

## 사과 겹무늬썩음병에 걸린 가지로부터 분산되는 병포자의 정량적 조사법 개발

양희정 · 최창희 · 우 현 · 김대희 · 엄재열\*  
경북대학교 농과대학 농생물학과

### Development of Method for Quantitative Analysis of Pycnidiospore Dispersal from the Apple Tree Stems Infected by White Rot

Hee Jung Yang, Chang Hee Choi, Hyun Woo, Dai Hee Kim and Jae Youl Uhm\*  
Department of Agricultural Biology, College of Agricultural,  
Kyungpook National University, Taegu, 702-701, Korea

**ABSTRACT:** On the basis of the fact that the pycnidiospore of *Botryosphaeria dothidea*, the causal fungus of apple white rot is a typical water borne spore, a method for quantitative analysis of pycnidiospore dispersal from the warts produced on the diseased apple tree stem was developed. The warts on which cracks developed either on or around them were cut off at the base, and shaken in the water for 4 hours at 20°C, in which condition the maximum number of spores were released. The volume of shaking solution was calculated as 1 ml per one wart. At the end of shaking, Trio, a household detergent was added to the shaking solution to the concentration of 0.1%, and shaken for additional 10 minutes at 35°C to take off the spores attached on the glass ware. One milliliter of the spore suspension thus prepared were passed through transparent membrane filter (pore size: 3.0 µm), and the spores attached on the filter were counted under a microscope (×200) after staining them with lactophenol supplemented with aniline blue. The results thus obtained were statistically consistent when at least 30 warts were used simultaneously in single shaking. This method can be applicable in the elucidation of ecology of sporulation and spore dispersal, and also in the screening of the sporulation inhibitor which can be used in the control of the disease by reducing the inoculum density.

**Key words:** apple white rot, quantitative analysis of spore dispersal.

사과 겹무늬썩음병(*Botryosphaeria dothidea*)은 과실과 가지에 발생하는데 과실에서는 동심운문의 부패증상을 나타내고 가지에는 사마귀를 형성하며(1, 2, 3, 6), 과실감염의 전염원인 자낭포자 및 분생포자는 사마귀내의 병자각에서 형성되어 강우에 의해 분산된다(1, 2, 5, 6). 이러한 겹무늬썩음병의 생활환을 볼 때 이 병의 방제 대책은 다섯 가지 측면에서 접근 가능한 것으로 생각할 수 있다(5). 첫째는 나뭇가지 병환부의 병자각 또는 자낭각에서 포자의 형성을 억제하는 것, 둘째는 사마귀로부터 포자의 분출 및 비산을 인위적 차단막을 이용하여 저지하는 방법, 셋째는 비산된 포자가 과실표면에 부착하지 못하게 하는 방법, 넷째는 포자가 과실표면에 도달해도 그 발아를 저지하여 침입을 억제하거나 발아 후 침입균사의 형성을 저지하는 방법, 다섯째는 칩투성 살균제에 의해 과실조직에 침입한 병원균을 죽이는 방법이 있을 수 있다.

이처럼 겹무늬썩음병은 그 발생생태로 볼 때 여러 가지 단계에서 방제가 가능할 것으로 생각되는데, 현재는 보호살균제에 의한 포자의 발아 및 침입저해에 의한 방법에 주로 의존하고 있다. 그런데 겹무늬썩음병균의 포자는 5월 하순부터 9월 중순경까지 비만 오면 언제든지 분산되고(1, 4, 6, 9, 10) 8월 하순경까지는 항상 감염될 수 있으므로(9) 이 병의 방제는 살균제에 의한 과실보호만으로는 한계가 있는 것으로 판단되었다.

