.3 a	1.2 b	2.4 b
Untreated	8.1 a	51.1 a	8.1 a	51.1 a	8.1 a	51.1 a

w Disease detected until harvest in the field.
x Latent infection rates were determined by incubation of seemingly healthy fruits at 25C for 4 weeks.
y Conducted with fruits infected before 2 July
z Conducted with the fruits infected between 17 July and 15 August
In the column means followed by common letter are not significantly different at the 5% level by DMRT

효과가 얻어졌고, 그 후 약제 살포 시기가 늦어질수록 발병율은 점차 낮아졌으며 8월 1일의 처리에서 무처리구에서의 발병율이 24.9%인데 반해 tebuconazole 처리 구에서는 불과 0.8%만 발병하였고 bitertanol 처리구에서는 3.7%, difenoconazole 처리 구에서는 4.6%가 발병했다 (Table 24). 그런데 8월 15일의 처리에서는 tebuconazole 과 bitertanol 처리 구에서는 발병율이

다소 상승했고 difenoconazole 처리 구에서는 지속적으로 감소했는데, 어느 것이나 통계적 유의차는 없었다. 이 실험에 있어서도 잠복감염율은 여전히 복잡한 양상을 나타내었는데, 발병율이 가장 낮았던 8월 1일의 처리에서 bitertanol은 잠복감염을 낮추지 못했고(Table 24), difenoconazole은 인공접종 실험에서와 마찬가지로 잠복감염율이 무처리보다 오히려 높았는데 (Table 24) 이는 감염율 자체는 낮아지지 않았고 발병율만 낮아졌기 때문인 것으로 판단되었으며, tebuconazole에서는 발병율과 함께 잠복감염율도 대폭적으로 낮아졌으므로 (Table 24) 이 약제는 겹무늬썩음병에 대해 높은 살균작용이 있는 것으로 판단되었다.

제2차 실험은 7월 17일부터 8월 15일 사이에 감염된 과실에 대해 실험하도록 설계되어 있는데 이를 위해 겹무늬썩음병의 감염이 시작되기 전일 것으로 추정되는 5월 25일 봉지를 씌웠다가 7월 17일에 다시 봉지를 제거하여 8월 15일까지 자연감염에 노출시키므로 감염시기를 그 기간으로 한정하고자 했다. 그런데 예상과는 달리 5월 25일까지 11.0%가 이미 감염되어 있었으나 이들은 전부 잠복감염이었다. 그러나 이들 잠복감염을 별도로 취급할 수 있는 방법이 없었으므로 이는 무시하고 결과를 처리했다.

1개월간의 자연감염 노출기간 중의 감염율은 59.2%가 감염되었고 그 중 8.1%만 수확기까지 발병했다. 8월 15일과 30일의 약제 처리에 의해 발병이 현저히 감소되었는데, 8월 15일의 처리가 30일의 처리 보다 효과가 약간 더 높았으며 bitertanol 처리 구에 있어서는 통계학적 유의차 마저 인정되었다 (Fig. 16). 이러한 현상은 제1차 시험에서도 볼 수 있었는데 약제 처리 시에 이미 일부의 과실에서 발병이 시작되었기 때문인 것으로 추정되었다. 따라서 EBI의 겹무늬썩음병 방제효과는 8월 상중순경에 정점에 달하며 그 이후에는 감소하는 것으로 생각되었다.

EBI의 겹무늬썩음병에 대한 작용기작은 아직 분명하지 않지만 그 살포

시기가 사과의 생육 후기로 갈수록 방제효과가 높아진다는 사실은 이 병의 방제 대책 수립에 중요한 단서가 되는 것으로 생각되었다. 보호살균제에 의한 겹무늬썩음병의 방제에 있어서의 난점은 전염원이 사과나무 가지에서 유래하고 사과 생육기간 전반을 통해 비만 오면 대량으로 분산되기 때문이다. 그런데 EBI는 감염시기와 관계없이 8월 상. 중순에 살포하면 그 이전에 감염된 과실에서의 발병을 크게 낮출 수 있으므로 사과 병 방제체계에서 필수적으로 최소한 1회는 들어가야 할 것으로 생각되었다.

3. EBI제의 사과 겹무늬썩음병 보호효과 지속 기간

EBI제를 겹무늬썩음병 감염가능기간 중에 살포할 경우, 약제의 속성상 짧은 시간 내에 식물체에 흡수되므로 그 후에 식물체에 비래하는 병원균에 대해서는 무방비상태가 될 수 있다. 그러나 과실에 침투한 EBI가 내부에서 외부로부터 침입해오는 병원균에 대해 작용할 가능성이 있으므로 이를 검토하기 위해 이 실험을 수행했다.

가. 재료 및 방법

1) 사용 약제 : Bitertanol, Difenoconazole, Tebuconazole

2) 실험 방법 : 겹무늬썩음병의 발생이 많은 영천시 신녕면 농가 과수원에서 12주의 나무를 선정, 6월 23일 실험 개시 이전까지 통상적 방제를 수행했다. 즉 5월 6일 시스텐엠, 5월 18일 thiram, 5월 30일 mancozeb , 6월 13일 propineb을 살포했다. 6월 23일 검정대상 약제인 3종의 EBI를 각각 3주씩의 나무에 살포했는데, 나머지 3주는 무처리구로 약제를 살포하지 않았다. 약제 살포 직전에 그 시기까지의 감염율을 알기 위해 무처리구에서 100개의 과실에 봉지를 씌웠다. 또 실험이 시작된 6월 23일 이전에 감염된 과실에 대한 EBI의 치료효과를 검정하기 위해 약액이

건조한 후 각 약제를 살포한 3주의 나무에 100개씩의 과실에 봉지를 씌웠다. 6월 23일을 기점으로 4, 11, 19일 후에 각각 겹무늬썩음병의 감염을 유도할 수 있을 정도의 충분한 강우가 있었으므로 매회 강우 직후 각 약제를 살포한 3주의 나무에서 100개씩의 과실에 봉지를 씌웠다. 이 실험에서도 갈색무늬병의 방제를 위해 7월 12일과 26일에 iminoctadine-triacetate를 전면에 살포했다.

나. 결과 및 고찰

EBI는 살포 후 짧은 시간 내에 식물 조직 내로 흡수되므로 보호효과는 거의 기대하기 어려울 것으로 생각된다. 그러나 EBI의 겹무늬썩음병 방제효과가 극대화되는 시기는 8월 상. 중순경인데 그 이후에도 얼마기간 동안 겹무늬썩음병의 감염 가능성은 상존 하므로 EBI의 겹무늬썩음병에 대한 보호효과를 검정할 필요가 있을 것으로 생각했다. 그런데 EBI의 보호효과는 식물체의 표면에 잔존하면서 도래하는 병원균에 대한 작용도 물론 생각할 수 있으나 식물체에 흡수된 상태에서 외부로부터 침입해 들어오는 병원균에 대해서도 작용할 수 있을 것으로 생각되어 장마 직전에 EBI를 살포해 두고 감염을 유도 할 만한 정도의 강우가 있은 다음 일정수의 과실에 봉지를 씌우고 발병율을 조사했다.

무처리구에서 6월 23일에 조사한 발병율이 6.4%이고 잠복감염율은 57.4%이었다. 약제를 살포한 직후의 bitertanol의 발병율은 7.7%이었고, difenoconazole과 tebuconazole은 모두 0.0%이었으며, 잠복감염율은 각각 30.8%, 36.8%, 0.0%이었다 (Table 25).

약제 살포 일로부터 4일째인 6월 27일까지 273㎜의 비가 내렸고, 이 시기에 bitertanol 처리 구의 발병율이 16.2%이고, 잠복감염율이 75.7%로 무처리구와 차이가 없었으므로 보호효과가 낮았다 (Table 25). difenoconazole과

tebuconazole 역시 무처리구와 차이가 없었으며 3 약제 모두 7월 4일부터 7월 20일까지 전조사기간 동안 무처리와 차이가 없어 이들 약제들은 겹무늬썩음병균에 대해 보호효과 없는 것으로 생각되었다.

Table 25. Protective efficacy of EBIs against apple white rot determined by bagging of the fruits exposed to the natural infection after application of the EBIs (1996, Yongchon)

Date of bagging	Days after chemical application	Disease incidence and latent infection rates on the apples treated with EBIs (%)							
		Bitertanol		Difenoconazole		Tebuconazole		Untreated	
		Disx	Laty	Dis	Lat	Dis	Lat	Dis	Lat
23, Jun.	0	7.7	30.8	0.0	36.8	0.0	0.0	6.4	57.4
27, Jun.	4	16.2	75.7	5.3	68.4	8.3	54.2	15.2	70.0
4, Jul.	11	18.9	75.7	11.8	70.6	15.4	59.0	34.2	55.3
12, Jul.	19	20.5	74.2	10.0	75.0	15.4	64.1	26.7	64.4
20, Jul.	27	25.6	74.4	10.3	76.9	18.9	70.3	34.5	64.3

x Disease detected until harvest. y Latent infection rates were determined by incubation of seemingly healthy fruits at 25℃ for 4 weeks. In the column means followed by common letter are not significantly different at the 5% level by DMRT.

이와 같은 결과는 포자의 발아를 저해하지 못하는 EBI제를 살포했을 때 과실표면에 도달한 포자는 발아 후 과점조직에서 잠복감염 하게되고 이러한 잠복감염기간동안 그 약효는 차차 감소하게 되고 기주의 병에 대한 감수성은 높아지므로 이들 약제는 겹무늬썩음병균에 대해 보호효과가 없는 것으로 생각되어진다.

4. EBI제 치료효과 극대화 시기 탐색

1997년과 1998년 2년간의 실험 결과에 의하면 EBI의 처리시기가 생육 후기로 갈수록 그 방제효과가 높아진다는 사실이 밝혀졌는데, 겹무늬썩음병은 8월 중순경부터 발병이 시작되므로 무작정 늦어 질 수는 없다. 따라서 이

실험에서는 8월 상순에서 9월 상순사이에 방제효과가 극대화되는 시기를 조사했다.

가. 재료 및 방법

1) 공시약제 : tebuconazole

2) 방법

영천시 신녕면 포장에서 7월 26일까지 농가 실증시험용 방제력에 의거하여 살균제를 살포하고 8월 2일, 12일, 22일, 9월 1일에 tebuconazole을 매회 3주씩의 나무에 살포했다. 매회 처리시의 치료효과를 검정하기 위해 약제 살포 직전과 직후에 각각 100개씩의 과실에 봉지를 씌우고 수확기까지의 발병율과 잠복감염율을 조사했다.

나. 결과 및 고찰

이 실험에서는 전반적으로 감염율과 발병율이 너무 낮아 신뢰도가 높은 결과를 얻을 수 없었다. 감염율은 7월 26일 iminoctadine 살포 후 시일이 경과할 수록 감염율이 차츰 높아져 8월 2일에 6.3%가 9월 1일에는 15.3%로

Table 26. Effect of application time of tebuconazole on the control of apple white rot

Date sprayed	Bagging	Infection rate (%)	Disease rate (%)	Latent infection (%)
2, Aug	before	6.3	2.1	4.2
	after	1.0	1.0	0.0
12, Aug	before	9.3	3.6	5.7
	after	2.5	0.0	2.5
22, Aug	before	10.5	4.2	6.3
	after	2.1	0.0	2.1
1, Sep	before	15.3	3.1	12.2
	after	2.2	2.2	0.0

높아졌다 (Table 26). 수확 전 발병에 대한 치료효과를 보면 8월 2일 약제 처리 직전에 봉지를 씌운 과실에서의 발병율 2.1%가 tebuconazole의 처리에 의해 1.0%로 낮아졌고, 8월 12일과 8월 22일의 처리전의 발병율 3.6%와 4.2%는 약제 처리에 의해 완전히 억제되었다 (Table 26). 그러나 9월 1일의 처리에서는 3.1%가 2.2%로 낮아졌을 뿐 8월 12일과 22일의 처리에서와 같이 완전 발병억제는 보이지 않았다. 한편 잠복감염율에 대한 tebuconazole의 방제효과는 수확 전 발병과 달리 8월 2일과 9월 1일의 처리에서 완전히 억제되었다 (Table 26).

이상의 결과에 의하면 수확전 발병을 막기 위한 EBI의 최대 효과는 8월 중순경의 살포에 의해 얻을 수 있었고, 처리 시기가 이 보다 이르거나 늦어지면 방제효과가 낮아지는 것으로 나타났다.

제4절 갈색무늬병, 점무늬낙엽병 및 그을음병의 방제를 위한 약제의 선발

1. 점무늬낙엽병 및 갈색무늬병 동시 방제약제의 선발

보호살균제의 살포시기를 결정하는 데에는 겹무늬썩음병 이외에 갈색무늬병 및 점무늬낙엽병의 방제도 동시에 고려해야하므로 겹무늬썩음병에 대해 실험한 6종 살균제의 이들 두 가지 병에 대한 시기별 방제효과를 조사했다.

가. 실험방법

각 약제를 살포한 나무에서 조사대상 나무를 3주씩 선정하고 7월 중순 이들 나무에서 각각 10개씩의 작은 가지를 선정, 기부에 리본을 메어 두

고, 그로부터 상위엽에서의 이병엽을 조사했다. 매회 조사시에 발견된 병반은 유성 펜으로 표시해 두고 다음 조사에서 같은 병반이 2중으로 계산되지 않도록 했다. 발병율은 3회차 살포 후 15일이 경과한 7월 29일과 4회차 살포 후 역시 15일이 경과한 8월 13일에 조사했는데, 그 이전에는 이들 두 가지 병의 발생이 거의 없었으므로 7월 14일 이전의 살포에 의한 방제효과는 검정할 수 없었다. 제2차 조사에서는 제1차 조사에서 이미 계수된 병엽은 제외하고 7월 27일에서 8월 13일 사이의 기간 중에 증가한 병엽만 조사했다.

