

사과 겹무늬썩음병의 전염원 경감법 개발을 위한 시도

김대희 · 김이부 · 엄재열*
경북대학교 농과대학 농생물학과

Trials for Developing the Measures to Reduce the Inoculum Sources of Apple White Rot

Dai Hee Kim, Eve Kim and Jae Youl Uhm*

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

ABSTRACT : Since the main inoculum source for the fruit infection in apple white rot is the spores produced on the stems of apple trees infected by *Botryosphaeria dothidea*, the inhibition of sporulation or spore dispersal either by chemical or physical methods might be the most effective means for controlling the disease. The first approach for reducing the inoculum was made by scrapping-off the warts in which a large number of pycnidia are produced with a specially designed hoe in early spring of 1992. This trial, however, brought about neither significant reduction of spore dispersal nor significant suppression of disease on the fruit. The second approach was wrapping the diseased stems with plastic film to block the spore dispersal and to kill the pathogen by altering the environment. Trees wrapped with the plastic film were sprayed with fungicides at 20-day intervals from early May to early September in 1993. A significant reduction in the disease incidence on the trees wrapped with the film was observed without remarkable hazardous effect on the growth of trees except abnormal swelling of the cork layer. Developing the idea of the film wrapping to further extent, the diseased twigs were coated with polyvinyl alcohol, a water-soluble polymer in the early spring of 1994 and the waterborne spore dispersals from the coated trees were monitored. A drastic reduction in the spore dispersal gave a strong suggestion for the practical utilization.

Key words : reduction of inoculum, plastic film wrapping, polymer coating.

사과 겹무늬썩음병(*Botryosphaeria dothidea*)의 제 1차 전염원은 나뭇가지에 형성된 사마귀형 돌기 또는 조피증상의 병반으로부터 분산되는 자낭포자 및 병포자이므로(3~6, 8, 9, 11, 12) 이 병의 방제대책은 네 가지 단계에서 접근할 수 있다. 첫번째로 나뭇가지 병환부의 병자각 또는 자낭각에서 포자의 형성을 억제하는 것으로 물리적 방법과 화학적 방법이 있다. 물리적 방법은 가지에 형성된 사마귀 및 조피를 제거하는 것이고, 화학적 방법으로는 포자형성을 저지하는 물질을 처리하여 병자각 또는 자낭각내에서의 포자형성을 억제하는 방법인데, 방제약제 살포시 나뭇가지에도 약이 충분히 묻도록 하는 것을 이 방법의 일환으로 볼 수 있다. 두번째 단계로는 겹무늬썩음병에 걸린 가지

를 비닐 등의 재료로 피복하여 포자의 분산을 저지하는 방법을 생각할 수 있으며, 세번째 단계는 과실에 봉지를 씌워 가지에서 비산된 포자가 과실표면에 부착하지 못하게 하는 방법으로 유대재배(有袋栽培)가 여기에 속한다. 네번째 단계는 포자가 과실 표면에 도달해도 침입하지 못하게 하는 방법인데 살균제를 살포하는 것이 이 방법이 된다.

이상과 같이 겹무늬썩음병은 여러 가지 단계에서 방제가 가능할 것으로 생각되나, 현재 이 병의 방제는 주로 정기적인 살균제 살포에 의존하고 있다. 경북지방의 표준방제력에는 연간 16회의 살균제 살포를 권장하고 있는데 그 절반 이상이 겹무늬썩음병의 방제를 위한 살포이다. 그럼에도 불구하고 발병이 많은 해에는 10% 이상이나 되고, 수확 당시 잠복 감염율까지 합하면 40%에 가까운 과실이 감염되어 있는 것으

*Corresponding author.

로 보고되어 있다(14). 따라서 정기적인 살균제 살포, 특히 보호살균제의 살포만으로는 과실의 급격한 비대생장으로 인해 방제에는 일정한 한계가 있을 수밖에 없다. 그리고 과실의 외관을 좋게 하기 위해 일부의 과실에 봉지 씌우기를 하는 경우가 있는데, 이것이 이 병의 방제에 부분적으로 기여한다. 만약 착과된 과실 전부에 봉지 씌우기를 한다면 이는 겹무늬썩음병에 대한 가장 완전한 방제대책이 될 수 있으나 경제적으로 타당성이 없으므로 여기에 의존하여 이 병을 방제할 수는 없다. 따라서 겹무늬썩음병의 방제에 있어서 이와 같은 한계를 극복하기 위해 위에서 제시한 제1단계와 2단계의 저지법으로 전염원의 밀도를 줄이는 방법을 검토할 필요가 있는 것으로 생각되었다. 그리고 실제로 지금까지 일부의 연구자(3, 5)에 의해 가지에 형성된 사마귀 및 조피의 제거가 병 발생을 현저히 줄일 수 있다는 사실이 보고되어 있다.

