

감나무 둥근무늬낙엽병균(*Mycosphaerella nawae*)의 위자낭각 성숙에 영향을 미치는 환경요인

권진혁* · 강수웅 · 박창석¹ · 김희규¹
경상남도농촌진흥원, ¹경상대학교 농과대학

Environmental Factors Affecting Maturation Rate of Pseudothecia of *Mycosphaerella nawae*, the Causal Organism of the Spotted Leaf Casting of Persimmon

Jin Hyeuk Kwon*, Soo Woong Kang, Chang Seuk Park¹ and Hee Kyu Kim¹
Gyeongnam Provincial Rural Development Administration, Chinju 660-370, Korea
¹College of Agriculture, Gyeongsang National University, Chinju 660-701, Korea

ABSTRACT: The environmental factors affecting maturity of pseudothecia overwintered in infected leaves by *Mycosphaerella nawae* was investigated. The pseudothecia in the overwintering infected leaves were matured at the end of April when the average temperature was 14°C and precipitation was enough. Pseudothecia initiation was preceded by the fungal biomass development in a given host. The maturity of the pseudothecia from the leaves defoliated in early October was earlier and higher than those defoliated in November of the previous year. Pseudothecia development was also positively affected by low temperature. The maturity time, as determined by percentage of matured pseudothecia out of prematured ones, was also 20 days earlier, and the rate of maturity was higher for the leaves overwintered in out door, than for those kept in greenhouse. We have provided evidence that the conidia play a significant role in the epidemiology of this pathogen. Many pseudothecia were developed in the leaves infected by artificially inoculated conidia and maturation rate of the pseudothecia was not different from that of the typical symptom by ascospores infection of *Mycosphaerella nawae*.

Key words: *Mycosphaerella nawae*, pseudothecia maturity.

감나무 둥근무늬낙엽병은 우리나라 감재배지의 어느 곳에서나 흔히 발생되는 병해중의 하나로서 특히 남부 단감 재배지에서 해에 따라 대발생되어 커다란 피해를 가져오는 병이다. 이 병의 병원균(*Mycosphaerella nawae*)의 위자낭각은 대부분 월동전에 병반부 뒷면에 아주 작고 검은 알맹이(prematured pseudothecia) 모양으로 형성되며, 위자낭각 형성수는 병반의 뒷면이 많았으며 병반부의 앞면이나 병반부 이외의 부위에도 확인되어지나 그 수는 적은편이다(5). 이 균은 이듬해 봄 이병조직내에서 형성된 위자낭각이 성숙하면 자낭을 형성하고, 자낭이 성숙되면 자낭포자가 방출되는데 이것이 1차 전염원이 된다(1~10). 1차 전염원의 활동에 영향을 미치는 기상요인은 姜 등(2), 權 등(4, 5), 多久田과 廣澤(6~10)에 의해 자세한 연구 결

과가 보고되었다. 이 보고에 의하면 자낭각 형성에서 자낭포자가 비산하기까지 균의 활동에 관여하는 가장 중요한 요인은 온도와 습도라고 하였다.

본 연구에서는 감나무 둥근무늬낙엽병균의 시기별 위자낭각 성숙, 낙엽시기별 및 월동상태별 위자낭각 성숙 그리고 분생포자 접종에 의해 나타난 병반에서의 위자낭각 성숙율을 조사하였다.

재료 및 방법

시기별 위자낭각 성숙조사. 1992년부터 1996년까지 5년간 감나무 둥근무늬낙엽병이 심하게 발병된 과수원에서 낙엽된 이병엽을 수거하여 한 곳에 모아놓고 자연상태에서 월동시켰다. 이듬해 4월 상순부터 5월 하순까지 10일 간격으로 병반부에서 30개의 위자낭각을 떼내어 시기별 위자낭각 성숙 정도를 조사하

*Corresponding author.

였다. 해부현미경 40배 하에서 해부용 칼을 사용하여 이병엽의 병반 조직부분 표피아래 큐티클층에 있는 것을 약간 걷어내거나 그대로 떼어내어 slide glass 위에 멸균수를 한 방울 떨어뜨린 후 cover glass를 덮고서 칼로 약간 누른 다음 광학현미경 150~300배 하에서 위자낭각 성숙 정도를 조사하였다.

