

사과원에서 *Botryosphaeria dothidea* 포자 방출의 경시적 변화 및 관련된 기상요소

김기우 · 박은우* · 김성봉¹ · 윤진일²

서울대학교 농업생명과학대학 농생물학과, ¹농촌진흥청 원예연구소, ²경희대학교 농학과

Temporal Dynamics of *Botryosphaeria dothidea* Spore Dispersal in Apple Orchards and Related Climatological Factors

Ki Woo Kim, Eun Woo Park*, Seong Bong Kim¹ and Jin Il Yun²

Department of Agricultural Biology, College of Agriculture and Life Sciences,
Seoul National University, Suwon 441-744, Korea

¹National Horticultural Research Institute, RDA, Suwon 441-440, Korea

²Department of Agronomy, Kyung Hee University, Suwon 449-701, Korea

ABSTRACT : Airborne and waterborne ascospores and conidia of *Botryosphaeria dothidea* were collected in apple orchards at Suwon and Chunan in 1992 through 1994. Both waterborne and airborne spores were first detected in mid April to early May. Thereafter, spores were abundant in early June to late August and present until early December. Rainwater collections contained much more conidia than ascospores during the apple growing seasons. Airborne ascospores catches, which were also detected on humid days without measurable rainfall, were much more than airborne conidia catches. High amounts of ascospores were detected in early times of apple growing season, whereas most conidia catches occurred in later times of the season. The number of waterborne conidia and airborne ascospores was positively correlated with mean daily maximum, minimum, and average air temperatures during the trapping periods ($p=0.01$). However, no significant correlation was found between the number of spores and the total precipitation during the trapping periods.

Key words : *Botryosphaeria dothidea*, ascospores, conidia, white rot, spore trap, climatological factors.

사과 겹무늬썩음병은 1970년대 이후 이 병에 감수성인 후지사과의 재배 면적이 급격히 확대됨으로써 현재 국내에 발생하는 사과병 가운데 가장 큰 피해를 주는 병으로 알려져 있다. 따라서 농가에 따라 20-40%의 수량 감소로 연간 약 70,000 M_t 의 사과 수확량이 감소되어 금액으로 약 460억원에 이르는 막대한 피해를 입은 바 있다(5, 8). 병원균은 *Botryosphaeria dothidea* (Moug. ex Fr.) Ces. & de Not.로 동정되었고 무성세대는 *Fusicoccum aesculi* Corda로서 병자각을 형성한다(15). 이들은 부패된 과일 잔재물이나 줄기의 사마귀상 돌기에서 자낭각 또는 병자각 상태로 월동한 후 다음 해 봄부터 포자가 방출되어 7-9월에 발병 최성기를 이룬다. 자낭포자와 분생포자는 바람과 빗

물에 의하여 전파되며 과일과 가지를 침입하여 과실에 둥근 겹무늬 병징을 나타내어 과일 전체를 급속히 부패시킨다. 또한 가지에는 사마귀 모양의 돌기를 형성하여 수세를 약화시키며 병발생이 심할 경우에는 나무 전체를 고사시키기도 한다(5, 6).

겹무늬썩음병균의 포자 방출량과 시기는 강수량 및 강우지속시간의 영향을 받는 것으로 알려져 있다(15). 미국 North Carolina 지역에서는 4~5월에 다량의 자낭포자가 비산됨을 보고하였고(15) 일본의 일부 지역에서는 분생포자가 4월 중하순부터 비산되어 10월 하순까지 채집되는 것으로 조사되었다(1, 9). 한편 경북지역에서는 6월 중순부터 분생포자가 바람으로 비산되고 빗물로도 방출되는 것이 확인되었다(3, 17). 이와 같이 겹무늬썩음병균 포자의 월동 후 초기 방출 및 최종 종료 시기는 조사 지역에 따라 약간의 변이가 있음

*Corresponding author.

이 알려져 있다(7).

겉무늬썩음병의 합리적인 관리를 위해서는 월동 후 초기 포자 방출 시기와 방출량의 경시적 변화 및 기상 조건과의 관계를 이해하는 것이 필요하다. 본 연구에서는 수원과 천안에 위치한 사과원에서 바람에 비산되거나 빗물에 씻겨 방출되는 겉무늬썩음병균 포자를 채집하여 월동 후 초기 방출 시기와 최종 종료 시기를 파악하고, 사과 생육기간 중의 경시적 변화를 조사하며 전원원의 증감과 관련 있는 기상요소를 구명하기 위하여 실시하였다.

재료 및 방법

실험포장. 1992년부터 1994년까지 경기도 수원시에 소재한 농촌진흥청 원예연구소 사과원 내에 실험포장을 설치한 후 겉무늬썩음병균 포자 방출 및 비산 상황을 경시적으로 조사하였다. 1992년과 1993년에 설치한 포장(면적 70×30 m)은 남향 경사면으로서 후지 품종이 주종을 이루었고, 모두 40주의 사과 성목과 유목이 같은 줄 내의 개체간 재식거리는 5 m, 줄 간격은 8 m로 식재되어 있었다. 1994년에는 26년생의 후지사과 성목이 식재된 평탄지(면적 80×15 m)에서 포자를 채집하였는데, 같은 줄 내의 사과나무 개체간 재식거리는 5 m이었고 줄 간격은 8 m이었다. 한편 1993년에는 충남 천안군 성거면 오목리에 위치한 (주)상원농산 사과원에서도 포자를 채집하였다. 이 사과원의 실험포장(면적 80×50 m)은 20년생 후지사과나무가 평탄지에 5열로 식재되었으며 같은 줄 내의 재식거리는 7 m이었고 줄 간격은 10 m이었다. 실험포장에 식재되어 있는 나무의 주간 및 가지에 겉무늬썩음병균에 의한 사마귀상 돌기가 존재하여 모든 사과나무가 겉무늬썩음병균에 감염되어 있음을 확인하였다.