이 연구에서는 우선 나뭇가지에 형성된 사마귀의 물리적 제거에 의한 병 방제 가능성을 검토했고, 겹무늬썩음병균의 감염에 의해 사마귀 및 조피가 형성된 가지를 비닐로 피복하고 20일 간격으로 살균제를 살포하므로 비닐 피복에 의한 겹무늬썩음병 방제 가능성을 검토하였다. 또, 이 개념을 한 단계 더 발전시켜 수용성 고분자 물질인 polyvinyl alcohol로 가지의 병반을 도포한 후 포자의 분산 저지효과 유무를 조사했다.

재료 및 방법

사과나무 줄기에 형성된 사마귀형 돌기 및 조피의 제거가 포자의 수매 분산 및 병 방제효과에 미치는 영향 조사. 경북 영천군 화북면 오산리 소재의 농가 과수원에서 재배되고 있는 16년생 사과나무(품종: 후지, M26 대목)를 대상으로 시험했다. 1992년 3월 하순 시험포장내에 식재된 248주 중 집단화되어 있는 96주에 대해 조피 제거용 호미로 줄기에 형성된 사마귀 및 조피를 철저히 제거하고, 석회유황합제 10도액에 고착제로 whiton powder(Shiraishi, Japan) 10%(v/w)를 첨가하여(3) 소형 동력분무기(Aasaba EP-63R, Japan)로 사마귀 제거 부위에 살포했다. 그 후 9월 상순까지 Table 1과 같이 살균제를 살포했으며 사마귀 및 조피 제거 효과는 포자의 수매분산량과 발병율로 판정하였다.

포자의 수매 분산량을 조사하기 위해 사마귀 및 조피를 제거한 나무와 제거하지 않은 나무를 각각 3주씩 선정하고 나무의 지체부에서 약 10 cm의 위치에 두꺼

운 비닐로 깔때기를 설치, 그 기저 부위에 비닐 호스의 한쪽 끝을 연결하고 다른 쪽 끝에 1.5 liter polyethylene병을 설치하여 가지를 타고 내려오는 빗물이 모이도록 했다. 빗물에 함유된 포자의 발아를 막기 위해 polyethylene병에는 0.5 g의 $CuSO_4$ 를 넣어 두었다. 8월 7일부터 9월 2일까지 5회에 걸쳐 비가 온 직후 병에 모인 빗물 1 ml를 공경 2.0 μm , 직경 11 mm의 투명한 membrane filter(Nuclepore, U.S.)에 통과시키고, filter에 부착된 포자를 1% aniline blue 가용 lactophenol로 염색 후, 광학 현미경(250 \times) 하에서 filter 전면의 포자 수를 조사했는데, 포자의 밀도가 높은 경우는 빗물을 10배로 희석하여 계수했다.

병 방제효과를 조사함에 있어서 사마귀를 제거한 구에서의 조사대상 나무는 무처리 나무에서 비산되는 포자의 영향을 가급적 줄이기 위해 시험구의 중앙부에서 선정했다. 사마귀 및 조피를 제거한 구와 제거하지 않은 구에서 각각 조사대상 나무를 난피법 3반복, 구당 3주가 되도록 미리 선정해 두고, 8월 10일부터 11월 4일 수확시까지 낙과된 과실 중 겹무늬썩음병에 걸린 과실수를 매주 1회씩 조사하였고, 수확시에는 나무 전체의 과실을 수확한 후 총과실수와 병든 과실수를 조사했으며, 수확전 낙과된 병든 과실수를 더하여 이병과율을 구하고, 그 결과를 t-test로 처리간의 유의차를 검정했다.