나. 결과 및 고찰

1차 조사에서 점무늬낙엽병의 발병율은 매우 낮았고 2차 조사에서도 여전히 낮았으며 무처리에서도 이병엽율의 증가는 5.9%에 불과했다. 무처리에서의 발병 증가율이 이처럼 낮았음에도 불구하고 benomyl에서는 그 기간 중에 4.6%나 증가되어 이 약제는 점무늬낙엽병에 대한 방제효과가 매우 낮은 것이 확인되었다 (Table 27).

한편 iminoctadine 과 mancozeb 에서는 병엽이 전혀 증가하지 않았으며 azoxystrobin에서도 0.7%의 증가에 그쳤으므로 비교적 방제효과가 높은 것으로 판단되었다. 갈색무늬병은 그 기간 중에 급격히 증가했으며, 무처리에서의 이병엽율이 불과 15일 사이에 64.7%나 증가했고 그 중 12.5%는 낙엽되었다. 약제간 방제효과의 차이도 분명히 드러났는데, iminoctadine에서는 1.1%, azoxystrobin에서는 6.0%가 증가하여 매우 우수한 방제효과가 확인되었다 (Table 27). 그런데 겹무늬썩음병 방제효과가 우수한 folpet에서는 39.9%가 증가하여 이 시기에는 사용을 피하는 것이 좋을 것으로 생각되었다. 그 외의 약제는 거의 우열의 차이가 없었다. 그런데 낙엽율에 있어서는 iminoctadine을 제외하고 약제간에 거의 차이가 없었는데, 이는 낙엽이 시작

된 직후이기 때문인 것으로 생각되었으며, 조사 당일 tebuconazole을 전면에 살포했으므로 더 이상 조사하지 않았다.

Table 27. Control of Alternaria blotch and Marssonina blotch by 3 and 4 successive spray of selected fungicides for control of white rot.

Chemicals	Increase of diseased leaf rate (%) during ;				
	27, Jula)		27, Jul 13, Augb)		
	Alternaria blotch	Marssonina blotch	Alternaria blotch	Marssonina blotch	
				lesion	defoliation
Azoxystrobin	0.0	2.4	0.7	6.0	1.9
Benomyl	1.1	4.6	4.6	19.0	1.5
Folpet	0.9	3.9	2.0	39.9	1.8
Iminoctadine	0.2	0.7	0.0	1.1	0.2
Mancozeb	0.7	7.4	0.0	15.5	1.5
Propineb	0.0	2.6	1.5	20.4	1.1
Untreated	0.8	13.8	5.9	64.7	12.5

a) 3 successive spray : b) 4 successive spray

이상의 결과에 의하여 점무늬낙엽병과 갈색무늬병의 방제에 대해 몇 가지 점이 분명해졌다. 우선 후지 품종에 있어서 잎에 발생하는 점무늬낙엽병의 방제에 대한 종래의 관행은 재고 되어야할 것으로 생각되었다. 후지 품종은 일반적으로 점무늬낙엽병에 대해 저항성인 것으로 알려져 있으며 실제로 무처리에서조차 발병율이 매우 낮았으므로 후지 품종에서는 잎에서의 발병을 막기 위해 특별히 전문 약제를 살포할 필요가 없고 겹무늬썩음병의 방제를 위한 통상의 약제로도 충분할 것으로 생각되었다. 그러나 후지 품종의 과실은 이 병에 대해 감수성이 매우 높아 5월 하순이나 6월 상순경에 80% 이상이 감염되는 경우도 있으므로 과실 발병에 대한 방제에 역점을 두어야할 것으로 생각된다.

갈색무늬병은 일반적으로 유기합성 살균제에 대한 감수성이 매우 높은 것으로 알려져 있으나 이 실험의 결과에 의하면 약제간에는 물론 살포시기에

따라서도 방제효과에 차이가 있는 것으로 나타났으므로 약제의 선정에는 각 약제의 시기별 방제효과가 고려되어야 할 것으로 생각된다.

그런데 이 연구에서는 갈색무늬병은 기본적으로 겹무늬썩음병과 동시에 방제되도록 하고 있으므로 사용 약제는 우선 겹무늬썩음병에 대한 방제효과가 높아야하는데, 이 기준에 적합한 약제는 iminoctadine, azoxystrobin의 2종이고, 6월 중순 이전에는 propineb도 한정적으로 사용할 수 있을 것으로 생각되었다. 그러나 iminoctadine은 6월 중순 이전에 사용하면 약해의 우려가 있으므로 결국 이 병의 제1차 감염을 저지하는데 사용할 수 있는 약제는 azoxystrobin과 propineb 의 2종에 불과하다. 또 folpet은 갈색무늬병에 대한 방제효과는 매우 낮으나 겹무늬썩음병 방제효과가 높으므로 적절한 사용방법이 모색되어야할 것으로 생각되었다.

2. 그을음병 및 그을음점무늬병 방제약제의 탐색 및 처리시기의 결정

가. 재료 및 방법

1) 공시약제의 선정

그을음병은 사과의 생육 초기에 감염되므로 6월 중순 이전에 사용 가능한 Azoxystrobin, Propineb, Mancozeb, Dithianone 및 Fluazinam 의 5종을 선정했다.

2) 방법

영천시 신녕면의 시험 포장에서 한 약제 당 3주씩의 나무를 선정하고 농가 실증시험의 기본 방제력을 운용하면서 그을음병 집중감염기로 추정되는 시기 중의 정기 살포일인 5월 28일과 6월 12일에 상기의 공시 약제를 각각 3주씩의 나무에 경엽살포, 공시 약제 살포 시에는 약제 처리 직전과 직후에 각각 100개씩의 과실에 봉지 씌워 수확기에 이들 과실에서의 그을음병

및 그을음점무늬병 발병율로 각 약제의 그을음병에 대한 보호효과 및 치료효과 검정하였다. 공시 약제 처리 후에는 농가실증시험용 방제체계에 준하여 약제를 살포하였다.

Table 28. 임의로 정한 그을음병 각 발병지수의 병반의 상태 및 상품성

발병도	병 반 상 태	상품성
0	병반이 전혀 없는 상태	무영향
1	배꼽 부분에만 약간의 병반이 있는 상태	무영향
2	배꼽 부분에 비교적 넓게 병반이 형성되고 과실의 측면에도 약간의 병반이 형성된 상태	약간영향
3	과면 전면에 짙은 색의 병반이 형성된 상태	상품가치 전무

10월 상순, 봉지를 벗기는 시기에 조사한 결과 5월 28일에 처리한 과실에서는 발병이 거의 없었으므로 6월 12일에 처리한 구에서만 조사했다. 약제를 처리한 각 구에서 50개의 사과를 채취하여 임의로 정한 발병도 지수에 근거하여 각 과실의 발병정도를 조사하고 그 평균치로 발병 정도를 나타내었고 또 조사 과실 중 발병도 “1” 이상 과실의 비율을 발병율로 하였다. 이 실험에서 설정한 각 발병도 지수의 병반의 상태 그리고 상품성은 표 1에 나타내었다.

나. 결과 및 고찰

1999년도에는 그을음병의 발생이 매우 적은 해로 전반적으로 발병율이 낮아 명확한 결과를 얻지 못했다. 6월 12일 약제 살포 전에 봉지를 씌운 과실에서의 발병율이 최저 16.0%에서 최고 30.0%로 그리 높지 못했고 (Table 29) 약제 살포 후에 봉지를 씌운 과실에서 발병도 ‘1’ 이상의 과실이

azoxystrobin 처리 구에서 12.0%로 가장 높았고 fluazinam 처리 구에서는 발병도 '1' 이상의 과실이 없었다 (Table 29). 발병도 지수에 있어서도 약제간에 뚜렷한 차이가 없었다.

Table 29. Effect of chemicals on the control of sooty blotch

Chemicals	Before spray		After spray	
	% Disease	Severity	% Disease	Severity
Propineb	24.0	2.2	8.0	1.3
Azoxystrobin	22.0	2.6	12.0	1.3
Mancozeb	20.0	2.5	10.0	1.2
Dithianon	16.0	2.1	6.0	1.0
Fluazinam	14.0	2.3	0.0	0.0
Cont.	30.0	2.6	-	-

따라서 생육초기에 그을음병의 방제를 위해 특별히 약제를 선정할 필요는 없고 겹무늬썩음병이나 갈색무늬병의 방제를 위한 약제를 선정하면 그을음병은 어느 것이나 별 문제가 없을 것으로 생각되었다. 그러나 유대재배의 경우에는 일단 봉지를 씌우면 그 후에는 약제가 직접 닿지 않기 때문에 특별히 약제를 선정 할 필요가 있을 것으로 생각되며 이 실험의 결과에 의하면 fluazinam이 가장 가능성이 높아 보인다.

3. 유대재배에서 봉지를 벗긴 후에 확인된 그을음병에 대한 대책 개발

가. 재료 및 방법

1) 사용약제의 선정 : Azoxystrobin, Iminoctadine, Dithianone의 3종을 선정하였다.

2) 방법

약제 당 1주씩의 나무를 선정하고, 발병을 유도하기 위해 5월 28일 및 6

월 12일 살포시 살균제를 살포하지 않았으며 6월 27일 정기 살포 직전에 100개씩 봉지를 씌워 감염과를 보호했다. 그후에는 농가 실증시험 방제력에 준하여 살균제를 살포, 9월 하순 봉지 벗기고 3종의 공시약제를 살포했는데, 이때 대조를 위해 주당 50개씩은 봉지를 벗기지 않은 상태에서 약제를 살포했으며 약액이 건조한 후에 빨래집게로 표식을 달고 봉지를 벗겨 착색을 유도했다. 수확 시 50개씩의 사과를 채취하여 전술한 방법으로 발병도를 조사했다.

나. 결과 및 고찰

이 실험에서는 약 1개월간 살균제를 살포하지 않았으므로 6월 27일 봉지를 씌운 과실에서의 발병율 및 발병도 지수는 앞의 실험보다 상당히 높아졌다. 그러나 10월 상순에 봉지를 벗기고 3종의 살균제를 살포한 결과, Table 30에서 보는 바와 같이 발병율에 있어서 전반적으로 거의 차이가 없었고 발병도에 있어서도 azoxystrobin과 dithianon 처리 구에서는 차이가 없었는데 iminoctadine 처리 구에서 얼마간 낮아진 것으로 나타났다.

Table 30. Effect of chemicals on the eradication of sooty blotch

Chemicals	Control		Treated	
	% Disease	Severity	% Disease	Severity
Azoxystrobin	56.8	1.83	50.4	1.25
Iminoctadine	52.3	1.38	49.2	0.83
Dithianon	49.7	1.53	49.9	1.52

따라서 봉지 씌우기 전에 약제의 처리가 부적절하여 그을음병에 감염되면 봉지를 벗긴 후에는 별다른 대책을 세울 수 없는 것으로 판단되었다. 또 azoxystrobin 과 dithianon을 살포한 과실에는 약흔이 남았는데 dithianon의 경우는 상품성에 문제가 있을 정도였다.

제3장 사과원 살균제 살포체계의 개발

경상북도 지방의 생산자 단체가 작성한 권장 방제력에는 개화전에 월동기 방제로 석회유황합제, 개화직전에 1회, 그리고 낙화직후부터 9월 중순까지 10일 간격으로 살포하도록 되어 있는데, 그 체계를 따르면 연간 16회가 된다. 그런데 1992년 경북지방 사과원의 연간 평균 살균제 살포회수는 15.7회였으나 1998년에는 13.7회로 줄었다. 그러나 아직도 연간 18회 이상 살포하는 경우도 드물지 않았다.

이 연구에서는 지금까지의 각종 실험에서 얻어진 결과에 근거하여 살균제의 살포회수를 연간 10회로 줄인 방제체계 개발을 시도했는데, 이 방제력에서는 개화전에는 종래와 마찬가지로 살균제를 2회 살포하고 낙화 직후부터는 15일 간격으로 8월 하순까지 8회 살포하도록 했다. 기본적으로 겹무늬썩음병의 방제에 역점을 두었고 감염 가능기간 중에는 보호효과가 높은 약제와 치료효과가 높은 약제를 교호 배치하고 갈색무늬병의 방제도 염두에 두었다.

1998년에 3종의 방제력을 작성, 이를 실제 포장에 적용하여 주요 병해의 방제효과를 검정하고 그 결과의 의거하여 1999년에 농가 실증시험을 수행하는 한편 전년도의 방제체계에서 미흡한 부분을 보완하여 다시 3종의 살포체계를 작성하고 그 적정성 여부를 검정했다.