전점가지로부터의 수매분산 포자채집. 실험포장에서 사마귀 모양의 병징이 있는 2~4년생 사과나무 가지를 1992년 3월 9일, 1993년 3월 10일에 각각 채집하여 길이 25~30 cm 정도로 절단한 후 30개 가지를 빗물과 바람이 자유롭게 통과할 수 있도록 제작한 35×26×16 cm 크기의 플라스틱 상자에 넣고 지상 30 cm 위에 설치하였다. 그 아래에는 1.5 L 용량의 유리병을 땅에 묻고 그 위에 직경 15 cm의 깔때기를 입구에 부착하여, 채집한 병든 가지를 통하여 흘러 내려오는 빗물을 받아 그 안에 함유된 포자의 수를 1992년 3월 13일부터 12월 8일까지, 1993년에는 3월 10일부터 11월 22일까지 동일한 방법으로 조사하였다. 각 실험포장에서는 7 m 간격을 두고 3지점을 선정한 후 그

곳에 채집병을 두어 3반복으로 실험을 수행하였다. 유리병 속에는 채집한 포자가 발아하는 것을 방지하기 위해서 5% copper sulfate 용액 100 ml을 유리병을 설치할 때 넣어 두었다. 비가 내린 후 24시간 이내에 채집병을 교환하였고 그 안에 있는 포자를 조사하였다. 채집된 포자수를 산출하기 위하여 채집한 빗물의 전체 부피를 측정하고, 그 중 5 ml만을 취하여 lactophenol cotton blue(100 ml lactophenol, 3 ml 1% cotton blue 수용액, 10 ml acetic acid) 염색액을 한 방울 가하여 1분간 염색하였다. 이후 직경 25 mm, 공극 크기가 0.8 μm 이고 표면에 3×3 mm 격자가 새겨져 있는 grid membrane filter(Gelman Sciences Inc., Ann Arbor, Michigan, USA)에 10 ml용 주사기로 5 ml을 여과시킨 다음, 3격자를 임의로 선정한 후 그 안에 있는 자낭포자와 분생포자를 각각 광학현미경 400배 하에서 계수하여 1 ml에 존재하는 포자수로 환산하였다.

수간부로부터의 수매분산 포자채집. 병든 나무로부터 빗물에 씻겨 방출되는 포자를 채집하고자 사마귀 모양의 병징이 심하게 형성되어 있으며 7 m 간격을 두고 떨어져 있는 사과나무를 실험포장에서 3그루 선정하였다. 선정한 나무에 직경 15 cm이고 한 면이 평면인 플라스틱 깔때기를 지상에서 50 cm 떨어진 지점에 직접 부착하였다. 그 아래에는 포자 발아를 방지하도록 처리한 유리병을 두었고 직경 1.5 cm인 고무 호스로 유리병과 연결하여 가지를 타고 흘러내린 빗물을 채집하므로 그 안에 포함된 포자수를 진술한 방법으로 계수하였다. 수원 원예연구소 포장에서는 1992년 4월 3일부터 12월 16일까지, 1993년에는 3월 10일부터 11월 22일까지 조사하였고, 천안 포장에서는 1993년 5월 4일부터 10월 31일까지 자료를 수집하였다. 1994년에는 원예연구소 사과원에서 5월 2일부터 12월 26일까지 조사하였다.

비산 포자채집. 공기 중에 비산되는 포자의 수를 측정하고자 회전식 포자 채집기(National Automatic Timeswitch, TB 3386, Matsushita Electric Works, Ltd., Japan)를 원예연구소 실험포장에 설치하여 1992년 5월 18일부터 11월 21일까지 매일 14시부터 다음날 8시까지 총 18시간 가동하였다. 포자 채집기는 직류 12 V 자동차용 배터리 전원을 연결하여 사용하였다. 회전부 위에는 한쪽 면에 양면 테이프를 접착한 7.5×2.5 cm의 광학현미경용 슬라이드 글라스를 부착하여 지상 80 cm 지점에 설치하였다. 3~4일 간격으로 시료를 교환하였고 lactophenol cotton blue로 염색한 후 1.8×1.8 cm 커버 글라스 안에 있는 포자를 광학 현미경 400배 하에서 계수하였다. 1993년과 1994년에는 수원 실험

포장에 rotorod sampler(Model 92, Sampling Technologies, Inc., Los Altos Hills, CA, USA)를 지상 150 cm 지점에 설치하였다. 회전대는 분당 2,400회 회전하도록 조정하였다(13). 1993년 4월 26일부터 11월 10일까지, 1994년에는 5월 6일부터 12월 28일까지 2~3일 간격으로 시료를 교환하며 조사하였다. 매일 14시부터 다음날 8시까지 총 18시간 가동하여 조사하였다. Rotorod sampler의 회전부위에는 62.0×1.7 mm 크기의 양면 테이프를 부착하고 2~3일 간격으로 채집하고 테이프에 부착된 포자를 염색하여 관찰하였다.