Table 1. Fungicides sprayed throughout the experimental period to determine the effects of wart elimination from the stems of apple trees infected by *Botryosphaeria dothidea* on the control of fruit rot

Date sprayed	Fungicides	Dosage (kg a.i./ha)
28 Mar.	Lime sulfur	17.6
13 Apr.	Imminoctadine - triacetate	1.25
9 May	Mancozeb + systhane	6.7
23 May	Mancozeb	7.5
8 Jun.	Propineb	7.0
18 Jun.	Captan	5.0
28 Jun.	Captafol	5.0
8 Jul.	Benomyl	1.63
18 Jul.	Captafol	5.0
28 Jul.	Captan	5.0
7 Aug.	Folpet	5.0
16 Aug.	Propineb	7.0
24 Aug.	Folpet	5.0
31 Aug.	Folpet	5.0
10 Sep.	Benomyl	1.63
25 Sep.	Benomyl	1.63

병든 가지에의 비닐 감기에 의한 겹무늬썩음병 방제효과 검정. 겹무늬썩음병에 걸린 가지를 비닐 필름으로 피복하여 포자의 분산을 저지하면 어느 정도의 방제효과를 얻을 수 있는지를 검토했다. 겹무늬썩음병 상습 다발 지역인 경북 경주시 외동읍 구어리 소재의 한 농가 과수원에 재배되고 있는 일반대목 20년생 사과나무(품종 : 후지 일반대목)에 대해 시험하였는데, 가지에는 겹무늬썩음병균의 감염에 의한 사마귀가 다량으로 형성되어 있었다. 비닐의 색깔에 따라 햇빛의 투과나 수체표면 온도의 차이에 의해 수피조직 내의 병원균의 사멸 속도에 차이가 있을 것으로 생각되어 검은 비닐과 투명 비닐의 두 종류를 사용했다. 1993년 3월 전정이 끝난 직후, 12주의 나무를 선정, 4개의 처리에 대하여 난괴법 3반복이 되도록 포장을 설계하였다. 각구 4주의 나무 중 한 주에는 투명 멀칭용 비닐(TV)을, 또 한 주에는 나무에는 흑색 멀칭용 비닐(BV)을 사마귀가 형성된 부위에 가능한 범위까지 감았으나 잔가지에 형성된 사마귀까지 완전히 감지는 못했다. 이들 나무에 대해서는 5월 10일부터 9월 16일까지 약 20일 간격으로 Table 2와 같이 살균제를 살포했다. 각구의 나머지 2주에는 비닐을 감지 않았는데 그 중 한 주에는 비닐을 감은 나무와 동일한 방법으로 농약을 살포하였고(NR), 나머지 한 주는 무처리구로(NT) 겹무늬썩음병균의 감염가능 기간인 6월 20일 이후에 살균제를 전혀 살포하지 않았다.

발병 조사는 병에 걸린 과실이 낙과되기 시작하는 9월 상순부터 시작했는데, 수확기까지는 낙과된 과실 중에 겹무늬썩음병에 걸린 과실 수를 각 나무별로 조사했고, 11월 6일 수확기에는 나무 전체의 과실을 수확한 후 발병과의 수 및 총과실 수를 조사했다. 조사 결과는 단일자유도대비법으로 각 처리를 비교했다.

Table 2. Fungicides sprayed throughout the experimental period to determine the effects of wrapping of infected stems with plastic film on the control of apple white rot

Date sprayed	Fungicides	Dosage (kg a.i./ha)
10 May	Mancozeb + systhane	6.7
30 May	Mancozeb	7.5
20 Jun.	Mancozeb + difenoconazole	7.5+0.17
9 Jul.	Imminoctadine - triacetate	1.25
2 Aug.	Imminoctadine - triacetate	1.25
22 Aug.	Difenoconazole	0.25
16 Sep.	Thiophanate - methyl + thiram	7.5