저자 등은 살균제에 의한 방제의 보조수단으로 가지에 형성된 사마귀를 물리적 방법으로 제거하는 방법(5), 비닐 필름으로 사마귀가 형성된 가지를 감아 포자의 분산을 저지하는 방법(5), 또 고분자물질인 polyvinylalcohol (PVA) 수용액 또는 PVA·chitosan 혼합액을 가지의 병환부에 도포하는 방법(4)으로 전염원의 밀도를 낮추고 이에 의한 병 방제효과를 검토한 결과, 포자의 분산량은 크게 줄일 수 있었으나 경제적 타당성이 있는 병 방제효과는 얻지 못했다(12).

그런데 전염원 밀도의 경감은 화학적 방법으로도 가능

\*Corresponding author.

할 것으로 생각되는데, 가지 병반에서 포자 형성을 저해하는 물질을 탐색하는 데에는 기술적인 어려움이 있었다. 사과나무 가지에 예상되는 농약 또는 화학물질을 처리한 후 포자분산 억제효과를 평가하기가 대단히 어렵다. 지금까지 수행해 온 방법은 겹무늬썩음병에 걸린 가지 전체에 약제를 처리하고 주간에 가지를 타고 흘러내리는 빗물을 모으는 장치를 부착하고 강우시에 빗물을 수집하여 거기에 함유된 포자의 수로 약제의 포자형성 억제 정도를 검정했다(5). 그러나 이 방법으로는 강우 후에만 조사가 가능하고, 또 나무마다 병반의 형성 정도에 차이가 있으며, 심지어는 강수량의 차이에 의해서도 포자의 포착량이 달라지므로 신뢰도가 높은 결과를 얻기 어려웠다.

이 연구에서는 사과 겹무늬썩음병균의 병포자가 전형적 수매분산 포자라는 점을 이용, 사과나무 가지로부터 사마귀를 채취하여 병포자의 분산량을 정량적으로 조사하는 방법을 개발하기 위한 일련의 실험을 수행했다.

사마귀가 물에 젖은 후 시간별 포자 방출량을 조사하여 적정 진탕 시간을 결정했고, 포자의 방출을 위한 진탕 및 계수 과정에서 유리용기의 내벽에 부착된 포자를 이탈시키기 위한 계면활성제를 선발했으며, 사마귀의 발달 정도에 따른 포자 분산량의 차이를 조사했다. 또 진탕과정 중에 포자가 발아하게 되면 계수가 어려우므로 이를 막기 위해 포자의 방출을 저해하지 않고 발아만 억제하는 물질의 종류 및 그 농도를 탐색했으며, 진탕액의 온도가 포자의 방출에 미치는 영향을 조사하여 적절한 진탕 온도를 설정했다. 이상의 실험에 결과에 의거하여 수립된 포자 방출량 조사법을 이용, 모집단의 평균치에 대한 불편추정치를 조사하여 표본오차를 최소화할 수 있는 사마귀의 수를 결정하는 한편, 동일한 포장에서 임의로 채취한 사마귀에서 포자 방출량을 반복적으로 조사하여 그 결과가 통계학적 오차범위에 포함될 수 있는지의 여부를 조사했다.

## 재료 및 방법

**사마귀의 채취.** 겹무늬썩음병에 걸린 사과나무 가지에서 사마귀의 발달 단계를 S-1에서 S-4까지 4단계로 구분하고(8) 포자형성이 가장 왕성한 S-2의 사마귀를 소형 칼로 기부에서 가지면과 평행하게 잘라내어 시료로 사용하였다

**포자방출의 유도 및 포자수의 계수.** 사마귀 표면의 먼지와 조직 파편을 제거하기 위하여 채취한 사마귀를 소량의 살균수 중에서 약 30초간 vortex한 후, 100 ml Erlenmeyer flask에 사마귀와 사마귀 한 개당 1 ml의 비율로 살균수를 넣고 20°C의 진탕배양기(K.M.C-8480SF, Vision scientific Co. LTD)에서 150 rpm으로 소정의

시간동안 진탕하여 병자각 내의 포자 방출을 유도했다. 또 사마귀 채취시 발달단계가 비슷한 사마귀를 채취했으나 개개의 사마귀에서의 포자 분산량에는 상당한 변이가 있을 것이 예상되어 각 실험에는 50개의 사마귀를 사용했다.