기상자료 수집 및 통계분석. 사과원의 기상자료는 1992년과 1993년에는 원예연구소 실험포장에서 반경 약 5 km 거리 내에 위치하며 가장 인접한 수원 측후소(북위 37° 16', 동경 126° 59')에서 관측한 기상자료를 이용하였다. 1993년의 천안 실험포장과 1994년 원예연구소 사과원 실험포장에는 자료기록기(CR10 datalogger, Campbell Scientific, Logan, UT, USA)와 기상 관측 센서들로 구성된 무인기상관측장비를 설치하였다. 측정된 사과원 군락기상자료는 대기온도, 토양온도, 상대습도, 강수량, 일사량, 엽면습윤시간이었으며 매시간 자료를 기록기에 내장된 RAM에 저장하였다. 저장된 자료는 포장에서 휴대용 노트북 컴퓨터를 이용하여 직접 수집하거나 내장된 모뎀으로 공중전화 회선을 이용하여 서울대학교 농생물학과 역학연구실 컴퓨터로 전송하였다.

사과원 군락기상자료와 검무늬썩음병균 포자 방출량과의 관계를 구명하고자 측정된 기상자료 중 포자 채집기간의 일일 최고, 최저, 평균기온과 강수량 자료의 평균치를 산출하였다. 1992년부터 1994년 실험 전 기간에 걸쳐 빗물에 씻겨 방출되어 채집한 분생포자 수 및 공기 중으로 비산되어 채집한 자낭포자수를 자연로그치로 환산하고 선발한 온도와 강수량 자료와의 상관 분석을 통계 프로그램인 SAS PROC CORR(14)을 활용하여 수행하였다.

결 과

전정가지로부터의 수매분산 포자채집. 병든 가지에서 방출되는 검무늬썩음병균의 포자를 채집하여 포자 채집량의 경시적 변화를 확인하였다(Fig. 1). 전정한 가지에서 월동 후 최초로 포자가 채집된 것은 1992년 수원 포장에서는 4월 18일이었다. 포자 채집을 시작한 3월 13일부터 4월 11일까지 강우일수가 7일이었으며 총 강우량은 41.9 mm이었으나 이 기간에는 포자가 채집되지 않았다. 1993년에도 포자 채집

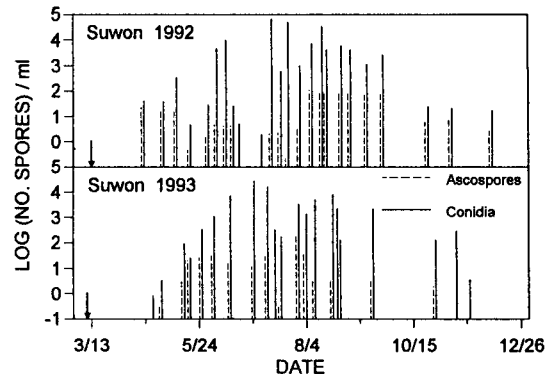


Fig. 1. Waterborne spores of *B. dothidea* collected from pruned twigs at Suwon in 1992 and 1993. Arrows indicate the date when spore traps were installed in the field.

기를 설치한 3월 10일 이후 4월 11일까지 강우일수가 9일이었고 총 강우량이 29.4 mm이었으나 채집된 포자는 없었으며, 4월 23일 강우 후 비로소 포자를 발견하였다. 1, 2차년 모두 7월 상순부터 8월 하순에 채집한 시료에서 다량의 분생포자를 관찰하였다. 1992년 7월 11일 빗물시료에는 1 ml 당 64,213개의 분생포자가 존재하여 조사 기간 중 최고치를 기록하였으나, 자낭포자는 10개 이내였다. 1993년에도 분생포자수가 급격히 증가하다가 9월부터 점진적인 감소 추세를 나타내었다. 빗물에 씻겨 방출되는 포자를 1992년에는 12월 8일, 1993년에는 11월 22일의 시료에서 최종적으로 조사하였는데, 이 경우에도 자낭포자와 분생포자가 채집되었다.

수간부로부터의 수매분산 포자채집. 1992년에 병든 나무의 수간부에서 흘러내린 빗물에서 포자가 처음 채집된 것은 4월 18일로서, 병든 가지에서 처음 채집된 날짜와 동일하였다. 1993년 수원 포장의 경우 병든 가지로부터 방출이 확인된 4월 23일 시료에는 포자가 존재하지 않았으나 4월 29일에 비로소 월동 후 처음으로 방출된 포자를 확인하였다(Fig. 2). 모든 빗물시료에서 7월 상순부터 8월 하순까지 많은 양의 분생포자가 채집되었고 자낭포자도 적은 양으로 존재하였다. 1992년에는 12월 16일, 1993년에는 11월 22일까지 시료를 조사하였을 때에도 포자가 적은 양으로 채집되고 있었다. 1993년 천안 포장에서 최초로 조사한 5월 18일 시료에 이미 자낭포자와 분생포자가 존재하였고 최종 조사한 10월 31일 시료에서도 분생포자가 채집되었다. 1994년 수원 포장에서 처음으로 시료를 채집한 5월 3일에도 포자를 발견하였다. 6월 하