제1절 : 1998년도 실험

1. 재료 및 방법

가. 방제력의 작성

월동기, 개화전 및 낙화직후까지의 방제는 거의 공식적이며 이 시기의 약제는 주 방제 대상 병해와 별로 상관이 없고 5월 하순의 4회차 살포부터 병 방제효과와 직접 관련된다. 5월하순 겹무늬썩음병이 본격화하기 이전의 약제로 적절한 약제를 선발하기 위해 cabendazim, azoxystrobin 및 thiram을 각각 배치했는데 (Table 30) 이 시기에 cabendazim을 배치한 것은 이 약제가 사과나무 가지에서 겹무늬썩음병의 포자형성을 억제할 수 이T 다는 제2장 제1절의 실험 결과에 근거하여 그 효과를 검정하기 위해서 이었다. 이 시기는 가지 병반에서 자낭포자와 병포자가 형성되기 시작하는 시기이므로 만약 cabendazim의 포자 형성억제 효과가 장기간 지속된다면 겹무늬썩음병의 방제에 상당한 도움을 줄 수 있을 것으로 생각했다. 그리고 이 시기는 특별히 문제가 되는 병이 없고 점무늬낙엽병의 병반이 증가하는 정도이므로 비교적 적용범위가 넓은 thiram과 azoxystrobin 을 배치했다. 6월 상순에는 겹무늬썩음병의 감염이 시작되고 갈색무늬병의 제1차전염원에 의한 감염이 증가하는 시기인데, 보호살균제 선발 시험에서 이 시기에 propineb의 겹무늬썩음병 방제효과가 높았고, 또 갈색무늬병에 대해서도 비교적 방제효과가 높았으므로 3시험구 모두에 이를 배치했다. 그리고 6월 하순에는 겹무늬썩음병의 감염이 급격히 증가하고 갈색무늬병도 제1차전염원에 의해 감염된 잎에서 병반을 형성하는 시기이므로 이들 두 가지 병에 대해 높은 방제효과가 있는 iminoctadine을 3구 모두에 배치했다. 7월 상순의 7회차와 하순의 8회차에서는 보호효과가 큰 folpet과 치료효과가 높은 azoxystrobin의 선후를 결정하기 위해 K-1과 K-2구에서는 상순에 azoxystrobin 하순에 folpet, 그리고 K-3에서는 이와 반대로 약제를 배치했다. 9회차에는 그 시기까지 감염된 과실을 치료하기 위해 tebuconazole이 살포되어야 하므로 3구 모두 이를 배치했다. 그리고 8월 하순의 마지막 살포에는 iminoctadine을 배치했는데 이는 이시기에 갈색무늬병을 마무리 방제하고 또 tebuconazole 살포 후의 추가 감염을

막기 위해서였다.

Table 30. Fungicidal spray schedule for developing the spray calendar with reduced of spray frequency.

Ser. No.	Schedule		Practice		Sequence of Fungicides		
					I	II	III
1	Mar	25-30	Mar	29	Thiophanate	Thiophanate	Thiophanate
2	Apr	15-20	Apr	14	Captan	Captan	Captan
3	May	5-10	May	5	Myclobutanil + Mancozeb	Myclobutanil + Mancozeb	Myclobutanil + Mancozeb
4	May	20-25	May	22	Carbendazim	Azoxystrobin	Thiram
5	Jun	5-10	Jun	7	Propineb	Propineb	Propineb
6	Jun	20-25	Jun	21	Iminoctadine-triacetate	Iminoctadine-triacetate	Iminoctadine-triacetate
7	Jul	5-10	Jul	6	Azoxystrobin	Azoxystrobin	Folpet
8	Jul	20-25	Jul	22	Folpet	Folpet	Azoxystrobin
		-	Jul	30	Iminoctadine-triacetate	Iminoctadine-triacetate	Iminoctadine-triacetate
9	Aug	5-10	Aug	14	Tebuconazole	Tebuconazole	
				20	Difenoconazole	Difenoconazole	Tebuconazole
10	Aug	20-25	Sep	5	Iminoctadine-triacetate	Iminoctadine-triacetate	Iminoctadine-triacetate

나. 포장의 선정 및 약제 살포

경북 군위군 부계면에 위치한 약 2,892평의 농가 과수원을 임차하여 실험했다. 그 과수원에는 MM106 후지 20년생이 재식되어 있었는데, 과수원의 관리는 비교적 잘 되어 있었으며, 일반 관리는 상법에 준하였으며 초생재배했다. 과수원을 3등분하여 각각의 방제력을 적용했고, SS분무기로 약제를 살포했다. 각 시험구의 살포약제가 다른 경우에는 경계면에는 SS분무기의 한쪽 노즐을 잠그고 약제를 살포하여 인접한 구에 영향을 최소화했다.

당초의 계획은 연간 10회 살포 하도록 되어 있었는데, 1998년에는 이상 기상으로 인해 약제의 살포회수가 지켜지지 않았다. 우선 7월 상순과 하순에 azoxystrobin 과 folpet이 연관 배치되어 있어 갈색무늬병이 갑자기 격발하여

7월 30일에 iminoctadine을 1회 특별 살포했고 또 8월 14일에 tebuconazole 살포 도중에 비가 내려 K-1과 K-2까지만 약제가 살포되었으나 강우에 의한 약제의 유실이 우려되어 8월 20일에 difenocoazole을 추가 살포했고 K-3에서는 tebuconazole을 살포했다. 따라서 살포회수는 K-1과 K-2에서는 12회, K-3에서는 계획보다 1회 더 많은 11회로 끝나게 되었다. 당초 azoxystrobin은 갈색무늬병에 대해 비교적 높은 방제효과가 있는 것으로 나타났으나 1998년도에는 유난히 비가 많은 해였고 사과에서도 병해가 극심했으므로 예년의 기상조건에서 얻어진 성적은 적용되지 않았다.

다. 병해 조사

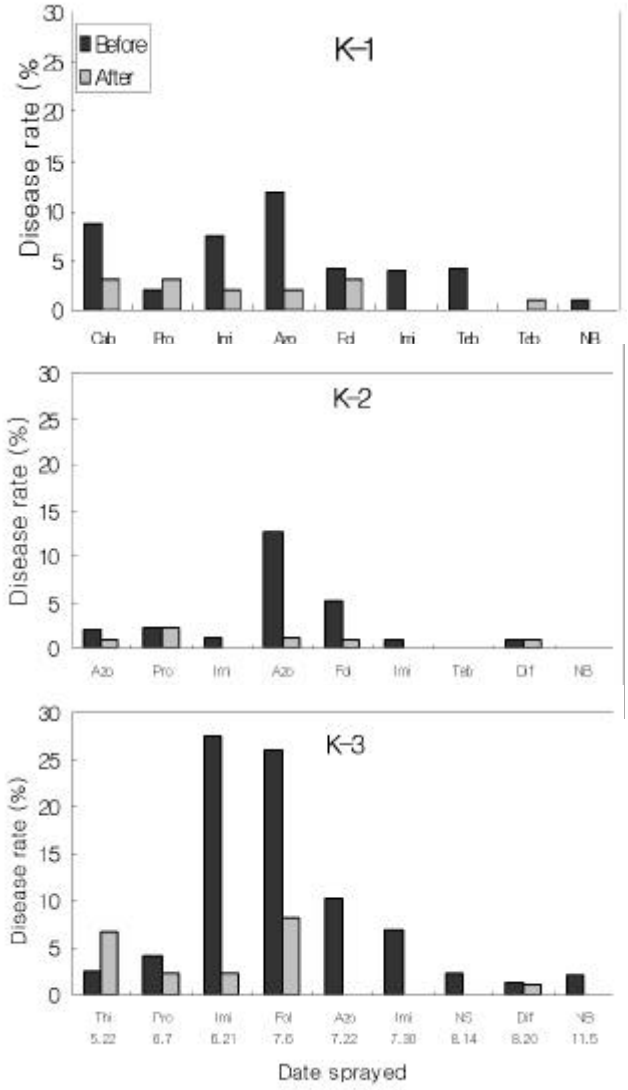
이 실험에서도 매 시기 마다 살포한 살균제의 보호효과와 치료효과를 검정하기 위해 구당 10주의 나무를 선정하고 5월 22일 4회차 살포부터 약제 살포 직전과 직후에 10주의 나무에서 100개의 과실에 봉지를 씌웠다. 그런데 8월 14일 tebuconazole 살포 시에는 도중에 비가 내려 살포 전에만 봉지를 씌웠고 9월 5일 iminoctadine 살포 시에는 과실이 너무 비대하여 봉지를 씌울 수 없었다. 또 각 살포력의 최종적 방제효과의 검정을 위해 7월 하순 이들 10주의 나무에서 100개의 과실을 선정하여 라벨을 달아 두었고 이들 과실은 수확기까지 무대 상태로 유지했는데 (NB), 선정 당시 충해 또는 물리적 상처가 없고 또 착과 위치가 장래에도 물리적 상처를 입지 않을 것으로 보이는 것을 선정했다. 수확후에는 상법에 따라 잠복감염율을 조사했다.

갈색무늬병의 조사를 위해 전술한 바와 같이 6월 하순에 구당 3주씩의 나무를 선정하고 한 나무당 다시 10개씩의 작은 가지를 선정, 가지의 기부에 리본을 메어두고 상위엽에서의 발병상황을 월 1회 조사했다.

2. 결과 및 고찰

발병억제효과를 보면 대체적으로 보호살균제의 치료효과 검정을 위한 실험 결과가 그대로 재현되었으며 이 실험에서 치료효과는 오히려 더 증폭되었다. 특히 iminoctadine 과 azoxystrobin의 치료효과는 매우 높았으며 7월말에 특별 살포한 iminoctadine 은 발병을 완전히 억제했고 K-3에서 7월 22일에 살포한 azoxystrobin도 발병을 완전히 억제했다. 또 이 실험에서는 folpet도 매우 높은 치료효과를 나타내었으나 propineb은 역시 치료효과가 낮았다. 최종적 겹무늬썩음병 발병율은 K-1에서 1.0%, K-2에서는 0%, 그리고 K-3에서는 2.2%이었다 (Fig. 17). 1998년도 경상북도내 겹무늬썩음병 평균 발병율이 48.7%이었다는 점으로 본다면 이 실험에서 얻어진 방제효과는 매우 높은 것으로 평가될 수 있었다. 그런데 이 실험에서는 살균제의 실포회수가 K-1과 K-2에서는 12회, K-3에서는 11회로 살포회수에 차이가 있었으나 최종 방제효과에는 근소한 차이를 보였고, K-1과 K-2에서 강우로 인해 추가 살포된 difenoconazole은 특별히 기능을 한 것으로 보이지 않았다.

한편 잠복감염에 대한 방제효과를 보면 발병에 대한 방제효과와 다소 다른 점을 볼 수 있었다. 매회 약제 살포 직전과 직후에 봉지를 씌운 과실에서의 발병율 및 잠복감염율을 비교해 보면 발병율은 거의 대부분의 경우 약제 살포에 의해 크게 감소했는데 (Fig. 18), 잠복감염율에 있어서는 그와 같은 감소현상은 산발적이고 또 그 정도도 그리 크지 못했다. 특히 5월 22일에 thiram을 살포한 K-3에서는 잠복감염의 치료효과가 매우 낮았고 전반적으로 감염율도 다른 두 구에 비해 월등히 높았다 (Fig. 18). K-3의 K-1 및 K-2와의 방제력에서의 차이는 5월 22일의 thiram과 7월 6일과 22일에 azoxystrobin 과 folpet의 순서가 바뀌어 있다는 것뿐이다. 그런데 감염율의 증가와 치료의 부진은 azoxystrobin 및 folpet이 살포되기 이전부터 나타났으므로 이와 같은 현상에 영향을 줄 수 있는 것은 5월 22일의 thiram 인 것으로 추정된다.



Fg. 17. Effects of fungicides on the disease incidence of apple while not determined by bagging of the fruits before and after of each spray (Yongchon, 1998).

Pro: propineb; Azo : azoxystrobin ; Fol : folpet ; Imi: iminoctadine-triacetate; Teb : tebuconazole ; Sam : combined formula of iminoctadine and difenoconazole ; Flu : fluazinam ; NB : not bagged.

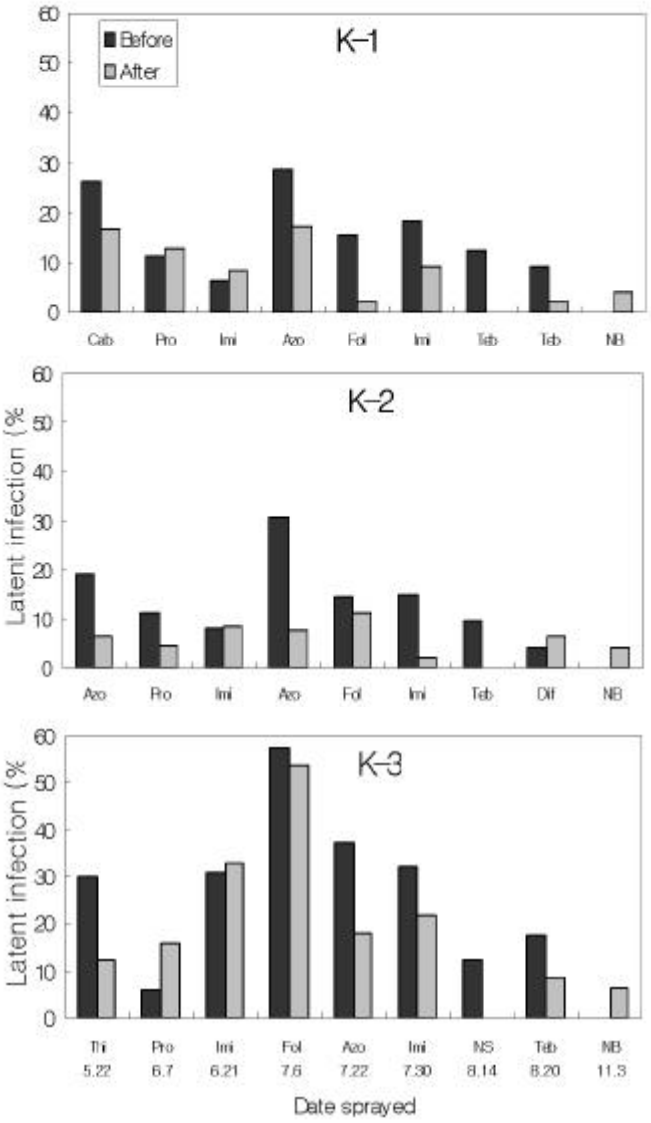
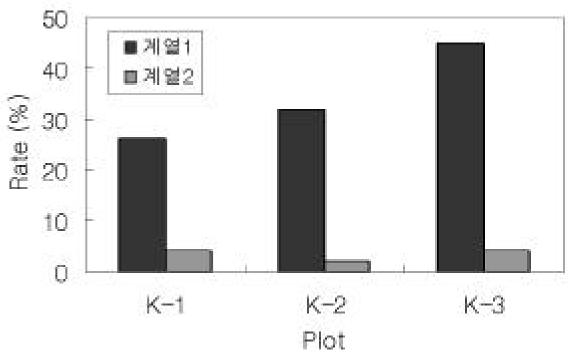


Fig. 18. Effects of fungicides on the latent infection of apple when not determined by bagging of the fruits before and after of each spray (Yongchon, 1998).