진탕액 1 ml를 공경 2.0  $\mu\text{m}$  직경 11 mm의 membrane filter(Nuclepore U.S.)에 여과, aniline blue 가용 lactophenol로 염색한 후 filter에 부착된 포자의 수를 광학현미경( $\times 250$ )하에서 계수하였다(4). 포자의 계수는 모든 실험에서 3반복으로 수행했다.

**병포자 방출의 시간적 경과 조사.** 병자각을 내장한 사마귀가 물에 젖은 후 포자방출의 시간적 경과를 밝히고 이를 이용하여 적절한 진탕시간을 결정하기 위해 50개의 사마귀 증류수 50 ml를 가하고 1시간 진탕 후 사마귀를 다시 50 ml의 증류수가 든 다른 flask에 옮기고 진탕을 계속하는 한편, 직전의 진탕액에는 가정용 세제인 트리올을 0.1%가 되도록 첨가하고 10분간 더 진탕한 후, 진탕액 1 ml를 채취하여 전술한 방법으로 포자의 수를 계수했다. 시료를 채취하는 시간의 기점은 최초에 사마귀를 세척하기 위해 증류수를 가하는 시간으로 하였으며 6시간 동안 1시간 간격으로 시료를 채취했다.

**초차기구 부착 포자의 이탈을 위한 세제의 선발.** 병원균 포자현탁액( $\sim 10^4/\text{ml}$ )을 slide glass에 10  $\mu\text{l}$ 씩 떨어뜨린 후, 습실에 30분간 보존하여 포자를 slide에 완전히 부착시켰다. 포자가 부착된 slide glass를 35°C의 0.1% Triton X-100(Shinyo Pure Chemicals Co. Japan), Cetyltrimethylammonium bromide(CTAB, Sigma, USA), Mucosol(Rudolf Brand Co. Germany) 및 시판되고 있는 가정용 연성세제인 트리올(애경유지), 참그린(제일제당)과 경성세제인 한스푼(LG 화학) 용액에 5분간 침지, slide glass를 100 rpm의 magnetic stirrer에서 30초간 세척하여 이탈한 포자를 제거하였다. 그 후의 조작 과정에서 포자의 이탈을 막기 위해 slide glass를 일단 풍건한 후 cover glass를 덮고 광학현미경하에서 부착된 포자의 수를 계수하였다. 이 실험은 3회 반복하여 부착된 포자수의 평균치를 구하였다.

이상의 실험에서 유리표면에 부착한 포자를 이탈시키는 효과가 가장 큰 세제를 선발하고, 그 세제를 진탕 종료 후에 진탕액에 대해 0.1%(V/V)가 되도록 첨가하고 35°C에서 10분간 더 진탕한 후, 진탕액 1 ml중의 포자의 수를 세제를 첨가하지 않은 경우와 비교하였다.

**사마귀의 발달 정도에 따른 포자방출량의 조사.** 사마귀의 발달 단계를 S-1에서 S-4까지로 4단계로 구분하고(8), 이 중 병자각이 형성된 S-2에서 S-4까지의 사마귀를 각각 50개씩 채취하여 4시간 동안 진탕한 후 진탕액 중의 포자의 수를 전술한 방법으로 조사했다.

**포자의 방출에 미치는 온도의 영향.** S-2의 사마귀 50

개에 증류수 50 ml를 가하고 10, 15, 20, 25, 30, 35°C의 shaker에서 4시간 동안 진탕한 후 전술한 방법으로 진탕액 1 ml 중의 포자의 수를 계수했다.

모집단 평균치에 대한 불편추정치(不偏推定値) 측정.