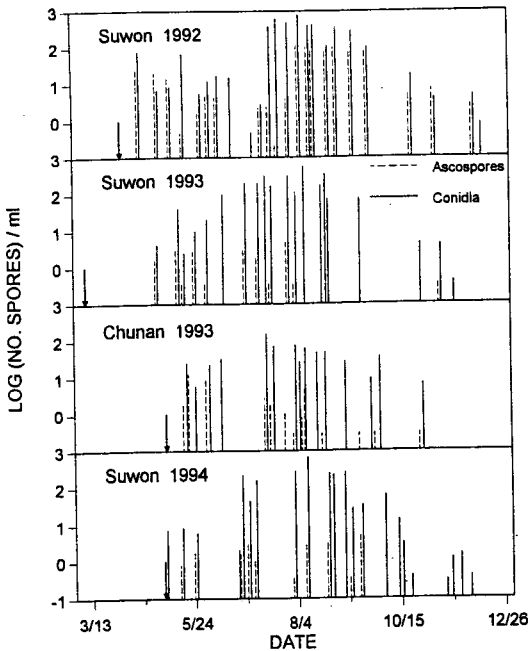


Fig. 2. Waterborne spores of *B. dothidea* collected from diseased trees at Suwon in 1992 through 1994, and at Chunan in 1993. Arrows indicate the date when spore traps were installed in the field.

순부터 9월 하순까지 다량의 포자가 채집되었고 12월 1일 시료에서 마지막으로 분생포자를 발견하였다. 12월 26일까지 비 또는 눈이 내린 시기에 채집한 시료에서는 포자를 전혀 발견할 수 없었다.

수매분산 포자의 시기별 상대적 채집량. 조사 기간 동안 채집하여 합산한 전체 포자수에 대한 각 시기별 채집량을 상대적 백분율로 표현하였다(Fig. 3). 1992년 수원 포장의 병든 가지에서 채집한 결과에 의하면 자낭포자는 5월 중순경까지 전 생육 기간을 통하여 채집된 총량의 10%가 채집되었으나, 분생포자는 3% 미만이 채집되었다. 분생포자는 사과 생육 중반기인 7월 중순경에 채집량이 급격히 증가하였다. 수간부에서는 5월 상순에 이미 전체 자낭포자의 70%가 채집되었다. 1993년 수원 포장의 병든 가지에서 채집된 자낭포자는 월동 후 6월 상순경까지 총 채집된 포자수의 30%가 채집되어 동일한 시기까지 전체의 약 5% 미만 채집된 분생포자보다 방출 시기가 빠른 것으로 나타났다. 또한 수간부에서 채집했을 때 자낭포자는 분생포자보다 이른 시기에 대부분의 포자가 방출되어 5월 하순까지 전체의 40%가 채집되는 양상을 현저하게 나타내었다. 1994년에는 1, 2차년도와 동일하

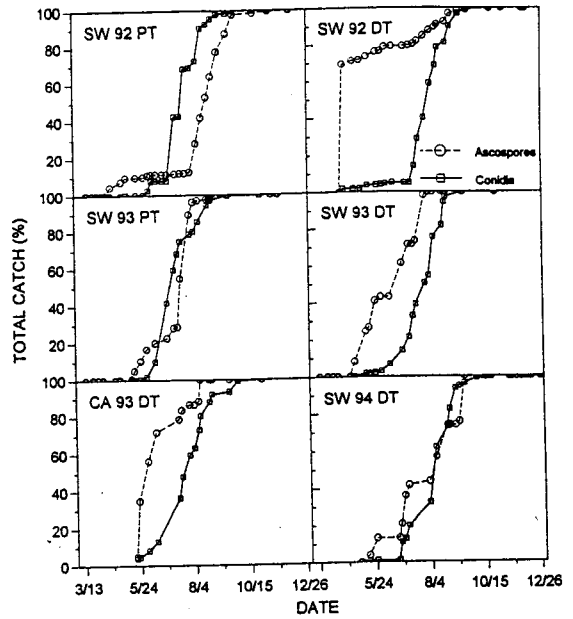


Fig. 3. Relative catch of *B. dothidea* spores collected from water traps placed below pruned twigs (PT) and diseased trees (DT) at Suwon (SW) in 1992 through 1994, and at Chunan (CA) in 1993.

게 자낭포자는 월동 후 사과 생육 중반기까지 전체량의 50% 수준이 채집되었고 분생포자는 사과 생육 중반 이후에 채집량이 증가하였다.