겹무늬썩음병 이병 가지에의 Polyvinyl alcohol 도포에 의한 포자 분산 저지효과 검정. 겹무늬썩음병에 걸린 사과나무 가지를 비닐 필름으로 감아 포자의 분산을 차단하므로 어느 정도의 병방제 효과를 얻을 수 있다는 사실이 밝혀져, 비닐 필름 대신 사용이 간편한 polyvinyl alcohol(PVA)의 이용 가능성을 검토했다. PVA는 수용성 고분자 물질로 polyvinyl acetate의 검화에 의해 만들어지는데, 중합도와 검화도에 따라 점도, 부착성, 내수성 등의 물성이 달라진다(13). Polyvinyl alcohol(중합도 : 1,500, 검화도 : >99.0%, Showa Chemical Inc., Japan)에 적당량의 물을 가하고 자석교반기 상에서 가온하면서 용해한 후, 최종적으로 다시 물을 가하여 농도가 7.0%와 14.0%(w/v)가 되도록 조정하였다. PVA는 생분해성이 있긴 하지만 그 분해속도가 느리기 때문에(10) 이것만을 도포할 경우 통기 불량에 의한 사과나무의 생육장애를 고려하여 미생물에 의해 쉽게 분해되어 통기 구멍이 생길 수 있도록 옥수수 생전분을 PVA농도의 0, 2.5, 5.0, 7.5%가 되도록 각 농도의 PVA 용액에 첨가, blender로 혼합하였다. 대구시 산격동 소재 경북대학교 부속농장내 사과원에 식재된 7년생 사과나무(품종 : 후지, M26 대목) 중 주간에 겹무늬썩음병균의 감염에 의해 사마귀 및 조피가 다량 형성된 나무를 선정하여 1994년 4월 중순 병든 부위에 위에서 기술한 PVA 및 PVA·전분 혼합액을 붓으로 도포하였는데, 무처리를 포함하여 각 농도별로 3반복이 되도록 처리했다. 이상과 같이 처리한 나무의 주간에 위에서 기술한 바와 같이 주간을 타고 흘러내리는 빗물을 모으는 장치를 부착하고 강우 후 빗물 1 ml내의 겹무늬썩음병균의 병포자의 수를 전술한 방법으로 계수하였다.

포자 분산이 예상되는 5월 상순경부터 매회 강우시마다 무처리 나무의 가지를 타고 흘러내린 빗물에 혼입되어 있는 포자의 수를 조사하였는데, 1994년 대구 지방에서 겹무늬썩음병균 병포자의 수매분산이 처음 확인된 것은 5월 11일이었으나 병포자 분산량이 빗물 1 ml당 1개 정도에 지나지 않았고, 5월 25일에 약간의 비가 내린 것 이외에 약 1개월간 비가 내리지 않았다. 그후 6월 20일에 가서 비로소 포자의 분산을 유도할 수 있는 충분한 강우가 있었으나 무처리 나무에서 포착된 평균 포자수가 여전히 빗물 1 ml당 24개에 불과했으므로 PVA를 도포한 나무에서의 분산량 조사를 유보했다. 그런데 6월 27일에 가서 무처리 나무의 가지를 타고 흘러내린 빗물 1 ml당 96개의 포자가 검출되었으므로 그 때부터 전면 조사를 시작했다. 조사 결

과는 DMRT로 분석하였다.

결과 및 고찰

사마귀의 제거가 병포자의 분산량 및 병방제에 미치는 영향. 1992년도 경북 영천 지방에 있어서의 겹무늬썩음병 병포자 비산 양상은 종래 각 지역에서 보고된 양상(2, 3, 4, 9, 11)과는 매우 다른 특이한 양상을 보였다. 공중포자의 비산은 7월 중순부터 시작되었으나 그 양은 매우 적었고, 8월에 들어가서 비산량이 증가하기 시작했으며 최고 비산기는 9월 중순과 하순이었다(14). 이 연구에서 수매분산 포자의 조사는 포자의 분산이 본격화된 8월 7일부터 9월 2일 사이에 5차례에 걸쳐서 수행했는데 그 이후에는 빗물에 함유된 포자를 수집하기 위해 membrane filter를 통과시키는 과정에서 대부분의 포자가 파괴되었기 때문에 조사할 수 없었다.

사과나무 가지에 형성된 사마귀 및 조피를 제거하면 병포자의 분산을 거의 완전히 차단할 수 있을 것으로 기대했으나, Fig. 1에서 보는 바와 같이 병포자의

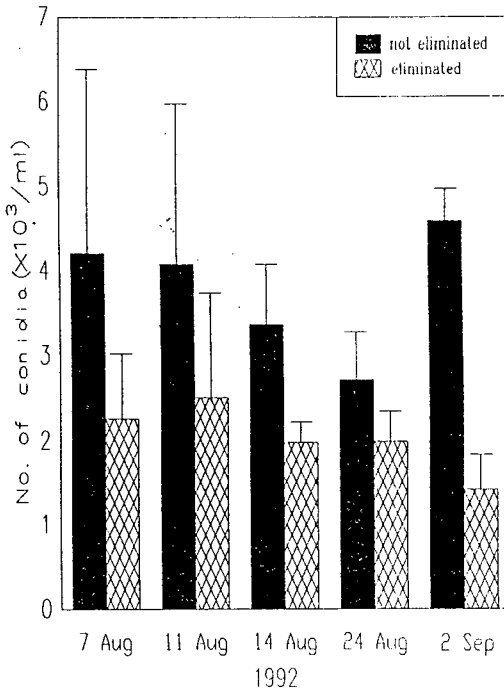


Fig. 1. Effect of mechanical elimination of the warts on the conidia trapping from the stems of apple infected by *Botryosphaeria dothidea*. Vertical bars represent the standard deviation of the mean.