사마귀는 발달단계가 같아도 크기가 매우 다양한데, 이 실험에서는 S-2 및 S-3 사마귀를 채취하면서 사마귀의 크기를 전혀 고려하지 않았다. 따라서, 모집단에 대한 불편추정치를 구하는데 필요한 최소 사마귀의 표본수를 정하기 위하여 표본채취는 3반복으로 하고, 반복간의 유의성 검정을 위한 subsample 수는 다시 3반복으로 하였으며, subsample당 사마귀의 수는 30, 40, 50개씩으로 하였다. 표본으로 채취한 사마귀는 전술한 방법으로 진탕한 후 진탕액 1 ml 중의 포자의 수를 조사하였다. 시험구의 배치는 완전임의배치로 하였고, 불편추정치를 얻는데 필요한 표본수의 크기결정은 DMRT에 하였다.

## 결과 및 고찰

병포자 방출의 시간적 경과. 사마귀가 물을 흡수한 시간으로부터 처음 1시간 이내에 6시간 동안 방출된 포자의 44.9%가 방출되었고, 2시간까지는 71.0%, 3시간까지는 86.9% 4시간까지는 94.4%가 방출되는 것으로 나타났다(Fig. 1). 그리고 5시간부터는 포자의 방출량이 급격히 감소하여 이 실험에서 조사한 6시간까지 방출량에 거의 차이가 없었다(Fig. 1). 尾形(9)는 이 병원균의 포자가 분산되기 위해서는 2 mm 이상의 강우가 2시간 이상 계속되어야 하며 80% 이상의 포자가 강우시작 1~2시간 내에 방출된다고 보고한 바 있는데, 이 실험의 결과와 대체로 일치하고 있다. 따라서 강우 전에 병자각 내에 포자가 형성되어 있다가 강우에 의해 수분을 얻게 되면 병자각 내에 그때까지 형성되어 있는 포자는 한꺼번에 방출

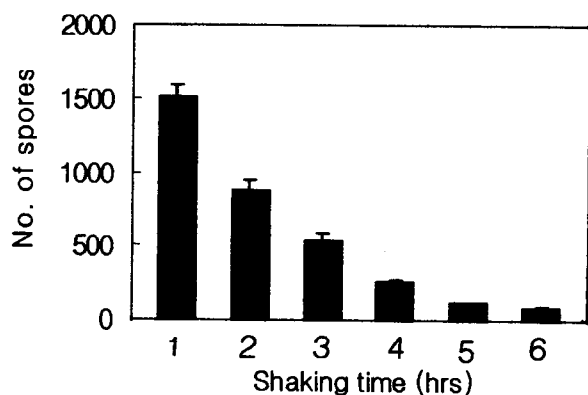


Fig. 1. Time course of spore release from the detached warts of *Botryosphaeria dothidea* determined by discontinuous shaking in the water.

되는 것으로 추정되었고, 5시간 이후 포자의 방출량이 거의 변화가 없었던 것은 병자각 내에서 지속적으로 포자가 형성되어 방출되는 것으로 생각되었다. 따라서 특정 시점에서의 포자의 방출량을 조사하기 위한 진탕시간은 4시간 정도면 충분한 것으로 판단되었다.

포자 부착저해제의 선발. 병자각에서 누출된 겉무늬 썩음병균의 병포자는 포자각을 형성하며 상당한 점도가 있는 것으로 보아 병포자의 표면은 점질물로 덮여 있는 것으로 생각되었으며, 유리 등의 소수성 물질의 표면에 쉽게 부착되었다. 유리표면에 부착된 포자에 6종의 세제를 작용시킨 결과, Triton X-100, CTAB 및 Mucazole은 부착된 포자를 거의 이탈시키지 못했고 가정용 세제는 연성 경성에 관계없이 매우 우수한 포자 탈리 효과를 나타내었다(Table 1). 따라서 액상으로 취급이 간편한 트리오를 선발하여 각종 실험에 사용했다.