비산 포자채집. 1992년 수원 포장에서 처음으로 조사한 것이 5월 21일인데, 이 때에도 자낭포자와 분생포자를 발견하였다(Fig. 4). 바람으로 비산되는 포자는 8월 하순과 9월 초에 최고치를 기록하며 점차 감소하였다. 최종적으로 조사한 11월 21일에서도 포자가 존재하여 계속적으로 비산되고 있음을 알았다. 조사 기간 중 자낭포자의 채집량이 분생포자보다 많았으며 8월 하순경에는 한 시료에 150개 수준으로 채집되었다. 1993년에는 4월 29일에 처음으로 조사하였으나 포자가 발견되지 않았다. 이후 5월 8일 시료에서 포자를 최초로 관찰하였고 최종 조사한 11월 10일까지 포자가 채집되었다. 3차 년도인 1994년에 처음으로 조사한 5월 10일 시료에서도 자낭포자와 분생포자를 발견하였다. 강우가 있을 때 채집량이 증가하였으나 일정량의 강우가 없는 조건에서도 자낭포자는 채집되었다. 12월 28일까지 조사하였으나 11월 21일까지만 포자를 발견하였으므로 그 이후에는 비산이 종료된 것으로 판단하였다. 각 시기별 채집량을 전체 포자수에 대한 상대적 백분율로 표현하였으나 연도별 뚜렷한

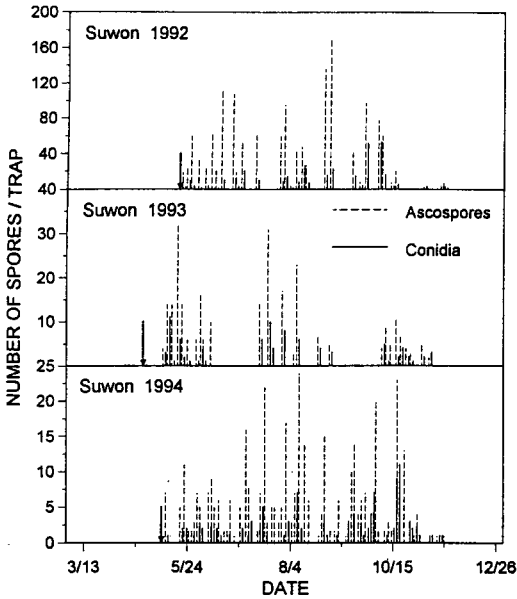


Fig. 4. Airborne spores of *B. dothidea* collected by rotor-type spore traps at Suwon in 1992 through 1994. Arrows indicate the date when spore traps were installed in the field.

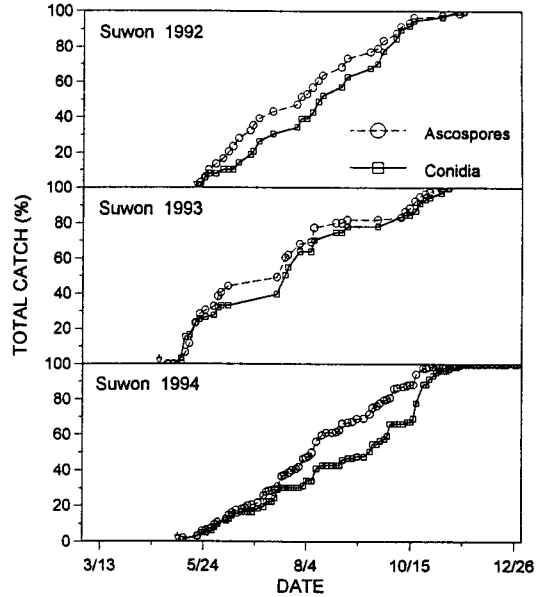


Fig. 5. Relative catch of *B. dothidea* spores collected by rotor-type spore traps at Suwon in 1992 through 1994.

차이는 없었다(Fig. 5). 자낭포자는 전체 채집량 중에서 많은 부분이 사과 생육 초반기에 채집되는 반면, 분생포자는 사과 생육 중반 및 후반에 이르러 채집량이 증가하였다.

포자방출과 기상조건의 관계. 본 실험을 수행하는 동안 수원과 천안 포장에서의 일일 평균기온을 비교하였다(Fig. 6). 1994년의 경우 여름철에 일일 평균기온이 25°C 이상 되는 일수가 다른 연도에 비하여 많았다. 연간 강수횟수와 강수량을 비교하면, 1992년과 1993년 3월 1일부터 12월 31일까지의 수원 포장에서의 강수횟수는 각각 106, 102회였고 대체로 1,100 mm수준의 강수량을 기록하였다(Fig. 7). 이에 비하여 1994년 수원 포장의 경우, 강수량이 900 mm수준으로 지난 2, 3년보다 200 mm정도 현격히 감소하였다. 1993년 천안 포장은 강수횟수가 많았지만 현저히 적은 강수량을 기록하였다.

사과원내 군락기상자료와 포자 채집량과의 상관관계를 분석한 결과, 비산되는 자낭포자와 빗물로 방출되는 분생포자 채집량과 강수량은 유의성 있는 상관관계가 인정되지 않았다. 반면에 일일 최고, 평균, 최저기온의 평균치와 포자 채집량과는 모든 처리에서 유의성 있는 상관관계가 인정되었다. 그 중에서 최저온도와의 상관계수치가 가장 높게 나타났다(Table 1). 특히 1993년과 1994년 수원 포장에서 병든 가지 및

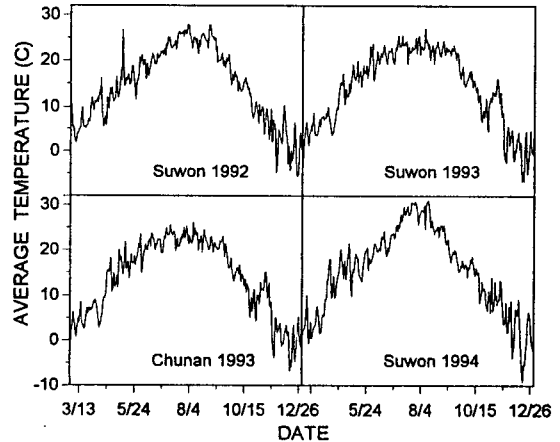


Fig. 6. Daily average temperature at Suwon in 1992 through 1994, and at Chunan in 1993.