Pro: propineb; Azo: azoxystrobin; Fol: folpet; Imi:iminoctadine; Teb: tebuconazole; Sam: combined formula of iminoctadine and difenoconazole ; Flu : fluazinam ; NB : not bagged.

1998년도 겹무늬썩음병 감염최성기는 6월 22일에서 7월 2일 사이였는데 (Fig. 4), 이 실험에서도 그 시기에 감염이 특별히 많았던 것으로 볼 수 있었다. 특히 그와 같은 감염의 증가는 K-2와 K-3에서 두더러 졌고 K-1에서는 이들 두 구에 비해 크게 낮았는데 (Fig. 18), 이들 세 시험 구에서의 차이는 5월 22일에 K-1에서는 cabendazim이 살포되었고, K-2와 K-3에서는 각각 azoxystrobin 과 thiram이 살포된 것뿐이었다. 따라서 이러한 차이는 cabendazim에서 유래된 것으로 볼 수밖에 없는데, cabendazim은 겹무늬썩음병의 포자형성을 저해한다는 사실이 이 연구에서 밝혀진 바 있었다. 당초 의 계획은 이와 같은 포자형성 저해 효과가 있는 약제를 선발하고 이를 감염 초기에 가지에 살포하여 전염원의 밀도를 줄일 계획이었으나 cabendazim의 포자형성 저해 효과가 오래 지속되지 않는다는 결과에 의거, 개발을 중단했다. 그런데 이 실험의 결과로 본다면 cabendazim의 방제효과를 재검토할 필요가 있을 것으로 생각되었다.



]

caused by t n ne p o s o f d .elent spiay schedu e
(1998, Kunwee)

한편 이들 3 시험 구에서의 갈색무늬병의 발생상황을 Fig. 19에 나타내었는데 , 이병엽율이 K-1에서 26.6%, K-2와 K-3에서 각각 32.0%와 45.0%로

살포력의 차이에 따라 이병업율의 차이도 비교적 크게 나타났다. 그런데 이 실험에서도 6월 20일경부터 월 1회 조사했는데, 7월 20일의 조사에서는 병엽이 전혀 발견되지 않았는데, 7월 28일경에 갑자기 격발하여 계획에 없던 iminoctadine을 특별 살포하였다. 그 후 병세는 더 이상 진전되지 않았고 갈색무늬병으로 인한 낙엽은 K-1에서 4.1%, K-2에서 2.0% 그리고 K-3에서 4.0%로 1998년 경상북도내 80%이상의 과수원에서 조기낙엽된 전반적인 갈색무늬병 발생상황에 비하면 매우 경미한 수준이었다.

이 실험은 당초 연간 살균제를 연간 10회 살포하여 경제적 타당성이 있는 방제체계를 개발하기 위한 것인데, 갈색무늬병의 격발에 의해 iminoctadine이 1회 추가 살포되었고 겹무늬썩음병 방제에 핵심적인 EBI살포 시에 강우로 인한 약제의 유실을 우려하여 EBI를 1회 더 살포했다. 따라서 살포회수면에서는 당초의 목표를 달성할 수 없었지만 1998년에는 6월부터 8월까지의 3개월 동안 48일간 비가 내리는 비정상적인 기상조건 하에서도 겹무늬썩음병 및 갈색무늬병이 만족할 만한 수준으로 방제되었다는 점으로 본다면 10회 살포체계는 충분히 가능한 것으로 판단되었다. 특히 K-3에서는 EBI가 1회 살포되어 연간 총 살포회수는 11회였고 겹무늬썩음병의 발병율도 2.1%에 지나지 않았다는 사실이 이를 뒷받침하는 것으로 생각되었다.

그런데 1998년도 살포력에는 총 8종의 살균제가 시용 되었는데, 그중 iminoctadine이 3회나 살포된 것이 다소 문제일 수 있을 것으로 생각되었다. 그러나 iminoctadine은 연용한다고 해도 저항성이 발달하는 따위의 문제는 발생하지 않을 것으로 생각되나, 특정 약제의 지나친 연용은 바람직하지 못한 것은 사실이므로 이를 타결하기 위해 1999년도에 방제체계를 개발하기 위한 시험을 계속했다.

제2절 1999년도 실험

1. 재료 및 방법

가. 방제력의 작성

방제력을 구성하는 약제의 종류에는 1998년도의 방제력과 큰 차이가 없고 최종 약제로 iminoctadine 대신 iminoctadine과 difenoconazole의 합제인 삼진왕이 채택되었고 Y-3 구에서 새로운 약제인 fluazinam이 배치되었다 (Table 31). 최종 약제로 삼진왕을 채택하게된 것은 1998년 시기별 감염조사에서 9월 상. 중순까지 감염이 지속되었으므로 그 시기에 감염된 과실을 치료하기 위해 EBI가 필요한데 tebuconazole은 이미 사용했고 또 8월 하순 이후까지 강우가 지속될 경우 갈색무늬병의 감염 위험이 상존 하므로 이들 두 가지 병해에 대한 대책으로 삼진왕이 적격인 것으로 판단되었다.

Table 31. Fungicidal spray schedules for pilot test in experimental field of Yongchon in 1999

Ser. No	Schedule	Practice	Sequence of fungicides		
			Y-1	Y-2	Y-3
1	25 30, Mar	-	Thiophanate	Thiophanate	Thiophanate
2	15 20, Apr	20, Apr	Captan	Captan	Captan
3	1 5, May	12, May	Systhane M	Systhane M	Systhane M
4	15 20, May	28, May	Propineb	Azoxystrobin	Azoxystrobin
5	1 5, Jun	12, Jun	Azoxystrobin	Propineb	Fluazinam
6	15 20, Jun	26, Jun	Iminoctadine	Iminoctadine	Iminoctadine
7	1 5, Jul	11, Jul	Folpet	Azoxystrobin	Folpet
8	15 20, Jul	26, Jul	Iminoctadine	Iminoctadine	Iminoctadine
9	10 15, Aug	10, Aug	Tebuconazole	Tebuconazole	Tebuconazole
10	25 30, Aug	24, Aug	Samjinwang*	Samjinwang	Samjinwang

* A combined formula of iminoctadine-tractate and difenoconazole

또 Y-3에서 7월 상순에 fluazinam을 검토한 이유는 이 약제가 보호효과가 높고 적용 스펙트럼이 넓어 검토해 볼 필요가 있을 것으로 생각되었다. 그 외의 변형은 propineb, azoxystrobin 및 folpet의 살포시기를 약간씩 달리한 것 정도이다 (Table 31).

나. 포장의 선정 및 약제 살포

영천시 신녕면의 시험 포장 (M26, 후지 12년생) 에서 수행했는데, 이 과수원은 4면이 건물 또는 산으로 둘러싸여 있으며 그 위에 밀식되어 있어 통풍이 매우 좋지 못하고 다비재배로 인해 질소가 과잉된 상태였으므로 병의 발생이 많을 것으로 생각되었다. 한 살포체계를 6주의나무에 대해 적용했으며 농약은 동력분무기로 살포했고, 3월 하순의 1회차의 월동기 방제는 생략했다. 그리고 당해 연도의 전반적 발병 상황을 조사하기 위해 무처리구를 설정했는데, 그 구에서는 5월 12일 낙화직후의 시스텐엠까지만 살포하고 이후 수확기까지 살균제를 전혀 살포하지 않았으며 매회 약제 살포하는 날 이 구에서도 100개씩의 과실에 봉지를 씌웠다.

다. 병해조사

매회 사용된 살균제의 겹무늬썩음병에 대한 보호효과와 치료효과를 검정하기 위해 5월 25일 약제 살포부터 매회 살포직전과 직후에 100개씩의 과실에 봉지를 씌웠다. 포장에서의 겹무늬썩음병 발병율, 수확후의 잠복감염율, 갈색무늬병 조사의 조사는 전술한 방법으로 수행했고, 이 실험에서는 수확한 과실에서 점무늬낙엽병 및 그을음병의 조사도 수행했다.

2. 결과 및 고찰

가. 겹무늬썩음병 방제효과

영천시 신녕면

의 시험포장의 경우, 무처리구에서의 8월 중순까지의 누적 감염율은 92.6%이었고 발병율은 66.3%로 (Fig. 20) 결코 낮지는 않았다. 무처리에서의 높은 감염율 및 발병율에도 불구하고 3종의 살포력을 적용한 시험 구에서의 발병율은 매우 낮아 개별 약제의 방제효과는 물론 살포체계간의 우열을 가리기조차 어려울 것으로 생각되었다.

이들 세 시험 구에서 5월 28일부터 매회 약제 살포 직전과 직후에 봉지를 씌운 과실에서의 발병율을 Fig. 20에 잠복감염율을 Fig. 21에 나타내었는데, 발병율은 10% 이내로 결과의 해석이 어려울 것으로 판단되었다. 그러나 대부분의 경우 약제 살포 직후에 봉지를 씌운 과실에서의 발병율이 살포직전에 봉지를 씌운 과실에서의 감염율보다 낮거나 완전히 발병이 억제되었으므

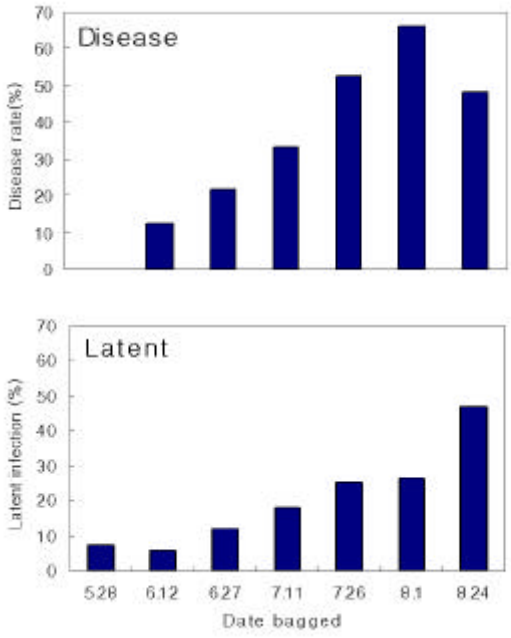


Fig. 20. Disease incidence and latent infection occurred by the accumulative infection until the given date (1999, Yongchon)

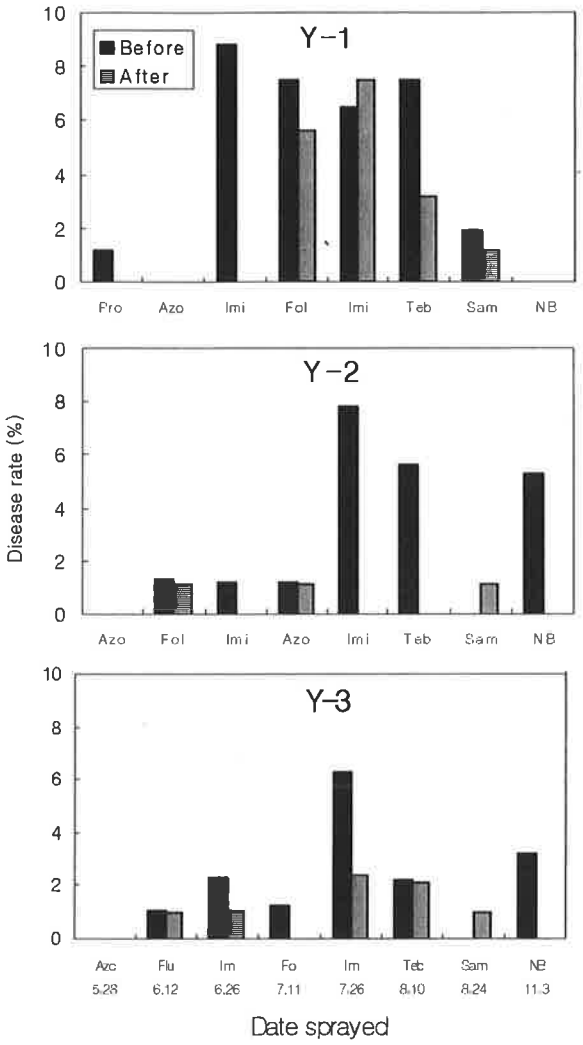


Fig 21. Effects of fungicides on the disease incidence of apple white rot determined by bagging of the fruits before and after each spray (1999, Yongchon).

Pro: propineb; Azo : azoxystrobin ; Fol : folpet ; Imi: iminoctadine-triacetate; Teb : tebuconazole ; Sam : combined formula of iminoctadine-triacetate and difenoconazole ; Flu : fluazinam ; NB : not bagged.