위의 실험에서 선발된 트리오를 포자의 방출을 위해 진탕이 완료된 flask에 0.1%의 농도가 되도록 첨가하고 35°C에서 10분간 더 진탕한 후, 방출된 포자의 수를 조사한 결과 Fig. 1에서 보는 것과 같이 트리오를 첨가한 경우 포자의 수는 무첨가에 비해 50.9%가 더 많았다. 따라서 방출된 포자가 유리용기에 부착하는 것을 막기 위해

Table 1. Effect of detergents on the detachment of pycnidiospores of *Botryosphaeria dothidea* from the glass surface

Detergent <sup>a</sup>	No. of spores attached on the slide glass	Detachment rate (%)
Triton X-100	1,996	-8.1
CTAB <sup>b</sup>	1,902	-3.0
Mucazol	1,887	-2.2
Hanspoon <sup>c</sup>	9	99.5
Chamgreen <sup>c</sup>	7	99.6
Trio <sup>c</sup>	5	99.7
Control <sup>d</sup>	1,847	0.0

<sup>a</sup>Concentration of detergents was 0.1%.

<sup>b</sup>Cetyltrimethylammoniumbromide.

<sup>c</sup>Household detergent

<sup>d</sup>Unwashed slide glass after dropping the spore suspension.

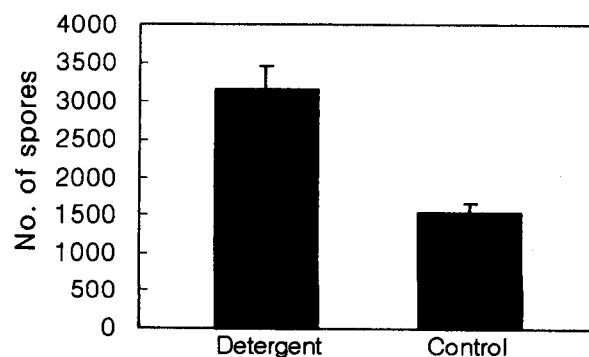


Fig. 2. Effects of detergent treated after the shaking of the warts in the water on the number of spores observed.