수간부에서 방출되는 분생포자 채집량이 최저온도와 매우 높은 정의 상관관계를 나타내었고 고도의 유의성이 인정되었다($p=0.01$). 1993년 천안 포장에서도 고도의 유의성 있는 정의 관계가 인정되었고 수원에서의 상관계수치와 대체로 일치하였다. 1992년과 1993년 수원 포장에서의 비산 포자 채집량과 최저온도 간에는 고도의 정의 관계가 인정되었다. 비산되는 포자수와 최저온도와의 상관계수는 수매분산의 경우보다 상대적으로 낮았다.

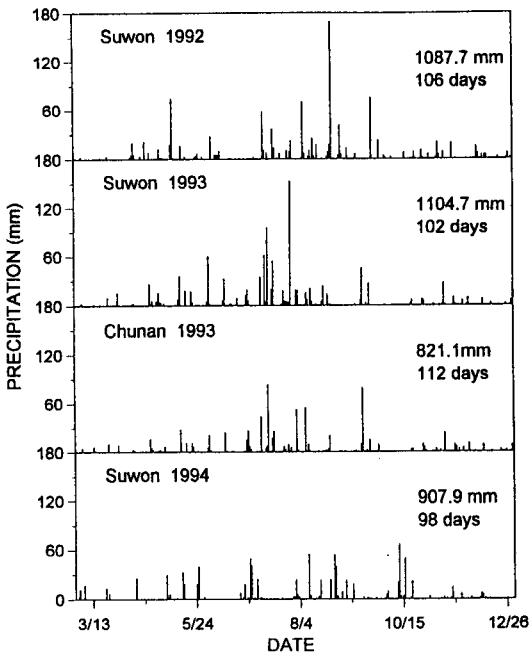


Fig. 7. Precipitation at Suwon in 1992 through 1994, and at Chunan in 1993. The total amount of precipitation and the total number of rainy days from March to December are in the upper right side.

1992년에 월동 후 최초로 포자를 채집한 4월 18일의 일일 평균기온은 12.0°C이었고, 1993년에 포자를 처음으로 발견한 4월 23일과 4월 29일은 17.1, 12.1°C의 평균기온을 각각 기록하였고 1994년 5월 3일에는 17.4°C를 나타내었다. 3년간 시기적으로 가장 오랫동안 채집된 1992년 수원 포장의 수간부에서 포자를 마지막으로 확인한 12월 16일의 평균기온은 0.1°C이었다. 또한 1993년 수원 병든 가지로부터 최종적으로 채집한 11월 22일의 평균기온은 -1.5°C로서 포자를 확인할 수 있었던 기간 중 가장 낮은 온도 조건이었다. 1994년 수원 포장에서 수간부로부터 평균기온이 8.7°C를 기록했던 12월 1일까지 포자가 채집되었다. 비산되는 포자가 1994년 수원에서 마지막으로 발견된 11월 21일의 평균기온은 3.6°C이었다. 1992년과 1993년 수원 포장에서는 최종적으로 조사한 시료에서도 포자가 계속 관찰되었으므로 포자의 비산 종료 시기를 정확히 확인할 수 없었다.

고 찰

검무늬씩음병균은 기주 조직에 자낭각을 형성하며 그 내부에는 자낭에 둘러싸인 자낭포자가 존재한다.

Table 1. Simple correlation coefficients of the number of airborne ascospores and waterborne conidia of *B. dothidea* with average minimum temperatures during the trapping periods at Suwon in 1992 through 1994, and at Chunan in 1993

Variable	Year	Suwon			Chunan
		Rotor ^a	Prun ^b	Tree ^c	Tree
Minimum temperature	1992	0.58** ^d	0.64**	0.64**	-
	1993	0.40**	0.72**	0.89**	0.67**
	1994	0.25*	-	0.90**	-

^a airborne ascospores.
^b waterborne conidia from pruned twigs.
^c waterborne conidia from diseased trees.
^d * and ** indicate significance at p=0.01 and 0.05, respectively.