수매 분산량이 얼마간 줄어지긴 했으나 기대에는 훨씬 미치지 못했다. 그리고 포착된 포자의 수는 반복간에 매우 큰 변이를 보였으므로 Fig. 1에서 보는 바와 같이 표준편차가 크게 나타났으며 9월 2일 조사치를 제외하고는 처리와 무처리간에 유의차를 인정할 수 없었다. 이처럼 사마귀를 제거해도 포자 분산량에 있어서 기대한 감소 효과가 나타나지 않은 원인은 이 균의 병자각은 사마귀 내에서만 형성되는 것이 아니기 때문인 것으로 생각되었다. 사마귀 형성의 초기 단계에서는 수피에 단순한 돌기가 형성되며 이때에는 조직이 여전히 살아 있으나 시간이 경과하여 사마귀 내에 병자각이 형성될 즈음에 사마귀 주변의 조직이 죽게 되고, 죽은 조직과 건전조직 사이에는 균열이 생겨 조피증상을 나타내며, 조피 내에는 전면에 걸쳐 표피직하에 병자각이 군생한다(7). 이들 조피가 형성된 후 시간이 경과하면 껍질이 부분적으로 박리되어 쉽게 제거할 수 있으나 형성 직후의 조피 및 거기에 형성된 병자각은 물리적 방법으로는 완전히 제거될 수 없는 것으로 생각된다. 또, 이른 봄 사마귀를 제거한 후에 새로 생겨난 사마귀로부터의 포자 분산도 가능할 것으로 추정된다.

이 시험을 수행한 경북 영천지방에 있어서 1992년도 사과 겹무늬썩음병 발병율은 전국 평균 14%(5)에 비해 매우 낮았다. 그 원인은 당해년도의 병포자 분산 양상이 예년과 크게 달랐기 때문인 것으로 추정되었다(14). 겹무늬썩음균 병포자의 분산은 4월 중순부터 시작되어 10월 하순경에 종료되나 특히 비산량이 많은 시기는 6월 상순부터 8월 중순경까지로 보고된 바 있다(2, 3, 4, 8, 9, 11). 그런데 1992년도 경북 영천 지방에서는 이와 같은 분산 양상과는 매우 달리 6월중에 포자의 분산을 유발할 수 있는 정도의 강우가 산발적으로 있었으나 병포자의 비산은 없었고, 7월 15~20일 사이의 강우에 의해 처음으로 소수의 포자 비산이 확인된 것으로 보고되어 있다(14). 그리고 그후 8월 상순경부터 포자의 비산량이 증가하기 시작하였으나 그 수는 그리 많지 않았고, 그나마도 중순경부터 다시 감소했다가 9월 중순과 하순에 다량의 포자가 비산된(14) 것으로 보고되어 있다. 그런데 사과 과실의 겹무늬썩음병에 대한 감수성은 8월 중순 이후부터 낮아지기 시작하여 8월 하순 이후에는 급격히 떨어져 거의 감염이 되지 않는 것으로 알려져 있다(3, 8). 이러한 점으로 볼 때 1992년 겹무늬썩음병의 발생이 적었던 것은 병포자의 분산 시작이 매우 늦었고 최대 분산 시기가 과실의 감수성이 낮아진 9월에 집중되었기 때문인 것으로 추정되었다.

줄기에 형성된 사마귀 및 조피의 물리적 제거에 의해 병포자 분산은 얼마간 줄어들었으나 그 정도의 전염원의 감소가 병방제에는 거의 기여하지 못한 것으로 나타났다. 사마귀 및 조피를 제거한 구에서의 평균 발병율은 6.9%였고 제거하지 않은 구에서의 평균 발병율은 7.3%로 처리구 간에 통계적 유의차가 없었다 (Table 3). 물론 이 실험에 있어서 사마귀를 제거한 나무의 과실이 제거하지 않은 나무에서 비산된 포자에 의해 감염되었을 가능성을 생각할 수 있으나 이미 기술한 바와 같이 사마귀 제거구의 중앙부에 위치한 나무를 조사대상으로 했으므로 사마귀를 제거하지 않은 나무의 영향을 최소화했다. 또 후지 20년생 나무에서 포자비산 최성기에 강우 직후 사과 한 개당 약 6천 개에서 36만개의 포자가 부착되는 것으로 알려져 있으므로 (1) 사마귀의 물리적 제거에 의한 포자 분산량의 감소 정도로는 병 방제효과를 기대하기 어려운 것으로 추정된다. 이러한 결과는 사마귀의 제거에 의해 겹무늬썩음병을 방제할 수 있다는 기존의 보고(3, 5)와 달랐다.