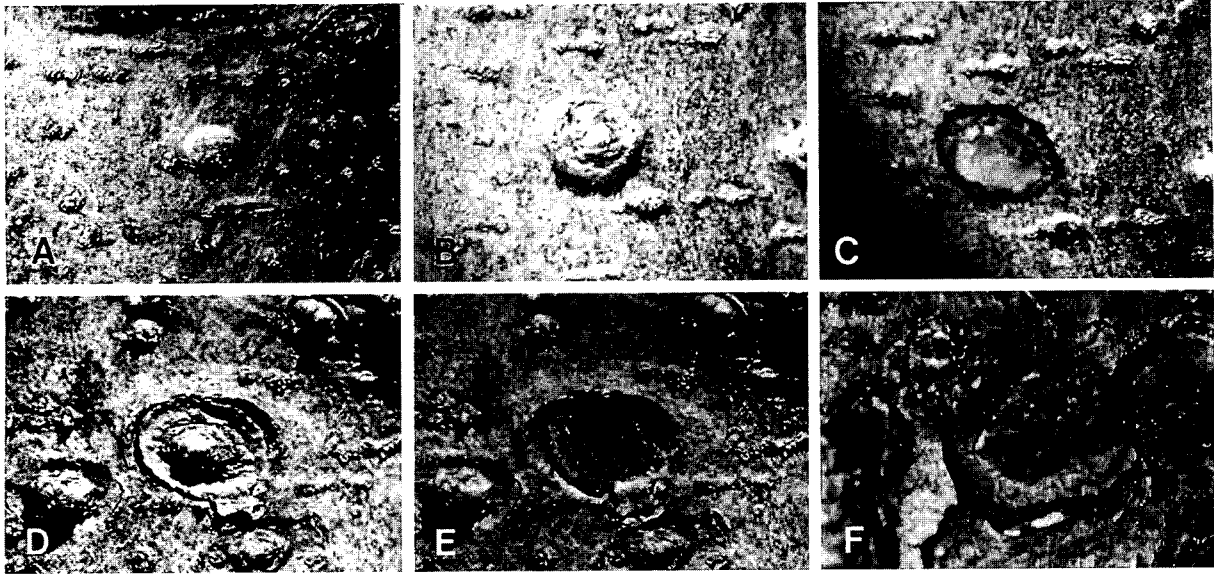


Fig. 3. Developmental stage of the warts produced on the apple tree stems by the infection of *Botryosphaeria dothidea*. (A) S-1, simple protuberance (B) S-2, cracks developed at the apex and the tissue at the base of the warts still alive (C). (D) S-3, cracks developed both at the apex and around the warts and the tissue at the base of the warts already dead (E). (F) S-4, the barks at which the warts produced are exfoliated at the cracks developed around it.

서는 진탕종료 후에 세제를 첨가해야 하는 것으로 판단되었다.

**사마귀의 발달정도와 포자방출량과의 관계.** 사과 겹무늬썩음병균이 가지에 감염되면 초기에는 단순한 돌기가 형성되는데 이 상태의 사마귀를 S-1으로 분류하였다 (Fig. 3A). 이 단계의 사마귀는 조직이 여전히 살아있고 병자각도 형성되지 않은 상태이다. 그 후 병이 더 진전되면 돌기의 정단부에 균열이 생기는데 이때는 사마귀 조직이 괴사하기 시작하고 균열 내부에 다량의 병자각이 형성되며 사마귀를 가지면과 평행하게 자르면 사마귀의 기부 조직은 여전히 살아있다 (Fig. 3C). 이 상태의 사마귀를 S-2로 분류하였다 (Fig. 3B). 그 후 사마귀의 발달이 더욱 진행되어 사마귀 주변까지 균열이 생기는데 이때는 균열부위 안쪽의 조직이 괴사하며, 괴사조직의 표피 아래쪽에도 병자각이 다수 형성된다. 또 이러한 사마귀를 가지면과 평행하게 자르면 사마귀의 기부조직은 이미 죽어 있었으며 (Fig. 3E), 이 시기의 사마귀를 S-3로 분류했다 (Fig. 3D). 병이 더욱 진행되면 사마귀 주변의 균열 부위가 박리되면서 조피증상을 나타내고 그 하부에 다시 수포상의 돌기가 형성되어 새로운 사마귀가 생기는데 이 단계의 사마귀를 S-4로 분류하였다 (Fig. 3F). 이상의 각 발달단계는 육안으로 쉽게 구분될 수 있으나 가지 상에는 발달단계가 다른 사마귀가 혼재하는 경우가 많다. 이 연구에서는 사과나무 가지에서 사마귀를 채취하여 각종 실험을 수행하므로 시료 채취의 기준을 마련하기 위하여 사마귀의 발달단계에 따른 포자방출량의 차이를 미리 조사하여야 할 것으로 생각되었다.

S-2와 S-3의 사마귀를 진탕한 진탕액 1 ml 중에서 각각 약 949개, 910개의 포자가 포착되어 방출된 포자의 수에 거의 차이가 없었고 S-4의 사마귀에서는 매우 적은 수의 포자가 포착되었다 (Fig. 4). 그런데 S-1은 그 혼재 비율이 낮은 것으로 보아 비교적 짧은 기간에 S-2로 진전되는 것으로 생각되었으며, S-4에서는 포자가 방출되지 않는 점으로 보아 이미 2차 기생균으로 치환되었을 것으로 생각되었다. 따라서 사마귀 채취시 S-1 및 S-4의 사마귀만 혼입되지 않는다면 표본오차는 거의 없을 것으로 판단되었다.