자낭포자가 외부로 방출되기 위해서는 자낭각의 ostiole이 열리고 자낭이 파괴되는 과정이 필요하다(19). 또한 분생포자는 표면에 점질성의 물질에 쌓여 있는 상태로 병자각에서 분출된다(2). 따라서 자낭포자와 분생포자의 방출은 바람과 빗물의 영향을 크게 받는다. 이른 봄에 포자 채집을 시작한 이후 수차례 강우가 있었으나 채집된 빗물에서 포자가 존재하지 않았던 사실에 근거하여, 병든 가지 및 수간부에서 월동한 병원균이 포자를 형성할 수 있도록 성숙되는 과정이 강우 이외에도 대기온도 등의 다른 요인들이 관련된 것으로 추정한다. 1993년 수원 포장에서는 3-5월의 기온이 평년 기온보다 낮은 이상 저온 현상으로 사과나무 화아발육이 1992년보다 약 1주일 지연되었듯이(4), 월동 후 포자의 방출도 영향을 받은 것으로 생각한다. 공기 중으로 비산되는 포자의 경우 다른 연도에 비하여 채집을 일찍 시작한 1993년 실험 결과로 추정하면, 초기 비산일은 빗물로 방출되는 경우와 대체로 동일한 시기, 즉 4월 중하순부터 5월 상순경으로 파악된다. 일정량의 강우가 없는 조건에서도 공기 중으로의 비산이 확인되었는데, 이러한 현상은 Pusey(12)의 비산 실험 결과와도 일치하였다. 방출된 포자는 최종적으로 기온이 0°C 이하로 내려가는 조건에서도 채집되어 12월 중순까지 확인되었는데 발병 환경에 적합하지 않은 조건으로 인하여 조직 내로의 침입 및 정착은 하지 않을 것이라 생각한다. Weaver(18)도 *B. dothidea*의 분생포자가 미국의 Georgia 지역에서 12월 중순까지 채집되었음을 보고하였고, English 등(2)은 겨울철에 방출된 포자의 감염 능력이 저조함을 주장하였다. 경북지역에서는 바람과 빗물로 방출되는 분생포자를 6월 상순부터 채집하기 시작한 후 7-8월에 최

성기를 이루었고 10월 하순에 포자 방출이 종료된 것으로 보고되었다(3, 17). 일본의 일부 지역에서도 4월 중하순부터 분생포자가 채집되어 10월 하순까지 진행되었고 실험연도에 따라 채집 양상의 차이가 있었다(1, 9). 본 연구의 결과에 따르면 연도별로 약간의 차이는 있으나 대체로 4월 중하순부터 빗물과 바람에 의하여 포자가 방출되어 사과 생육기간 전체에 걸쳐 병원균의 포자가 사과원에 존재하며, 11월 하순 또는 12월 초순에 방출이 종료되는 것으로 확인하였다.

분생포자는 빗물시료에서 자낭포자보다 월등히 다량으로 관찰되었으므로, 빗물에 의하여 주로 분생포자가 전파되는 것으로 판단된다(10, 11). 이에 비하여 비산 포자 중에는 자낭포자가 분생포자보다 많은 것으로 보아 공기 중으로의 비산은 자낭포자가 더욱 유리한 것으로 확인되었다. 자낭포자는 월동 후 사과 생육 초기에 비교적 많이 채집되는 경향이 있으므로 사과원내 1차 전염원의 역할을 하는 것으로 파악된다. 이러한 사실은 Sutton(15)의 실험 결과와도 일치하였다. 본 연구에서 구멍된 포자의 전파 매개수단을 고려할 때 자낭포자는 바람에 의하여 사과나무의 개체간 전염이나 장거리 전파에 중요한 역할을 하며, 분생포자는 빗물에 의하여 동일한 사과나무 개체내 전염 역할이 중요한 것으로 생각된다.

강우는 포자의 방출 및 전파에 결정적으로 영향을 미친다. 하지만 수매분산되는 분생포자수와 채집기간 중의 강수량 간에는 유의성 있는 상관관계가 없었고, 채집기간의 온도 조건이 수매분산되는 분생포자수 및 비산되는 자낭포자수에 영향을 주는 주요 변수로 나타났다. 이러한 사실로 볼 때 온도 조건이 충족되고 일정 수준 이상의 강우가 있다면 빗물 또는 바람으로 포자가 방출된다는 것을 알 수 있었다(9). 본 연구에서는 일일 최저기온이 평균기온보다 포자 방출량과 더 높은 상관계수치를 나타내었는데, Sutton(15)의 결과에서는 일일 평균기온이 분생포자의 방출량을 결정하는 주요 요인임을 보고하였다. 또한 사과 검은별무늬병을 일으키는 *Venturia inaequalis*의 분생포자 방출에 관한 연구(16)에서도 포자 채집기간 중의 온도와 포자 채집량 간에 정의 상관관계가 있었고 고도의 유의성이 인정되었다. 공기 중으로 비산되어 채집한 자낭포자와 최저 온도와의 상관계수가 수매분산되는 분생포자의 경우보다 낮은 이유는 몇 가지 실험상의 절차 및 병원균의 포자 생성 및 이탈에 관련된 현상으로 추정한다. 먼저 본 연구에 사용한 회전식 포자 채집기의 채집효율에 관련된 것으로서, 포자 채집량의 한계 및 채집감도가 부족하므로 실제 사과원 실험포장에서 공

기 중으로 비산되는 포자의 동태를 상세히 파악하기는 어렵다. 즉 동일한 온도 조건이라도 포자 채집위치, 풍속 및 풍향 등의 다른 요인들에 의하여 비산 포자 채집량이 크게 달라질 수 있다고 생각된다. 본 연구에서는 지상 80과 150 cm 지점에 회전식 포자 채집기를 설치하여 시료를 얻었으나, 사과원에서 비산 포자의 수직적 분포에 관한 자료가 아직 미흡한 실정이다. 앞으로 초기 방출과 관련된 병원균의 균학적 특성과 초기 전염원의 밀도를 낮추는 방법 및 사과원에 방출된 포자가 기주를 감염하고 병징을 나타내는 시기와 조건에 관한 내용이 보완되어야 할 것이다. 궁극적으로 본 연구를 통하여 구멍된 포자 방출에 관한 내용은 접무늬썩음병의 합리적 관리를 위한 예찰체제의 부분모델로 통합되어 활용할 수 있을 것이다.