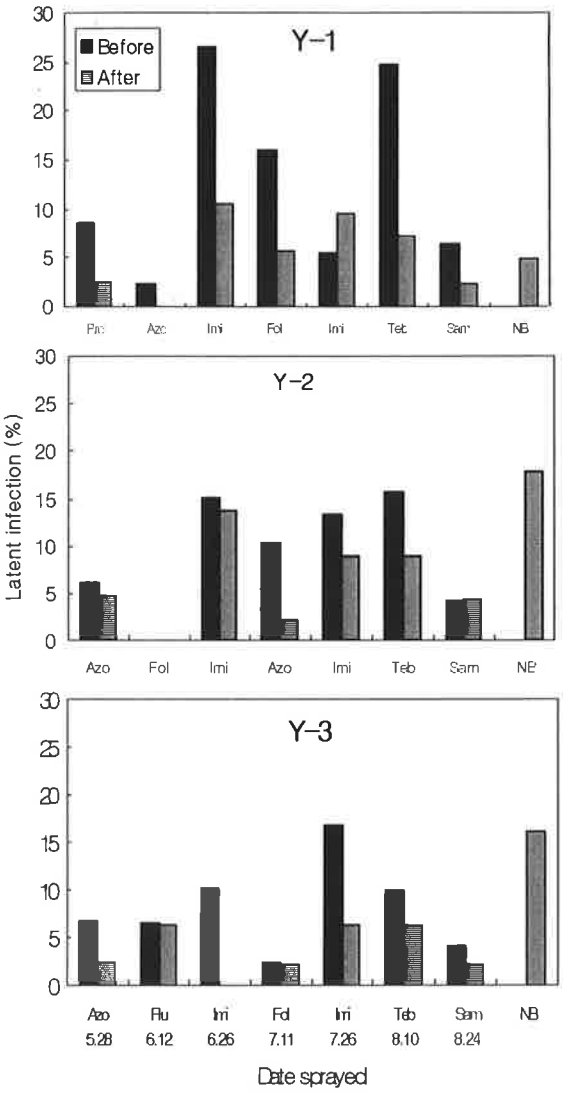


Fig 22. Effects of fungicides on the latent infection of apple white rot determined by bagging of the fruits before and after each spray (1999, Yongchon).

Pro: propineb; Azo : azoxystrobin ; Fol : folpet ; Imi: iminoctadine-triacetate; Teb : tebuconazole ; Sam : combined formula of iminoctadine-triacetate and difenoconazole ; Flu : fluazinam ; NB : not bagged.

로 대부분의 약제는 그 정도에는 차이가 있었지만 치료효과를 나타낸 것으로 볼 수 있었다(Fig. 20). 치료효과는 살균제의 종류에 따라 각각 달랐는데, Y-3에서 6월 12일에 살포된 fluazinam은 치료효과가 거의 없는 것으로 나타났고 folpet도 대체로 치료효과는 낮은 것으로 나타났다 (Fig. 20). 그런데 개별 약제의 치료효과는 시험구 별로 차이가 있었는데 6월 26일 살포한 iminoctadine은 Y-1과 Y-2에서는 발병을 완전히 억제했으나 Y-3에서는 살포전에 봉지를 씌운 과실에서의 발병율 2.3%를 1.1%로 낮추는 정도였다. 또 7월 26일에 살포한 iminoctadine은 Y-1에서는 전혀 치료효과를 나타내지 못했을 뿐 아니라 오히려 약간 증가했는데 이는 실험오차로 보였다. 그런데 Y-2에서는 살포전의 7.8%를 완전히 억제했고, Y-3에서는 iminoctadine의 살포에 의해 6.3%가 2.4%로 줄었다 (Fig. 20). 또 대표적인 치료제인 tebuconazole에 있어서도 이와 같은 현상이 나타났는데, Y-1에서는 살포전의 7.5%를 3.3%로 줄이는 정도였고 Y-3에서는 2.2%가 2.1%로 거의 변함이 없었다 (Fig. 20). 그런데 Y-2에서는 5.6%가 완전히 억제되었다. 또 겹무늬썩음병에 대해 치료효과가 높은 것으로 밝혀진 azoxystrobin의 경우에는 약제 살포 전후 모두 발병이 없어 그 효과를 검정할 수 없었다. 이상과 같이 일부 살균제의 겹무늬썩음병에 대한 치료효과가 살포력을 구성하는 약제의 종류에 따라 달라졌는데, 이는 발병율이 너무 낮은 데에서 오는 실험 오차인지 아니면 구명해야할 사실인지에 대해서는 아직 결정 지을 수 없으나 Y-1의 6월 26일과 Y-2의 7월 26일 처리에서 볼 수 있는 바와 같이 8.8%와 7.8%가 완전히 억제되는 현상은 단순한 실험오차로 보기 어려운 것으로 판단되었다.

또 보호효과에 있어서도 실험오차로 생각되는 부분이 있었는데, Y-2에서 6월 12일 folpet 살포 직전에 봉지를 씌운 과실에서의 감염율이 15일전인 5월 28일에 azoxystrobin 살포 직후에 봉지를 씌운 과실에서의 감염율보다 오히려 낮았다. 약제 살포 직후에 봉지를 씌운 과실은 더 이상의 감염이 없지

만 다음 약제 살포 직전에 봉지를 씌운 과실은 15일간 감염에 노출되어 있었으므로 감염율이 얼마간 증가해 있을 것으로 기대되는데, Y-2에서 6월 12일 살포 직전의 감염율이 오히려 더 낮았다. 이러한 현상은 Y-2와 Y-3의 8월 24일 살포직전의 감염율에 있어서도 볼 수 있었는데 (Fig. 20), 모두 감염율이 매우 낮은 경우였으므로 단순한 오차로 생각되었다.

한편 잠복감염에 대한 개별 약제의 작용은 전년도의 실험에서와 같이 발병율에서처럼 분명하지 않았으나 대부분 상당 정도의 치료효과가 검출되었다 (Fig. 21). 그런데 8월 25일 삼진왕 살포 후에 봉지를 씌운 과실에서의 잠복감염율은 Y-1, Y-2 그리고 Y-3에서 각각 2.4%, 4.3% 그리고 2.1%이었는데 수확기까지 무대상태로 유지한 NB에서는 각각 4.8%, 17.9% 그리고 16.0%로 증가했다 (Fig. 21). 이러한 증가는 8월 25일 최종 살포 이후의 감염에 의한 것으로 판단되었는데, 그 시기의 발병율의 증가는 그리 크지 않았던 점으로 본다면 1999년도에는 후기 감염과실이 대부분 잠복 감염된 것으로 판단되었다.

이 실험에서 5월 28일 시작 당시의 감염율은 세 시험 구에서 거의 비슷했고 실험의 중간부분에서는 약제의 종류에 따라 치료효과 및 보호효과가 달리 나타나므로 시험구간에 약간의 차이가 있어 보였다. 그러나 8월 10일 tebuconazole 살포 후부터 시험구 간에 거의 차이가 없어졌다. 그런데 이 실험에서는 7월 하순경까지 봉지를 씌우지 않은 과실 중, 기계적 상처 또는 충해가 없는 과실 100개씩을 미리 선정하여 표식을 달아두고 이들 과실에서의 발병율 및 잠복감염율을 조사하여 종합적 방제결과를 산정했다. 이들 3종의 방제력을 운용한 각 시험 구에서의 최종 감염율 및 발병율을 보면 Y-1에서는 4.8%가 감염되었으나 수확전까지의 발병은 없었고 Y-2에서는 무려 23.2%가 감염되어 5.3%가 발병했으며, Y-3에서도 감염율 19.2%에 3.2%가 발병했다. 8월 24일 최종 살포에서는 세 시험구에 동일한 약제를 살포했고

또 살포 전후에 봉지를 씌운 과실에서의 감염율에 있어서도 시험구 간에 거의 차이가 없었으나 11월 상순 수확기에는 이처럼 큰 차이가 나타났다 (Fig. 21). 이러한 차이는 전술한 바와 같이 최종 살포 이후의 감염에 의한 것으로 판단되므로 최종 살포약제로 보호효과가 큰 약제를 선정해야할 것으로 생각되었다.

나. 점무늬낙엽병 과실감염 방제효과

실험 시작일인 5월 28일에 봉지를 씌운 과실에서 점무늬낙엽병의 감염율은 시험구 간에 거의 차이가 없었고 매 시기마다 살포한 약제에 의한 치료

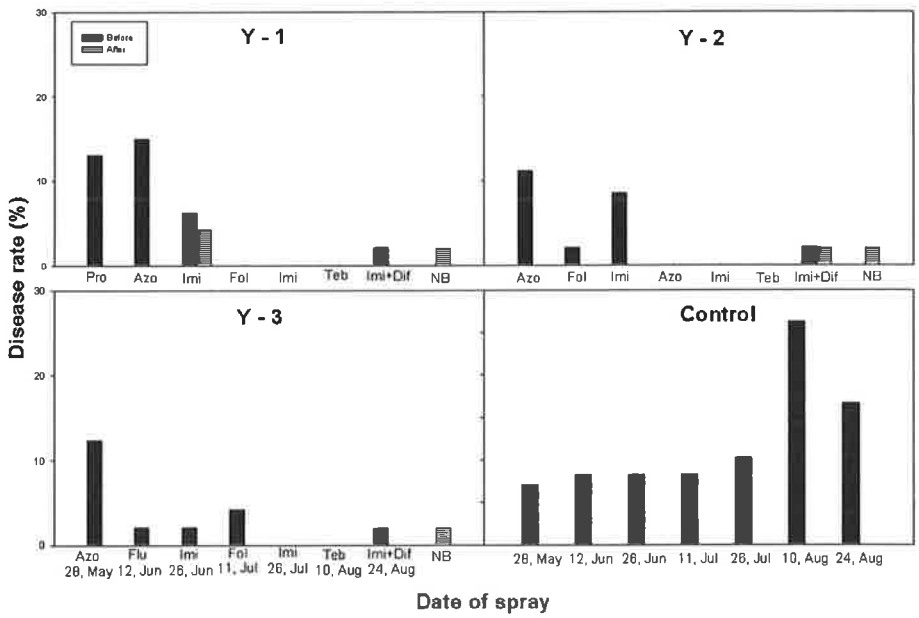


Fig. 23. Protective and eradicative efficacy of each fungicides composed of the spray scheme against fruit infection of *Alternaria mali* determined by bagging of the fruits just before and after each chemical treatment (1999, Yongchon)

효과가 매우 뚜렷하게 나타났다. Y-1에서 5월 28일 propineb 살포전의 감염율은 13.0%이었는데 살포 후에는 완전히 소멸되었고 다시 15일 후 azoxystrobin 살포직전에 14.9%가 감염되었으나 역시 살포 후에는 소멸되었다 (Fig. 23). 또 보호효과도 Y-1과 Y-3에서 보는 바와 같이 약제에 따라 상당한 차이가 있음을 알 수 있었다. 그러나 이 병은 겹무늬썩음병 방제를 위한 약제로도 쉽게 치유되므로 후지 품종에 대한 방제력 작성에 별도로 고려할 필요가 없을 것으로 생각되었다.

다. 그을음병 방제 효과

그을음병은 이 실험이 시작된 5월 28일까지 이미 약 20%가 감염되어있었고 그 후 감염이 지속적으로 증가하였다 (Fig. 24). 특히 6월 12일에 약제를 살포한 이후에 다음 약제 살포일인 6월 26일 사이에 Y-1 시험 구에서는 81.3%, Y-2에서는 93.6%, 그리고 Y-3 에서는 45.8%가 발병하였다 (Fig. 24). 그런데 6월 12일 약제 살포 후에 봉지를 씌운 과실에서의 그을음병 발병율은 세 시험구간에 거의 차이가 없었는데 15일 지난 후 봉지를 씌운 과실에서의 발병율에 이처럼 큰 차이가 있었다는 점은 세 시험구에서 6월 12일에 살포한 살균제의 그을음병에 대한 보호효과에 차이가 있는 것으로 볼 수 있다. Y-1에서는 6월 12일에 azoxystrobin, Y-2에서는 folpet 그리고 Y-3에서는 fluazinam이 살포되었으므로 이들 3종의 살균제 중 그을음병에 대한 보호효과는 fluazinam이 가장 높은 것으로 판단되었다. 그런데 그을음병은 이 실험에 사용된 각종 살균제에 의해 대부분 쉽게 치료되었으나 그 치료효과는 약제간에 상당한 차이가 있었다. 즉 iminoctadine, azoxystrobin 그리고 fluazinam의 치료효과는 비교적 낮았고 propineb과 folpet, tebuconazole 그리고 iminoctadine과 difenoconazole의 합제인 삼진왕의 치료효과는 비교적 높았다. 그리고 최종적으로 Y-1과 Y-3에서는 2.1%가 발병했고 Y-2에서는

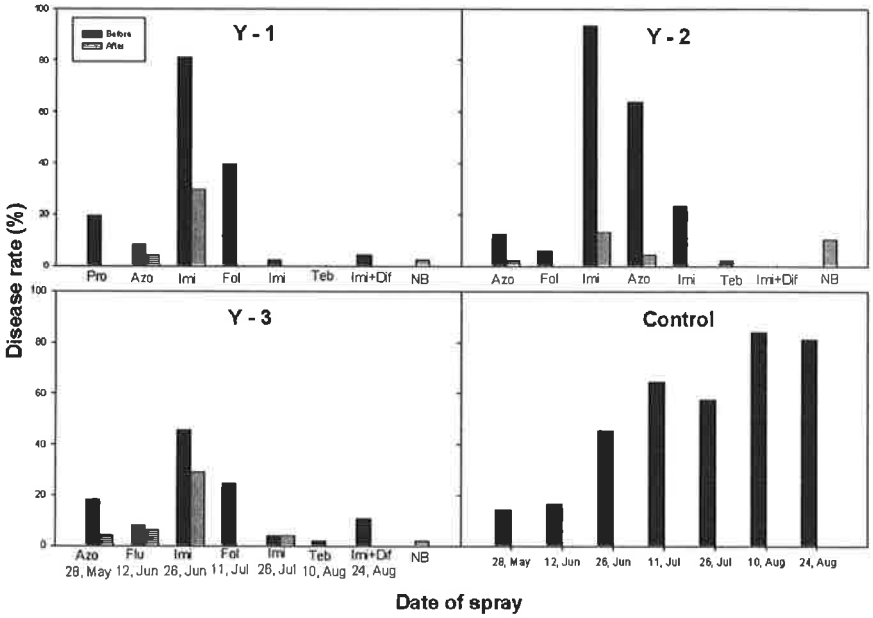


Fig.24. Protective and eradicative efficacy of each fungicides composed of the spray scheme against sooty blotch determined by bagging of the fruits just before and after each chemical treatment (1999, Yongchon)

10.4%가 발병했는데 이는 약제 살포 종료 후에 지속적인 감염이 있었던 것으로 추정되었다. 특히 1999년도에는 9월중에 강수량이 많았던 것도 발병의 한 원인으로 생각되어졌다.