사마귀 및 조피형성 가지에의 비닐 필름 감기에 의한 겹무늬썩음병 방제효과. 이 실험에서는 겹무늬썩음병에 걸린 가지를 비닐 필름으로 피복하여 포자의 분산을 저지하면 어느 정도의 방제효과를 얻을 수 있는지를 검토했는데, 겹무늬썩음병의 이병과율은 Table 4에서 보는 바와 같이 비닐을 감지 않은 NT구에서는 66.2%의 발병율을 보였다. 한편 겹무늬썩음병에 걸린 가지를 투명 비닐필름으로 감고 20일 간격으로 살균제를 살포한 TV구에서는 21.4%, 검은비닐을 감은 BV구에서는 24.0%의 이병과율을 보였으며 비닐을 감지 않고 역시 20일 간격으로 살균제를 살포한 NR구에서는 38.1%의 발병율을 보였다 (Table 4). 당초 이 실험의 계획 단계에서는 전염원의 원천을 차단할 경우 농약의 살포 간격을 20일로 해도 실용적 수준의

Table 3. Effect of wart elimination on the disease incidence of white rot on apple fruits

Elimination ^a of warts	No. of fruits examined	% disease	t-value
+	1,634	6.92	0.20 NS ^b
-	1,268	7.28	

^a Warts produced by infection of *Botryosphaeria dothidea* on the trunks and branches of apple trees were mechanically eliminated in March, 1992. + : eliminated, - : not eliminated.

^b Not significant at p=0.05.

방제효과를 얻을 수 있을 것으로 기대했으나 비닐을 감은 나무에서의 발병율이 20% 이상으로 당초의 기대에 미치지 못했다. 그 이유는 몇 가지로 생각할 수 있다. 우선 사마귀가 형성된 잔가지까지 완전히 비닐 필름을 감지 못했기 때문에 이들 가지에서 형성된 포자에 의한 감염이 있었을 것이고, NT, TV, BV 및 NR의 4개의 처리가 하나의 구를 형성하도록 설계되어 있어 이들 나무가 서로 인접해 있었으므로 비닐을 감지 않았던 NR이나 NT에서 형성된 포자가 인접한 TV와 BV에 영향을 미쳤을 가능성을 생각할 수 있었다.

그러나 분산분석 결과 집구간에는 유의적 차이가 없었고, 처리간에는 고도의 유의적 차이가 인정되었다. 처리효과는 단일자유도대비법으로 분할하여 구성 성분간의 효과를 본 바, 비닐을 감은 구는 감지 않은 구에 비하여 발병율이 고도로 유의하게 낮았고, 비닐 색깔간에는 발병율에 유의적인 차이가 인정되지 않았다. 또한, 비닐을 감지 않은 상태에서의 약제처리구와 무처리구 간을 비교한 결과, 무처리 구에 비해 약제처리 구에서 발병율이 고도로 유의하게 낮았다. 이상의 결과로 겹무늬썩음병에 걸린 사과나무의 가지를 비닐 필름으로 감아 포자의 분산을 저지하면 과실 발병을 낮출 수 있는 것으로 판단되었다.

사과나무 가지에 비닐을 감으면 강우시에 스며든 물이나 증산에 의한 수분으로 수피가 항상 젖어 있는 상태가 되었다. 사과의 수확기까지 비닐 피복을 방치한 가지의 표면을 조사한 결과, 수피조직에서 코르크층이 현저히 팽창된 기형적인 현상이 나타났는데 이는 형성층에서 새로운 조직이 만들어져 형성층 밖의

Table 4. Control of apple white rot by wrapping of the stems of apple trees infected by *Botryosphaeria dothidea* with plastic films

Treatment ^a	No. of fruits examined	% disease ^b
TV	750	21.4 c
BV	705	24.0 c
Mean		22.7
NR	684	38.1 b
NT	644	66.2 a
Mean		52.2

^a TV : transparent plastic film wrapping with fungicide sprays. BV : black plastic film wrapping with fungicide sprays. NR : no wrapping with fungicide sprays. NT : no wrapping without fungicide sprays.