요 약

공중으로 비산되고 빗물로 씻겨 방출되는 사과 접무늬썩음병균(*Botryosphaeria dothidea*)의 자낭포자와 분생포자를 1992년부터 1994년까지 수원과 천안에 위치한 사과원에서 채집하였다. 수매분산 및 비산 포자는 4월 중순부터 5월 상순에 처음으로 채집되었다. 이후 6월 상순부터 8월 하순까지 채집량이 증가하고 12월 초순까지 채집되었다. 분생포자는 사과 생육 기간에 걸쳐 빗물시료에 자낭포자보다 현저히 많은 양이 채집되었다. 비산되는 자낭포자는 일정량의 강우가 없는 습한 조건에서도 공기 중으로의 비산이 확인되었으며 분생포자보다 많은 양이 채집되었다. 자낭포자의 대부분은 사과 생육 초기에 채집되었으나 분생포자는 생육 후기에 채집량이 크게 증가하였다. 수매분산되는 분생포자 및 비산되는 자낭포자는 채집기간 중 일일 최고, 최저, 평균기온의 평균치와 정의 상관관계를 나타내었고 고도의 유의성이 인정되었다($p=0.01$). 그러나 채집기간 중의 강수량은 포자의 채집량과는 뚜렷한 상관관계가 없었다.

감사의 말씀

본 연구는 한국과학재단 특정기초연구과제(과제번호 91-07-00-06) 지원으로 수행되었으며, 포장실험에 도움을 주신 (주) 상원농산 이강민 소장님께 감사드립니다.

참고문헌

1. 林重昭. 1984. 링고輪紋病의 發生生態と 防除. 植

- 物防疫. 38(12) : 19-22.
2. English, H., Davis, J. R. and Devay, J. E. 1975. Relationship of *Botryosphaeria dothidea* and *Hendersonula toruloidea* to a canker disease of almond. *Phytopathology* 65 : 114-122.
 3. 정미혜, 김대회, 엄재열. 1994. 사과 겹무늬썩음병의 효과적 방제를 위한 약제살포 체계의 수립 1. 사과 의 생육시기별 보호살균제의 선택 원칙. 한국식물병리학회지 10(4) : 284-291.
 4. Kim, K. W. 1994. Epidemiological studies on apple white rot and a forecasting system for scheduling fungicide sprays. M. S. Thesis. Seoul National University. 101 pp.
 5. 김성봉, 김진수. 1989. 사과 겹무늬썩음병의 병원성과 발생생태에 관한 연구 I. 병원균의 분리동정 및 균사생육에 미치는 영양원과 환경요인의 영향. 한국원예학회지 30(1) : 26-37.
 6. 김성봉, 김진수. 1989. 사과 겹무늬썩음병의 병원성과 발생생태에 관한 연구 II. 사과 겹무늬썩음병의 발생생태와 방제. 한국원예학회지 30(2) : 129-136.
 7. 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.
 8. Lee, Y. H., Cho, W. D., Kim, W. K., Lee, E. J., Han, S. J. and Chung, H. S. 1993. Detailed survey of apple and pear diseases in major fruit producing areas in Korea ('88~'92). *Korean J. Plant Pathol.* 9(1) : 47-51.
 9. 尾形 正. 1992. 링고輪紋病의 果實感染에 及ぼす 要因. 今月の農業. 36(7) : 48-52.
 10. 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.
 11. Parker, K. C. and Sutton, T. B. 1993. Susceptibility of apple fruit to *Botryosphaeria dothidea*. and isolate variation. *Plant Dis.* 77 : 385-389.
 12. Pusey, P. L. 1989. Availability and dispersal of ascospores and conidia of *Botryosphaeria* in peach orchards. *Phytopathology* 79 : 635-639.
 13. Sampling Technologies, Inc. 1993. *Operating Instructions for the Rotorod Sampler*. Sampling Technologies, Inc. St. Paul, MN. 40 pp.
 14. SAS Institute Inc. 1988. *SAS/STAT User's Guide, Release 6.03 Edition*. SAS Institute Inc., Cary, NC. 1028 pp.
 15. 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.
 16. Sutton, T. B., Jones, A. L. and Nelson, L. A. 1976. Factors affecting dispersal of conidia of the apple scab fungus. *Phytopathology* 66 : 1313-1317.
 17. 엄재열, 이동혁, 이상계. 1995. 미국 수출용 사과 재배를 위한 살균제 살포력의 개발. 한국식물병리학회지. 11(1) : 17-29.
 18. Weaver, D. J. 1979. Role of conidia of *Botryosphaeria dothidea* in the natural spread of peach tree gummosis. *Phytopathology* 69 : 330-334.
 19. Wolf, F. T. and Wolf, F. A. 1939. A study of *Botryosphaeria ribis* on willow. *Mycologia.* 31 : 217-227.