라. 점무늬낙엽병 및 갈색무늬병 방제효과

점무늬낙엽병의 과실감염은 사과의 생육기간 전반에 거쳐 일어났으나 잎에서의 병반은 7월 11일의 조사에서 소량 발견되었고 그 후에는 발병이 없었다. 따라서 후지 품종에서는 이 병이 거의 문제가 되지 않을 것으로 판단되었다. 최근 우리 나라의 사과원에서 가장 문제가 되고 있는 갈색무늬병도 비교적 잘 방제된 것으로 평가되었는데, Y-2에서 9월 상순경 3.1%로 가장 높았고 낙엽은 Y-3에서 1.1%에 지나지 않았다 (Table 32). Y-2에서 이병

엽율이 가장 높았던 것은 갈색무늬병 방제효과가 비교적 낮은 azoxystrobin이 2회 그리고 역시 갈색무늬병 방제효과가 낮은 folpet이 1회 살포되었기 때문인 것으로 생각되었다.

Table 32. Control of Alternaria blotch and Marssonina blotch in each spray scheme composed of selected fungicides.

Plots	Date	Alternaria blotch	Marssonina blotch	
			Lesion	Defoliation
Y-1	11, Jul	0.5	0.3	0.0
	5, Aug	0.0	1.0	0.0
	3, Sep	0.0	1.0	0.3
Y-2	11, Jul	0.2	0.0	0.0
	5, Aug	0.0	0.4	0.6
	3, Sep	0.0	3.1	0.8
Y-3	11, Jul	0.3	0.0	0.0
	5, Aug	0.0	0.8	0.6
	3, Sep	0.0	1.7	1.1

3. 살포체계의 종합평가

살균제의 종류 및 살포시기에 있어서 약간씩의 차이가 있는 3종의 살포력을 동일한 포장에서 운용하고 겹무늬썩음병, 점무늬낙엽병의 과실 감염 그리고 그을음병과 잎에 발생하는 점무늬낙엽병 및 갈색무늬병 방제효과를 검정한 결과, Y-1살포력에서 겹무늬썩음병의 발병이 완전히 억제되었고 잠복감염율도 4.8%로 약간씩 변형한 다른 두 살포력보다 우수하였다. Y-1 살포력은 겹무늬썩음병뿐만 아니고 갈색무늬병에 대해서도 우수한 방제 성과가 얻어졌다. 또 이 실험에서 대단히 중요한 점은 살포력의 경미한 변형이 결과적으로는 매우 큰 영향이 있을 수 있다는 사실이 밝혀졌는데, Y-1과 Y-3간의 차이는 6월 12일에 propineb 대신 fluazinam이 들어 간 것뿐인데 방제성과에는 상당한 차이가 있었다.

제4장 농가실증시험

농가실증시험은 2단계를 거쳐 수행하도록 되어 있다. 제1단계는 이 연구의 2차년도에 경상북도내 3개소에서 수행하고 그 결과를 보아 가면서 3차년도에는 9개소로 늘려서 수행하도록 되어 있다. 1차년도의 각종 병해의 감염시기 조사 및 농약관련 실험 결과에 의거하여 Table 7과 같은 방제력을 작성하고 이를 전년도에 병 발생상황을 조사한 3개 지역에서 실제로 운용하여 농약의 살포회수를 줄여도 경제적 방제가 가능한지 또 매 시기별로 살포된 살균제의 겹무늬썩음병을 위시한 과실 병해에 대한 방제 효과를 보호 및 치료효과로 나누어 검토하여 차년도의 확대 적용에서 야기 될 수 있는 문제를 미리 발굴하도록 했다.

제1절 1999년도 시험

1. 농가의 선정

농가 실증 시험을 위한 과수원은 지리적으로 상호 격리되도록 경북 군위군 부계면, 의성군 점곡면, 안동시 녹전면의 3개소에서 선정했으며, 시험결과의 신뢰도를 높이기 위해 가급적 관리상태가 좋지 않은 과수원을 선정했으며, 이들 과수원의 일반적 사항은 Table 33과 같다.

Table 33. Details of the orchards for demonstrating the usefulness of the fungicidal spray program with reduced frequency in 1999

Site	Localities	Age	Root stock	Size (m2)	Manage-ment	Spray equipment
K-1	군위군 소보면	18	MM106	4,950	good	SS
A-1	안동시 녹전면	20	MM106	3,600	poor	Spray gun
U-4	의성군 점곡면	12	M26	14,850	poor	SS

2. 방제력의 작성

1998년 방제체계 개발 시험의 결과에 의거하여 1999년에도 방제력을 개발하기 위한 실험을 수행했는데 그 실험에서 기본 방제력으로 한 Y-1을 1999년도 농가 실증시험에 사용했다 (Table 31).

3. 시험 방법

가. 농약살포

낙화 직후 살포일을 기준으로 매 15일 간격으로 정해진 약제를 살포하도록 했으며 살포량은 SS로 살포할 경우에는 10a당 500ℓ, 고압분무기로는 최소한 400ℓ가 되도록 했다. 살충제는 해충의 발생 상황에 따라 혼용 가능한 살충제 중에 각 농가의 사정에 가장 잘 부합하는 것으로 선정하도록 했다. 그리고 당초의 계획은 10회차 최종 살포약제는 갈색무늬병 방제를 위해 호마미가 계획되었으나 1999년도에는 가을에 장마가 계속되었으므로 겹무늬썩음병의 감염이 우려되어 삼진왕을 살포하게 했다.

나. 병해조사

겹무늬썩음병의 조사는 완전임의배치 3반복으로하고, 7월 하순 각 구에서 충해 또는 물리적 장애를 받지 않았고, 또 과실의 착과 위치를 보아 앞으로도 물리적 장애를 받지 않을 것으로 생각되는 과실 100개씩을 선정하여 빨래집게로 표식해 두고 이들 과실에서의 발병상황을 8월 하순부터 수확 시까지 주 1회씩 조사했다. 또 잎에 발생하는 점무늬낙엽병과 갈색무늬병 방제효과를 검정하기 위해 7월 11일에 각 구에서 10개씩의 작은 가지를 선정하고, 가지의 기부에 비닐테이프로 표식해 두고 이들 가지에서의 두 가지 병의 발생 상황을 월 1회 조사했는데 갈색무늬병은 9월상순부터 이병엽율과 낙엽엽율로 나누어 조사했다. 또 이 방제력의 방제효과를 확인하기 위해 각 지역

에서 관행적으로 방제하는 농가를 1 농가씩 선정하고 실증시험 농가와 같은 방법으로 병 발생상황을 조사했다.

4. 결과 및 고찰

연간 10회 방제체계의 실증시험에 참여한 3개 농가의 살균제 살포력은 Table 33과 같은데, A-1을 제외한 두 과수원에서는 월동기 방제를 생략했으므로 결국 이들 과수원에서의 연간 살포회수는 9회가 되었다. 세 농가에서

Table 33. Fungicidal spray at the orchards for demonstrating the usefulness of the fungicidal spray program with reduced frequency in 1999

Ser. No	U-4		K-2		A-1	
	Date	Fungicides	Date	Fungicides	Date	Fungicides
1	4. 19	Captan	4. 20	Captan	3. 25	Thiophanate
2	5. 15	Systhane M	5. 15	Systhane M	4. 24	Captan
3	5. 28	Propineb	5. 29	Propineb	5. 15	Systhane M
4	6. 15	Azoxystrobin	6. 12	Azoxystrobin	5. 30	Propineb
5	6. 30	Iminoctadine	6. 28	Iminoctadine	6. 15	Azoxystrobin
6	7. 15	Folpet	7. 14	Folpet	6. 30	Iminoctadine
7	8. 2	Iminoctadine	7. 29	Iminoctadine	7. 15	Folpet
8	8. 17	Tebuconazole	8. 15	Tebuconazole	8. 1	Iminoctadine
9	9. 1	Samjinwang	8. 24	Samjinwang	8. 17	Tebuconazole
10					9. 1	Samjinwang

는 대략 정해진 기간 내에 약제를 살포했으나 그 날짜에 있어서는 약간씩의 차이가 있었다. 또 1999년도에는 8월 중순 tebuconazole 살포 이후에 장마가 계속되었으므로 겹무늬썩음병의 감염 위험이 있고 갈색무늬병의 방제를 강화해야할 필요가 있을 것으로 판단되어 8월 하순 최종 살포 약제를 호마이에서 삼진왕으로 바꾸었다.

1999년도는 최근 전반적으로 병의 발생이 가장 적은 해로 평가되었으나

겹무늬썩음병과 갈색무늬병이 대량 발생한 과수원도 가끔 볼 수 있었다. 이 연구의 실증시험에 참여한 농가의 과수원에서는 Table 34에서 보는 바와 같이 여러 가지 병의 발병율이 지극히 낮았다. 잎에서 발생하는 점무늬낙엽병은 및 갈색무늬병은 거의 무시해도 좋을 정도였고 겹무늬썩음병도 수확기까지의 발병은 4개 포장 공히 전혀 없었다. 그러나 수확 후 4주간 가온처리 하여 발병한 잠복감염율은 U-4에서 17.7%, A-1에서 11.1% 그리고 K-2에서 4.4%가 검출되었을 정도였다. 그리고 탄저병은 4개 포장에서 전혀 발견되지 않았다 (Table 34). 그런데 대조를 위해 실증시험 농가 주변의 관

Table. 34. Incidence of apple diseases at the farm orchards selected for demonstrating the control efficacy of the spray scheme against various apple diseases with reduced fungicidal spray in 1999.

Site	Spray freq.	Foliar disease(%)		Fruit disease(%)		
		Alternaria blotch	Marssonina blotch	White rot		Bitter rot
				Disease	Latent	
U-4	9	2.1	6.4	0.0	17.7	0.0
K-2	9	1.3	2.0	0.0	4.4	0.0
A-1	10	2.2	1.7	0.0	11.1	0.0

Table 35. Disease incidence at the farm orchards practicing the conventional spray schemes

Site	Spray freq.	Foliar disease(%)		Fruit disease(%)	
		Alternaria blotch	Marssonina blotch	White rot	Bitter rot
Kunwee	13	0.2	22.2	0.7	0.2
Yongju	12(2)*	0.1	0.3	1.4	0.3
Uisung	12	0.2	1.1	1.4	0.3
Chungsong	13(1)	0.0	0.4	0.1	0.0

* Tank mix frequency

행방제 농가에서는 살균제의 살포회수가 실증시험과수원에 비해 훨씬 많았지만 병 발생율은 실증시험 과수원 보다 높았고, 비록 발병율이 낮기는 하지만 겹무늬썩음병과 탄저병도 발견되었다. 이러한 점으로 본다면 이 연구에서 개발한 10회 살포체계는 충분한 타당성을 갖는 것으로 판단되었다.

제2절 2000년도 시험

1. 과수원의 선정

농가 실증 시험을 위한 과수원으로 우선 전년도에 이미 10회 방제체계를 시험한 A-1, U-4 그리고 군위군 부계면 소재의 K-3이 폐원되므로 그 대신 소보면 소재의 K-2를 선정했다. 또 YE-1은 금년도에 처음 10회 방제를 시

Table 36. Details of the orchards for demonstrating the usefulness of the fungicidal spray program with reduced frequency in 2000

Site	Localities	Age	Root stock	Size (m2)	Manage-ment	Spray eqipment
K-2	군위군 소보면	18	MM106	4,950	good	SS
YC-3	영천시 화북면	18	M26	23,100	good	SS
YC-4	영천시 신녕면	12	M26	3,300	poor	spray gun
CS-1	청송군 현서면	25	MM106	13,200	good	SS
U-4	의성군 점곡면	10	M26	9,850	fair	SS
A-1	안동시 녹전면	26	MM106	4,290	poor	spray gun
A-2	안동시 임하면	20	M26	12,200	fair	SS
YJ-5	영주시 풍기읍	17	M26	4,290	fair	spray gun
YE-1	예천군 감천면	28	MM106	5,940	poor	SS
S-1	상주시 함창읍	12	M26	14,850	poor	SS

도한 과수원인데, 급경사지로, 밀식이며 수령이 28년이나 되어 조건이 매우 좋지 못한 과수원이었다. 그러나 이러한 악조건의 과수원을 선정한 이유는

결과의 신뢰도를 더욱 높이기 위해서 이었다. 그 외의 6필지의 과수원은 대부분 전년도에 94현장애로연구에서 개발된 연간 12회 방제체계를 적용한 농가였으며 YC-4는 이 연구에서 대부분의 실험을 수행하고 있는 실험 포장이다. 선정된 과수원의 일반적 사항은 Table 36과 같다.