^b Means followed by a common letter are not significantly different at the 5% level of DMRT.

Table 5. Inhibition of spore dispersal by the coating of the stems of apple trees infected by *Botryosphaeria dothidea* with the mixture of polyvinyl alcohol (PVA) and corn starch

PVA conc. (%)	Starch conc. (%) ^a	No. of spores in 1 ml of rainwater runoff ^b					
		27 Jun.	16 Jul.	26 Jul.	1 Aug.	18 Aug.	5 Sep.
7.0	0.0	3 b	1 b	2 b	10 b	473 b	160 b
	2.5	1 b	4 b	12 b	15 b	44 b	20 b
	5.0	0 b	2 b	75 b	105 b	238 b	80 b
	7.5	2 b	2 b	4 b	35 b	203 b	163 b
14.0	0.0	0 b	4 b	16 b	72 b	90 b	32 b
	2.5	1 b	5 b	36 b	75 b	178 b	50 b
	5.0	0 b	1 b	10 b	11 b	10 b	50 b
	7.5	30 ab	1 b	56 b	40 b	57 b	29 b
0.0	0.0	96 a	69 a	326 a	1,497 a	9,638 a	3,165 a

^a Starch concentration is % of corn starch relative to the amount of PVA.

^b Mean of 3 replications. Means followed by a common letter are not significantly different at the 1% level of DMRT.

조직들이 밀려 나감과 동시에 외피에 수분 과잉 상태가 유지되면서 생긴 것으로 생각되었다. 이것이 장기적으로는 나무의 생육에 어떤 영향을 미칠지 알 수 없으나 단기적으로는 과실의 비대나 신초의 발육에는 특별한 지장이 없는 것으로 나타났다.

Polyvinyl alcohol 도포에 의한 겹무늬썩음병균의 포자분산 저지효과. PVA를 단독 또는 여러 가지 비율의 생진분 혼합물을 이른 봄 진정이 끝난 직후 사마귀 및 조피가 다량 형성된 가지병반상에 붓으로 도포한 결과, 외전상 단단한 피막이 유지되었고 사과나무의 생육에도 별다른 이상은 볼 수 없었다.

PVA 또는 PVA와 전분 혼합물을 도포한 나뭇가지를 타고 흘러내린 빗물 1 ml내에 함유되어 있는 포자의 수를 Table 5에 나타내었는데, 6월 27일의 한 처리를 제외하고 대부분 무처리에 대해 95% 이상 포자의 분산이 저지되었고 DMRT에 의한 분석 결과, PVA 및 PVA-전분 처리는 무처리에 비해 고도의 유의차가 인정되었다. 그리고 PVA의 농도간에도 거의 차이가 없었으므로(Table 5) 포자분산을 억제할 수 있는 최저농도는 7% 이하일 수도 있을 것으로 생각되었다. 또, 통기공을 만들기 위해 PVA에 첨가한 전분 농도와 포자분산 저지효과 간에도 차이가 없었다(Table 5). 한편 사과나무 생육에 대한 달관조사에서도 전분 첨가 유무 및 그 농도와 관계없이 신초발육 및 과실비대는 정상이었으며, 비닐 감기에서 나타난 외피의 이상도 전혀 관찰되지 않았으므로 전분을 첨가할 필요가 없을 것으로 생각되었다.

이상과 같이 PVA의 도포는 포자의 분산량을 현저하게 억제했는데 과실 감염의 전염원이 형성되는 가

지 병반에 차단막을 형성하여 포자의 분산을 억제하는 기본 개념은 전향에서 비닐 필름을 이용하는 것보다 다를 바 없다. 그러나 필름으로 나뭇가지를 감는 것보다 더 간편하고 나무의 생육에 대한 부정적 영향이 거의 없었다. 이 방법은 가지가 복잡한 일반대목에서는 PVA의 도포에 많은 시간이 소요되므로 사용이 어려울 것으로 생각되나 왜생대목에서는 사마귀 및 조피가 형성되는 부위는 대부분 주간과 주지의 일부분에 국한되는 경우가 많으므로 실용화 가능성이 있을 것으로 생각되었다. 그러나 이 방법에 의해서도 포자의 분산을 완전히 저해할 수는 없으므로 병 방제효과가 증명되기 위해서는 PVA 도포에 의한 포자 분산량의 감소가 과실 감염을 어느 정도까지 줄일 수 있는지에 대한 일정 규모의 포장시험이 필요하며, 병 방제효과를 얻을 수 있는 최소한의 PVA의 농도를 결정해야 할 것으로 생각된다. 그런데 PVA는 물에 씻겨 내려가서 토양에 집적될 우려가 있지만 비록 속도가 느린 반면 생분해성이고(10) 사용량이 매우 적으므로 토양 환경에는 큰 영향이 없을 것으로 추정된다.