**진탕액의 온도가 포자의 방출에 미치는 영향.** 진탕액의 온도에 따른 포자방출량을 조사한 결과, 포자 방출 적은 균사발육온도보다 매우 낮은 것으로 나타났다. 이 병원균의 균사발육 온도는 10~35°C이며 적온은 28°C로

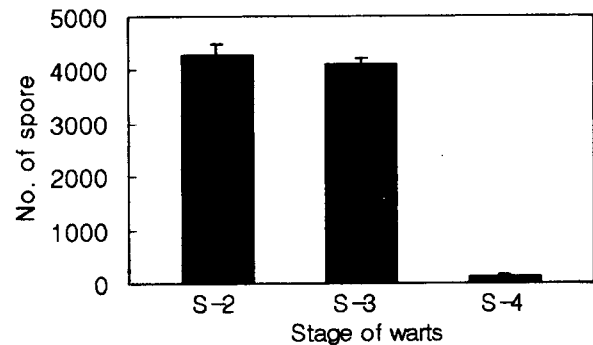


Fig. 4. Comparison of amount of spores released from the warts of different developmental stage produced on the apple stems infected by *Botryosphaeria dothidea*.

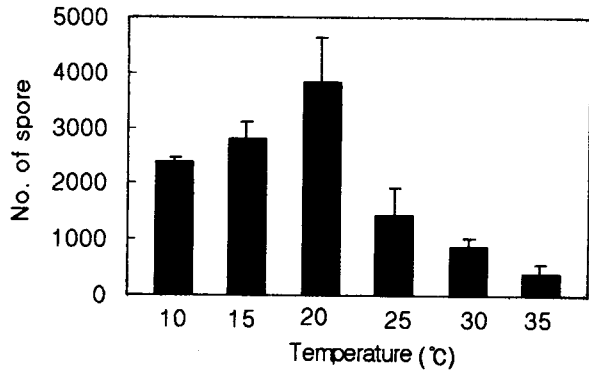


Fig. 5. Effect of temperature on the release of spores from the pycnidia of *Botryosphaeria dothidea*.

Table 2. Relations between number of warts sampled in single shaking and that of spores detected in 1 ml of shaken solution

No. of warts sampled	No. of spores detected in each replication			
	I	II	III	Mean
30	1,597 b	2,286 ab	3,884 a	2,548
40	1,930 a	2,812 a	1,935 a	2,226
50	2,313 a	1,674 a	2,146 a	2,044

\*Same letters within a row are not significantly different at 0.01 probability level by DMRT.

알려졌는데(4), 군사발육이 가능한 하한 온도인 10°C에서도 다량의 포자가 방출되었고, 20°C에서 최고의 방출량을 나타내었으며 25°C부터 급격히 감소하여 35°C에서는 20°C에서의 방출량의 10% 이하였다(Fig. 5). 이러한 점으로 본다면 이 병원균의 군사발육과 병포자의 방출의 생리에는 상당한 차이가 있는 것으로 생각되었고 포자의 형성에서도 이와 같은 관계를 조사할 필요가 있을 것으로 생각되었다. 그런데 포자 방출 적정 온도는 20°C 근처로 나타났으므로 이후의 모든 실험에서 진탕기의 온도를 20°C로 조정하여 사용했다.

**모집단의 평균치에 대한 불편추정치 측정.** 이 연구에서 포자의 방출량은 사마귀 한 개당 평균 방출량으로 표현되는데, 사마귀의 발달단계가 같아도 그 크기에 상당한 변이가 있었으므로 개개의 사마귀에서 포자 방출량에도 변이가 매우 클 것으로 생각되었다. 표본오차를 최소화할 수 있는 모집단의 크기와 결과의 재현성을 검토하기 위한 실험 결과는 Table 2와 같다. 한번 진탕할 때 30개의 사마귀를 사용한 경우에는 반복치간에 고도의 유의적인 차이가 인정되었으나 사마귀의 수를 40개 이상으로 한 경우에는 반복치간에 유의성이 인정되지 않았다. 따라서, 크기를 고려하지 않고 사마귀를 임의추출하여 처리에 따른 모집단의 불편추정치를 정확하게 추정하기 위하여는 적어도 40개 이상의 사마귀를 sampling하는 것이 필요하다고 생각되었다.