2. 방제력의 작성

1999년도 농가실증시험에서 채용한 Y-1살포력은 병 방제 상 전혀 문제가 없었으나 iminoctadine의 단제가 2회 또 이와 difenoconazol의 합제인 삼진왕이 최종 살포에 사용되었으므로 결국 iminoctadine이 3차례 살포되는 셈이 되었다. 또 iminoctadine은 탄저병 방제효과가 낮으므로 이로써는 근

Table 37. Spray schedule for control of apple diseases with reduced spray frequencies in 2000

Ser. No.	Spray		Fungicides	Target diseases
	Month	Date		
1	Mar.	25 30	Thiophanate-methyl	Valsa canker
2	Apr.	15 20	Captan	Alternaria blotch, Scab, Moldy core
3	May	1 5	Systhane M	Rust, Scab, Moldy core
4		15 20	Propineb	Alternaria, Marssonina Sooty blotch
5	Jun.	1 5	Folpet	Alternaria, Marssonina Sooty blotch, White rot
6		15 20	Dithianon	White rot, Marssonina, Sooty blotch, Alternaria blotch,
7	Jul.	1 5	Azoxystrobin	White rot, Marssonina blotch, Alternaria blotch,
8		15 20	Iminoctadine-triacetate	White rot, Marssonina blotch,
9	Aug.	10 15	Tebuconazole	White rot, Marssonina blotch,
10		25 30	Samjinwang	Marssonina blotch,

년에 와서 발생이 증가하고 있는 탄저병에 대한 대책이 되지 못하는 것으

로 판단되었다. 또 6월 하순에 iminoctadine이 살포될 경우 후지 품종에서도 과피가 거칠어지는 경향이 있고 혼식되어 있는 쓰가루 품종이 품질에 악영향을 미친다는 사실이 밝혀져 상당부분 수정이 불가피했다.

2000년도의 살포력을 Table 37에 나타내었는데, 5월 중순의 4회차까지는 전년도와 같고 6월 상순 5회차에 azoxystrobin 대신 folpet을 배치했는데. 이는 이 시기에는 아직 겹무늬썩음병의 감염이 본격화하지 않을 것이므로 치료효과가 높은 약제보다 보호효과가 높은 약제가 더 유리할 것으로 생각했고, 또 folpet은 갈색무늬병 방제효과가 낮으므로 감염이 본격화하기 전에 배치하는 것이 이 병의 방제에도 도움이 될 것으로 판단했다. 6월 하순의 6회차에는 종래의 iminoctadine을 dithianon으로 바꾸었는데 iminoctadine은 전술한 바와 같이 살포시기가 너무 일러 과피에 손상을 줄 우려가 있고 또 탄저병 방제효과가 낮은 결점이 있다. 그런데 dithianon은 전형적 보호살균제로 겹무늬썩음병에 대한 치료효과는 낮았으나 감염 초기의 보호효과는 비교적 높은 것으로 전년도의 실험에서 밝혀진 바 있고, 또 탄저병 및 갈색무늬병에 대해 우수한 방제효과를 가지므로 이 시기의 약제로 매우 적절한 것으로 판단되었다. 7월 상순경까지 겹무늬썩음병의 감염이 상당 정도 진전되었을 것이므로 이후부터는 치료효과가 높은 약제가 배치되어야하므로 7상순에 azoxystrobin, 하순에 iminoctadine, 8월 상. 중순에 tebuconazole을 배치했고 8월 하순의 최종살포 약제로는 후기 감염을 막을 수 있는 새로운 약제가 발견되기까지 우선 삼진왕을 그대로 두기로 했다.

3. 시험 방법

가. 농약살포

낙화 직후 살포일 을 기준으로 매 15일 간격으로 정해진 약제를 살포하도

록 했으며 살포량은 SS로 살포할 경우에는 10a당 500ℓ, 고압분무기로는 최소한 400ℓ가 되도록 했다. 해충의 경우, 발생이나 약제에 대한 감수성 정도가 지역에 따라 차이가 있으므로 각 농가가 해충의 발생 상황에 따라 이 연구에서 제시한 살균제와 혼용 가능한 살충제 중에 각 농가의 사정에 가장 잘 부합하는 것으로 선정하도록 했다.

나. 병해조사

겹무늬썩음병의 조사는 완전임의배치 3반복으로하고, 7월 하순 각 구에서 충해 또는 물리적 장애를 받지 않았고, 또 과실의 착과 위치가 앞으로도 물리적 장애를 받지 않을 것으로 생각되는 과실 100개씩을 선정하여 빨래집게로 표시해 두고 이들 과실에서의 발병상황을 8월 하순부터 수확 시까지 주 1회씩 조사하여 발병율을 구하였고, 수확 후 각 과수원에서 48-51개씩의 사과를 수집 가온처리 하여 잠복감염율을 구하였다. 또 잎에 발생하는 점무늬낙엽병과 갈색무늬병 방제효과를 검정하기 위해 6월 하순에 각 구에서 10개씩의 작은 가지를 선정하고, 가지의 기부에 비닐테이프로 표식 해 두고 이들 가지에서의 두 가지 병의 발생 상황을 월 1회 조사했는데 갈색무늬병은 9월상순부터 이병엽율과 낙엽엽율로 나누어 조사했다. 또 이 방제력의 방제효과를 확인하기 위해 군위, 의성, 영주 영천에서 관행적으로 방제하는 4 농가를을 선정하고 실증시험 농가와 같은 방법으로 병 발생상황을 조사했다.

4. 결과 및 고찰

2000년에는 전반적으로 병이 매우 적게 발생했으며 특히 겹무늬썩음병은 전국적으로 거의 발생하지 않았다. 그러나 8월 하순까지 살균제 무처리 과수원에서의 누적 감염율은 전년도와 큰 차이가 없었으나 발병이 매우 적었다 (Fig. 5). 또 거의 매년 발생하던 갈색무늬병도 발생이 매우 적어 이 병으로 조기 낙엽된 과수원은 거의 없었다. 2000년도의 실증시험 농가에서는 약제의 살포체계가 잘 지켜지지 않았는데, 5개 농가는 당초의 계획대로 약제를 살

포했으나 4개소에서는 원래의 방제력을 일부 또는 상당부분 변경했다. 이들 농가의 살포력을 Table 37에 나타내었는데, 살포력을 변경함에 있어서 일부는 사전에 상의를 했고 일부는 임의로 변경했다. 이 시험을 수행한 10 농가 중 7농가에서 월동기 방제를 생략하여 연간 살포회수는 9회가 되었다.

YE-1에서는 5월 하순 안트라콜 대신 포리캡탄을 살포했는데, 이는 과수원에서는 일부를 유대재배 했으므로 약제의 통일을 위해 연구책임자와 사전 상의해서 변경했고 그 외 8회차까지는 당초의 계획대로 살포했으나 8월하순 최종 살포 시에 사전 상의 없이 삼진왕 대신 실바코를 살포했다. 이러한 변경 은 농약을 줄이는 데에 대한 심리적 부담과 최종 약제인 삼진왕에 대한 불신이 원인이었던 것으로 밝혀졌다. YJ-5에서는 8월 중순 실바코 살포시까지 전혀 병이 없었으므로 사전 상의 하에 최종 살포를 생략하여 연간 살

Table 37. 기본 방제력을 임의 변경한 실증 농가의 살포력 (2000)

회차	YE-1		YJ-5		S-1		K-3	
	날짜	살균제	날짜	살균제	날짜	살균제	날짜	살균제
1	4. 22	베푸란	4. 16	캬탄	4. 2	톱신	4. 19	톱신
2	5. 16	시스텐엠	5. 12	시스텐엠	4. 18	캬탄	5. 16	시스텐엠
3	5. 29	포리캡탄	5. 29	안트라콜	5. 11	시스텐엠	5. 30	안트라콜
4	6. 11	홀펫	6. 14	홀펫	6. 2	포리커탄	6. 11	후론사이드
5	6. 24	델란	6. 29	베푸란	6. 17	홀펫	6. 21	베푸란
6	7. 10	아미스타	7. 17	아미스타	7. 9	베푸란	7. 13	베푸란
7	7. 25	베푸란	8. 1	베푸란	7. 27	호마이	7. 25	삼진왕
8	8. 10	실바코	8. 15	실바코	8. 18	베푸란	8. 5	실바코
9	8. 28	실바코			9. 19	푸르겐	8. 18	베푸란
10							8. 30	호마이

포회수는 8회가 되었다. S-1은 비전업농으로 사전 상의 없이 임의 변경했는데 약제의 종류에 있어서도 4, 6, 9회차의 살포는 당초의 계획에 없던 약제이었고 살포간격도 5회차와 6회차 사이가 23일이나 되었고 7회차와 8회차 사이가 22일이나 되었다. 그리고 8회차와 9회차 사이에는 1개월이나 되어 방

제가 전혀 제대로 되지 않았다. 특히 6회차에 홀펫 그리고 8회차에 호마이가 살포되었는데 이들은 어느 것이나 갈색무늬병 방제효과가 높지 못한데다가 다음 살포까지의 간격이 너무 벌어져 갈색무늬병 방제에 문제가 있었던 것으로 생각되었다. K-3에서는 4회차에 홀펫대신 후론사이드를 살포했고, 5회차에는 델란 대신 베푸란 6회차에는 아미스타 대신 베푸란 그리고 7화차에는 베푸란 대신 삼진왕 등으로 살포시기가 얼마간 변경되었을 뿐이고 방제체계의 본질은 크게 변경하지 않았다. 단지 베푸란이 단제로 3회, 합제로 1회 살포되어 연용이 문제가 되는 것으로 생각되었다.

Table. 38. Incidence of apple diseases at the farm orchards selected for demonstrating the control efficacy of the spray scheme against various apple diseases with reduced fungicides in 2000.

Site	Spray freq.	Foliar disease(%)		Fruit disease (%)			
		Alt.Bw	Mar. B.x	White rot		Bitter rot	Sooty blotch
				Dis.y	Latz		
K-3	10	6.5	0.0	0.0	14.0	0.0.	0.0
YC-1	10	3.5	1.0	1.0	6.3	0.0	0.0
YC-4	9	1.8	0.0	1.0	6.0	3.0	0.0
CS-1	9	1.9	1.0	0.0	5.9	0.8	0.0
U-4	9	9.3	0.0	0.0	24.0	0.0	0.0
A-1	10	5.8	1.3	0.0	4.3	0.0	0.0
A-2	10	1.4	0.0	0.0	6.7	0.9	0.0
YJ-5	8	11.8	0.3	0.0	14.3	0.0	25.0
YE-1	9	31.1	12.9	0.0	30.0	0.0	35.0
S-1	9	9.2	100	2.0	6.4	3.0	20.0

w : Alternaria blotch ; x : Marssonnina blotch ; y : disease rate ;
z : latent infection

실증 시험 농가에서의 병 발생 상황을 Table 38에 나타내었는데 당초의 방제력을 변경하지 않고 수행한 과수원에서는 대체로 병 발생율이 매우 낮아 거의 무시해도 좋을 정도였다. 그러나 방제력을 변형한 과수원에서는 얼마간 병이 더 발생했다. YJ-5에서는 8월 중순에 살균제 살포를 종료했는데에도

수확에 직접 영향을 미치는 갈색무늬병 겹무늬썩음병 및 탄저병은 거의 발생하지 않았으나 점무늬낙엽병은 11.8%로 다른 포장에 비해 다소 높았으나 문제 될 것이 없었다. 그러나 그을음병이 25.0%나 된 것이 문제였으며 (Table 38) 특히 금년에는 8월 이후의 잦은 강우로 감염이 많았던 것으로 생각되며 8월 하순까지 살균제를 살포할 필요가 있는 것으로 판단되었다. 또 YJ-5의 금년도 결과는 8월 중순에 살균제 살포를 종료하고 8월 하순 이후의 잦은 강우가 있었음에도 불구하고 겹무늬썩음병의 발생이 없고 잠복감염율도 특별히 높지 않다는 점으로 본다면 역시 8월 하순 이후에는 감염이 거의 되지 않는 다는 사실이 확인되어 겹무늬썩음병 방제에 관한 중요한 정보로 판단되었다.

YE-1에서는 마지막 약제를 삼진왕에서 실바코로 바꾸었는데, 점무늬낙엽병의 발생이 눈에 띌 정도로 많았으나 크게 문제가 될 것은 없었고, 겹무늬썩음병의 잠복감염율이 유난히 높았고 그을음병의 발생이 35.0%나 되어 (Table 38) 다른 포장과는 상당히 대비가 되었는데, 최종 약제인 실바코는 보호효과가 거의 없는 약제이므로 약제 살포 종료 후의 그을음병 예방이 어려웠을 것으로 판단되었고 겹무늬썩음병의 잠복감염이 높은 것은 과수원의 상태가 지극히 불량하여 역시 감염이 많았던 것으로 판단되었으며 방제력의 변형이 그 원인이 아닌 것으로 판단되었다. 이러한 판단의 근거는 영천시 실험포장에서 살균제를 완전히 배제한 상태에서 겹무늬썩음병의 누적 감염율을 조사한 실험에서 2000년도에는 감염율은 전년도와 거의 차이가 없었고 다만 발병율만 낮았다는 실험 결과 (Fig. 6)에 근거했다.