요 약

사과 겹무늬썩음병의 주 전염원은 가지 병반에서 형성되는 자낭포자 및 병포자이므로, 가지에서의 포자형성 또는 포자의 분산을 화학적 또는 물리적 방법으로 저해할 수만 있다면 효과적으로 병을 방제할 수 있을 것으로 생각했다. 전염원을 줄이기 위한 첫번째 시도로 1992년 이른봄 가지에 형성된 사마귀를 호미로 제거한 결과, 병포자의 분산과 과실발병 억제효과

에 있어서 무처리와 유의적인 차이가 인정되지 않았다. 두번째 시도로 포자의 분산을 막기 위해 1993년 이른봄에 겹무늬썩음병에 걸린 가지를 비닐필름으로 감고 5월부터 9월까지 20일 간격으로 살균제를 살포한 결과, 통계적으로 유의성이 인정되는 병 방제효과가 있었고, 나무의 생육에 있어서도 콜크층이 이상비대하는 것 이외에 별다른 이상이 없었다. 이 개념을 더욱 발전시켜 1994년 이른봄에는 병든 가지를 수용성 고분자 물질인 polyvinyl alcohol로 도포하고 수매 분산 포자의 수를 조사한 결과, 포자의 분산량이 크게 줄어져 실용화의 가능성이 시사되었다.

감사의 말씀

이 연구는 경상북도의 용역 연구비에 의해 수행되었음.

참고문헌

- 정미혜, 김대회, 엄재열. 1993. 사과 과실 표면에 부착한 겹무늬썩음병균 포자 수의 계수. 한국식물병리학회소식 4 : 79-80 (Abstr.).
- Drake, C. R. 1971. Source and longevity of apple fruit rot inoculum, *Botryosphaeria ribis* and *Phylospora obtusa*, under orchard conditions. *Plant Dis. Rep.* 55 : 122-126.
- 林重昭. 1984. 링고輪紋病의發生生態と防除. 植物防疫. 38(12) : 19-22.
- 平良木 武. 1981. 링고果實腐敗の多發の現状とその背景. 今月の農薬 25 : 157-160.
- 김종천. 1982. 사과 부패병균의 동정 및 전염경로에 관한 연구. 농촌진흥청 산학협동 23 : 1-51.
- 李斗珩, 梁壯錫. 1984. 사과나무겹무늬병(輪紋病) 및 사마귀병의 병원균과 병원성에 관한 연구. 한국식물보호학회지 23 : 82-88.
- 이상계, 이동혁, 엄재열. 1993. 사과 과수원에서 분리되는 두 종류의 사과겹무늬 썩음 병균의 특성. 한국식물병리학회소식 4 : 71(Abstr.).
- 尾形 正. 1992. 링고輪紋病の果實感染に及ぼす要因. 今月の農業 11 : 48-51.
- 박은우, 이준호, 윤진일. 1993. 사과원 병해충종합관리를 위한 예찰체제의 개발. 한국과학재단 특정기초연구과제 2차 중간보고서.
- Shimao, M., Taniguchi, Y., Shikata, S., Kato, N. and Sakazawa, C. 1982. Production of polyvinyl alcohol oxidase by a symbiotic mixed culture. *Appl. Environ. Microbiol.* 44 : 28-32.
- Sutton, T. B. 1981. Production and dispersal of ascospores and conidia of *Phylospora obtusa* and *Botryosphaeria dothidea* in apple orchards. *Phytopathology* 71 : 584-589.
- Sutton, T. B. and Boyne, J. V. 1983. Inoculum availability and pathogenic variation in *Botryosphaeria dothidea* in apple production areas of North Carolina. *Plant Dis.* 67 : 503-506.
- Toyoshima, K. 1973. General properties of polyvinyl alcohol in relation to its application. In: *Polyvinyl Alcohol, Properties and Applications*, ed. by C.A. Finch, pp. 17-65. John Wiley & Sons, London.
- 엄재열, 이동혁, 이상계. 1995. 미국 수출용 사과재배를 위한 살균제 살포력의 개발. 한국식물병리학회지 11 : 17-29.