## 요 약

사과 겹무늬썩음병의 병포자가 전형적 수매분산포자라는 점을 이용, 이 병에 걸린 가지에 형성된 사마귀로부터 병포자의 분산량을 정량적으로 계량하는 방법을 수립했다. 겹무늬썩음병에 걸린 사과나무 가지에서 사마귀의 윗부분 및 주변부에 균열이 발달한 것을 채취, 사마귀 한 개당 1 ml씩의 물을 가하고 20°C에서 3시간 진탕하여 병자각내의 포자를 방출시켰다. 진탕이 완료된 후에 유리 용기에 부착한 포자를 이탈시키기 위해 가정용 세제인 트리올을 0.1%되도록 첨가하고 35°C에서 10분간 더 진탕하였다. 진탕액 1 ml를 공경 3.0 μm의 membrane filter로 여과, 포자가 부착된 filter를 aniline blue가용 lactophenol로 염색, 현미경하에서 부착 포자의 수를 계수했다. 개별 사마귀의 평균 포자 방출량의 불편 추정치는 40개인 것으로 밝혀졌으며 매회 진탕시 그 이상의 사마귀 사용한 결과 재현성이 매우 높았다. 이 방법은 이 병의 포자 형성 및 분산 생태의 연구 또는 포자분산 저해제의 탐색에 활용될 수 있을 것으로 생각되었다.

## 감사의 말씀

이 연구는 1996년도 교육부 농업과학 학술연구 조성비로 수행되었으며, 연구비 지원에 감사드립니다. 그리고 통계처리에 조언해 주신 경북대학교 농학과 황영현 교수님께 감사드립니다.

## 참고문헌

- 林重昭. 1984. 輪紋病の多發生態と防除. 植物防疫. 38(12):19-22.
- 平良木 式. 1981. リンゴ 果實腐敗の多發の現狀とその背景. 今月の農薬. 25:150-160.
- 北島 博. 1989. 果樹病害各論. 良賢堂 pp.171-173.
- 김이부, 김대회, 이용현, 엄재열. 1997. 사과 겹무늬썩음병 이병지의 polymer coating에 의한 전염원 밀도 경감. 한국식물병리학회지 13:349-357.
- 김대회, 김이부, 엄재열. 1996. 사과 겹무늬썩음병의 전염원 경감법 개발을 위한 시도. 한국식물병리학회지 12:219-225.
- 김중천. 1982. 사과 부패병원균의 동정 및 전염경로에 관한 연구. 농촌진흥청산학협동 23:1-51.
- 김기우, 박은우, 김성봉, 윤진일. 1995. 사과원에서 *Botryosphaeria dothidea* 포자 방출의 경시적 변화 및 관련된 기상요소. 한국식물병리학회지 11:230-237.
- 이상계, 이동혁, 엄재열. (1993) 사과 과수원에서 분리되는 두 종류의 사과 겹무늬썩음병원균의 특성. 한국식물병리학회지 9:311.
- 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.
- Sutton, T. B. 1981. Production and dispersal of ascospores.

- pores and conidia of *Physalospora obtusa* and *Botryosphaeria dothidea* in apple orchards. *Phytopathology* 71: 584-589.
11. Sutton, T. B. and Boyne, V. J. 1983. Inoculum availability and pathogenic variation in *Botryosphaeria dothidea* in apple production areas of North Carolina. *Plant Disease* 67:505-506.
12. 엄재열, 이용현. 1997. Polymer coating에 의한 사과원 농약 살포 회수 경감법의 개발. 농림수산특정연구사업보고서. 112pp.

(Received May 27, 1998)