S-1에서는 겹무늬썩음병과 탄저병이 각각 2.0%와 3.0%로 금년도의 병 발생 상황으로 보아 매우 높은 편에 속하며 그을음병이 30%나 된 것도 중요한 문제로 생각되었다. 이 과수원에서는 위에서 기술한 바와 같이 5회차와 7회차에 갈색무늬병 방제효과가 낮은 약제를 살포하고 그 위에 살포 간격도 22

일 또는 23일로 벌렸기 때문에 갈색무늬병의 발생이 극심했던 것으로 판단되었다. 그을음병의 발생이 많았던 원인은 8월 18일에 베푸란을 살포하고 9월 19일까지 약 1개월간 공백이 있었고 게다가 difenoconazole 역시 그을음병 방제효과가 낮기 때문일 것으로 판단되었다.

그리고 K-3에서는 당초의 방제력을 보다 강화하는 방향으로 변형했으므로 병 방제에는 아무 런 문제가 없었다. 그러나 한 종류의 약제를 연간 4회나 연용하는 것은 장기적으로 볼 때 전혀 바람직하지 못한 것으로 판단되었다.

이상과 같이 실증 시험 농가의 병 방제 상황을 보면 당초의 프로그램을 변형하지만 않으면 병 방제에는 아무런 문제가 없다는 사실이 확인되었다. 그러나 2000년에는 병 발생이 워낙 적었으므로 10회 방제체계의 적절성을

Table 39. Disease incidence at the farm orchards practicing their own spray program which located near those for demonstrating the control efficacy of the spray scheme with reduced fungicides in 2000.

Site	Spray freq.	Foliar disease(%)		Fruit disease(%)		
		Alternaria blotch	Marssonina blotch	White rot	Bitter rot	Sooty blotch
Kunwee	12	2.3	0.0	0.2	0.2	2.1
Uisung	15	0.2	0.6	0.2	0.0	0.0
Yongju	13	1.9	0.6	0.0	0.0	0.0
Yongchon	14	0.2	0.0	0.0	0.0	2.0

충분히 검정할 수 는 없었으나 4개 지역에서 실증농가의 인근에 독자적 체계로 방제하는 농가와 병 방제 실태와 살포력을 비교했다. 이들 농가 과수원에서의 병 발생 상황을 Table 39에 나타내었는데 전반적으로 병 발생이 매우 적고 실증시험 농가 중 당초의 방제력을 변형하지 않은 농가와 거의 비슷했다.

Table 40. 실증 시험 과수원 주변의 독자적 방제체계 운영 농가 과수원의 2000년도 살균제 살포력

회차	군위		의성		영주		영천	
	날짜	살균제	날짜	살균제	날짜	살균제	날짜	살균제
1	3.27	지오판	4. 6	지오판	4. 6	유황소독	4. 2	지오판
2	4.13	캡탄	4.14	지오판	4.25	지오판	4.20	켑탄
3	5.15	시스텐엠	5. 9	시스텐엠	5.21	시스텐앰	5.18	시스텐엠
4	5.30	만코지	5.20	만코지	6. 2	안트라콜	5.30	만코지
5	6.11	안트라콜	6. 2	안트라콜	6.15	푸르겐	6.13	안트라콜
6	6.21	홀펫	6.13	홀펫	6.28	푸르겐	6.25	가벤다
7	7. 2	베푸란	6.24	아미스타	7. 9	베푸란	7. 7	아미스타
8	7.12	홀펫	7. 4	베푸란	7.24	홀펫	7.18	베푸란
9	7.24	베푸란	7.13	베푸란	8. 9	후론사이드	7.27	바이코
10	8. 5	실바코	7.25	바이코	8.23	실바코	8. 7	다코닐
11	8.22	실바코	8. 5	실바코	9. 4	베노밀	8.21	베푸란
12	9. 6	실바코	8.15	바이코		실바코 만코지 지오판	9. 4	베노밀
13			8.30	푸르겐	9.19	포리람 만코지	9.19	홀펫
14			9.23	델란			10.4	호마이

이상과 같이 병 방제 결과에 있어서는 실증시험농가와 대조를 위한 인근의 농가간에 차이가 없었으나 방제회수에 있어서는 현저한 차이가 있었다. 대부분의 실증 농가의 살포회수는 9회였는데 군의군의 대조 농가에서는 12회, 의성군에서는 14회, 영주시에서는 13회 살포했으나 그중 1회는 3종 살균제를 혼합살포 했고, 영천시의 대조 농가에서는 14회나 되었다 (Table 40). 또 방제체계에서의 차이는 살포회수 뿐만 아니고 농약대에서도 상당한 차이

가 있을 것으로 생각되었다. 특히 군위군의 대조농가에서는 실바코와 같은 고가의 약제를 3회 연속살포 했고, 영주시의 대조 농가에서는 9월 10일에 3종 혼합, 9월 19일에 다시 2종 혼합 살포했고 고가의 EBI가 4호나 살포되었다.

제3절. 결론

1999년부터 2년간에 걸쳐 연간 10회 살균제를 살포하는 방제체계를 실제 농가에서 실증시험 하였다. 그런데 1999년도 비교적 병이 적은 해였고 2000년에는 병 발생이 극단적으로 적은 해였으므로 시험한 방제체계의 유용성을 충분히 입증하기 어려웠다, 그러나 실증시험 농가 인근의 과수원에서의 병 발생 상황을 조사한 결과, 살포회수는 실증 시험 농가보다 더 많았으나 병 방제효과는 거의 비슷했거나 오히려 더 높았다.

2000년에는 1999년의 실증시험에 사용한 방제력을 상당부분 수정 보완하여 경북도내 10개소에서 실증시험 했는데, 당초의 방제력을 변형하지 않고 그대로 이행한 과수원에서는 대부분의 주요 병이 거의 완전히 방제되었다. 그러나 방제력을 특별한 원칙 없이 임의로 변경한 과수원에서는 그을음병과 같은 일부 병의 방제에 얼마간 문제가 있는 것으로 밝혀졌고, 방제력에서의 경미한 변형도 결과에는 큰 영향을 미치는 것으로 나타났다. 그런데 2000년에도 병 발생이 전년도보다 더 적어 병 방제효과를 확실히 증명하기는 어려웠으나 주변의 독자 방제 프로그램을 운영하고 있는 농가와 비교한 결과, 약제 살포회수를 크게 줄이고도 동등 수준의 방제가 가능하다는 사실이 입증되었다. 따라서 이 연구에서 개발된 방제력은 앞으로 개선할 여지는 남아 있으나 농가에 보급해도 큰 문제는 없을 것으로 판단되었다.

참 고 문 헌

1. Barry J. Jacobsen 1997. Role of plant pathology in integrated pest management. Annu. Rev. Phytopathol. 35: 373-91
2. Biggs, A. R. 1995. Detection of latent infections in apple fruit with paraquat. Plant Dis. 79:1062-1067.
3. Brown E. A. and F. F. Hendrix, 1981. Pathogenisty and histopathology of *Botryosphaeria dothidea* on apple stems. Phytopathology 71: 367-379
4. 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.
5. Choi, Hang hee, Hee Jung Yang, Hyun Woo, Dai Hee Kim and Jae Youl Uhm. 1999. Pycnidiospore production and dispersal from the warts produced by infection of *Botryospaeria dothidea* on apple stems. Plant Pathol. J. 15(6) 330-334.
6. **정미혜, 김대희, 엄재열**. 1993. **사과 과실 표면에 부착한 겹무늬썩음병균 포자 수의 계수**. **한국식물병리학회소식**, 4(1): 79-80.
7. Drake, R. C. 1971. Source and longevity of apple fruit rot inoculum, *Botryosphaeria ribis* and *Physalospora obtusa*, under orchard conditions. Plant Disease Reporter 55: 122-126.
8. **平良木 武 伸谷房治 關澤 博**. 1981. **リンゴ輪紋病に關する研究 第3 報. 感染時期. 日植病報**, 47: 373.
9. **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.
10. **김대희, 김이부, 엄재열** 1996. **사과 겹무늬썩음병의 전염원 경감법 개발을 위한 시도**. **한국식물병리학회**. 12(2):219-225.
11. **김이부, 김대희, 이용현, 엄재열**. 1997. **사과 겹무늬썩음병 이병지의** polymer coating**에 의한 전염원 밀도 경감**. **한국식물병리학회지**. 13(5): 349-357
12. **김종천**. 1982. **사과 부패병균의 동정 및 전염경로에 관한 연구**. **농촌진흥청. 산학협동**. 23:1-51.

13. **김기우, 박은우, 김성봉, 윤진일**. 1995. **사과원에서** *Botryosphaeria dothidea* **포자 방출의 경시적 변화 및 관련된 기상요소. 한국식물병리학회** 11(3): 230-237.

14. **김삼선, 주길재, 엄재열, 김영재, 이인구**. 1997. **사과 겹무늬썩음병균에 대한** Bacillus sp. SS279**의 항진균활성과 생물학적 방제**. Journal of microbiology and biotechnology 25(5) : 527-536.

15. **김성봉, 김진수**. 1989. **사과 겹무늬썩음병의 병원성과 발생생태에 관한 연구** II. **사과 겹무늬썩음병의 발생생태와 방제**. **한국원예학회지** 30(2):129-136.

16. Kohn, F. C., and Hendrix, F. F. 1982, Temperature, free moisture, and inoculum concentration effects on the incidence and development of white rot of apple. Phytopathology 72: 313-316.

17. Kohn, F. C., Jr., and Hendrix, F. F. 1983. Influence of sugar content and pH on development of white rot on apples. Plant Disease 67: 410-412

18. Latorre, B. A. and Toledo, M. V. 1984. Occurrence and relative susceptibility of apple cultivars to Botryosphaeria canker in Chile. Plant Dis. 68:36-39

19. **이창은, 김기홍, 박석희**. 1991. **사과 겹무늬썩음병균의 약제 내성균 분포 상황 및 약제 내성 기작에 관한 연구. 농시논문집(농업산학협동편)** 34:155-169.

20. **이창은, 박석희**. 1994. Benomyl**에 저항성인 사과 겹무늬썩음병균의 교차 및 이중저항성. 한국식물병리학회지** 10(4):270-276

21. **이두형**. 1990. **사과겹무늬썩음병의 병원균, 발생요인 및 방제대책. 경북대학교 농업과학 기술연구소 세미나 특집호**. 24-41.

22. Lee, Y. H., Cho, W. D., Kim, W. K., Lee, E. J., Han, S. J. and Chung, H. S. 1993. Detailed survey of apple pear disases in major fruit producing areas in Korea('88 '92). Korean J. plant pathol. 9(1):47-51

23. **尾形 正**. 1992. **リンゴ輪紋病の 果實感染に 及ぼす要因. 今月の農業**, 11: 48--51

24. Parker, K. C., and Sutton, T. B. 1993. Effect of temperature and wetness duration on apple fruit infection and eradicant activity of fungicides against *Botryosphaeria dothidea*. Plant Dis. 77: 181-185

25. Parker, K. C., and Shutton, T. B. 1993. Susceptibility of apple fruit to *Botryosphaeria dothidea* and isolate variation. Plant Dis., 77: 385-389.

26. Sutton , T. B. and Arauz, L. F. 1981. Production and dispersal of conidia by Physalospora obtusa and *Botryosphaeria dothidea* in apple orchards. Phytopathology 71:584-589.

27. 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.

28. Sutton, T. B. 1990. White rot. Pages 16-18 in: Compendium of Apple and Pear Diseases. A. L. Jones and Aldwinckle, eds. American Phytopathological Society, St. Paul, MN.

29. **엄재열, 이동혁, 이상계**. 1995. **미국 수출용 사과 재배를 위한 살균제 살포력의 개발**. **한국식물병리학회지**. 11(1): 17-29.

30. **엄재열, 이용현** 1997. Polymer coating**에 의한 사과원 농약 살포회수경감법의 개발**. '94 **농림수산기술개발연구보고서**

31. Uhm, Jae Youl. 1998. Current practice of chemical control against apple diseases and its improvement in Korea. Proceedings of international symposium on recent technology of chemical control of plant diseases pp 19-49.

32. **엄재열**, 1998. **저농약 고효율 사과병 방제 기술**. **경북대학교 농업과학기술연구소 경북대학교 사과연구센터 사과원 병해충 방제 강좌** pp. 1-62.

33. Wallace, J., Kuc, J., and Draudt, H. N. 1962. Biochemical changes in the water-insoluble material of maturing apple fruit and their possible relationship to disease resistance. Phytopathology 52: 1023-1027.

34. Wallace, J., Kuc, J., and Williams, E. B. 1962. Production of extra-cellular enzymes by four pathogens of apple fruit. Phytopathology 52: 1004-1009.

35. Weaver D. J., 1979, Role of conidia of *Botryosphaeria dothidea* in the natural spread of peach tree gummosis. Phytopathology 69: 330-334.

36. **양희정**, **최창희**, **우현**, **김대희**, **엄재열**. 1998. **사과 겹무늬썩음병에 걸린 가지로부터 분산되는 병포자의 정량적 조사법 개발**. **한국식물병리학회지** 14(4): 325-330

최 종 보 고 서

1994년도 농림수산특정연구사업에 의하여 완료한 “Polymer coating에 의한 사과원 농약 살포 회수 경감법의 개발”에 관한 연구의 최종보고서를 별첨과 같이 제출합니다.

첨부 : 1. 최종보고서 10부
2. 최종보고서 디스켓 1매

2000. 12

주관연구기관 : 경북대학교

총괄연구책임자 : 엄 재 열 (인)

주관연구기관장 : 경북대학교 총장

농림부장관 귀하

주 의

1. 이 보고서는 농림수산부에서 시행한 농림수산특정연구 사업의 연구 보고서입니다.
2. 이 보고서의 내용을 발표할 때에는 반드시 농림수산부에서 시행한 농림수산특정연구사업의 연구 결과임을 밝혀야 합니다.
3. 국가 과학기술 기밀 유지에 필요한 내용은 대외적으로 발표 또는 공개하여서는 아니됩니다.