낙엽시기별 및 월동상태별 위자낭각 성숙조사.

1993년부터 1994년까지 2년간 이병엽 낙엽시기에 따라 위자낭각 성숙율을 알기 위하여 감나무 등근무늬 낙엽병이 심하게 발병되어 10월 초순에 떨어진 조기 낙엽과 11월 초순에 후기낙엽된 이병엽을 따로 수거하여 자연상태에서 월동시킨 후 4월 상순부터 5월 하순까지 10일 간격 같은 방법으로 위자낭각 형성 정도를 광학현미경 하에서 조사하였다.

월동상태에 따른 위자낭각 성숙정도는 11월 초 낙엽된 이병엽을 낙엽직후에 수거하여 야외에 그대로 방치한 처리와 온실보관으로 나누어서 조사하였다. 온실보관은 낙엽직후 수거한 이병엽을 15°C로 가온되는 유리온실내에서 11월 중순부터 다음해 3월 31일까지 건조상태로 월동시킨 후 4월 1일 야외포장에 노출시켜 위자낭각 성숙 정도를 조사하였다.

분생포자 접종에 의해 형성된 병반에서 위자낭각 성숙. PDA배지 위에서 25°C 항온기에 90일간 배양하여 얻어진 분생포자를 붓으로 긁어 현탁액을 12.4 × 10⁴/ml로 만들어서 1995년 5월 25일과 9월 5일 온실에서 육묘한 감나무 2년생 유목 각각 3포트씩 6주에 *M. nawae*의 분생포자 인공접종 후 발병된 이병엽을 낙엽직후 수거하여 자연상태로 월동시켰다. 이듬해 봄 4월 상순부터 5월 하순까지 10일 간격으로 이병엽 병반부에서 위자낭각 성숙 정도를 조사하였다.

결과 및 고찰

자연상태에서 월동한 이병엽에서의 시기별 위자낭각 성숙율. 1992년부터 1996년까지 5년간 4월 상순부터 5월 하순까지 위자낭각 성숙과 강우량과의 관계를 조사한 결과는 Table 1과 같다.

1992년에는 4월 상순에 강우량이 120.1 mm, 중순에 1.3 mm 정도 내렸지만 상순 온도와 강우량의 영향을 받아 4월 중순에 6.7% 정도 위자낭각이 성숙되었고, 5월 상순에 40.0%, 중순에 46.7%, 하순에 70.0%로 증가하였다. 1993년도에는 4월 중순까지 강우가 없어 4월경에는 확인되지 않았다가 4월 하순 22.8 mm의 강우량으로 인하여 5월 상순에 20.0% 정도 위자낭각이 늦게 성숙되었고, 중순에 46.7%, 하순에 73.3%로 차

Table 1. Effect of mean temperature and amount of precipitation on the maturation of pseudothecium of *Mycosphaerella nawae*

Observed period	Mean temperature (°C)	Precipitation (mm/10 days)	Maturity of ascocarps (%) ^a
1996 April	1-10	7.8	2.0
	11-20	8.8	16.8
	21-31	14.3	65.5
May	1-10	15.0	30.4
	11-20	17.4	9.4
	21-31	19.3	30.1
1995 April	1-10	9.4	2.2
	11-20	12.0	23.8
	21-31	14.4	106.5
May	1-10	15.8	23.4
	11-20	14.5	69.0
	21-31	18.2	24.3
1994 April	1-10	12.4	25.7
	11-20	13.4	83.7
	21-31	15.8	6.9
May	1-10	17.1	33.6
	11-20	16.6	81.6
	21-31	19.5	55.8
1993 April	1-10	8.8	0
	11-20	12.0	0
	21-31	14.8	22.8
May	1-10	14.6	69.8
	11-20	17.3	77.8
	21-31	18.8	13.0
1992 April	1-10	12.5	120.1
	11-20	10.7	1.3
	21-31	14.9	44.1
May	1-10	16.4	118.1
	11-20	16.8	10.6
	21-31	17.8	3.9

^a Maturation rate was determined by counting thirty ascocarps from 1992 to 1996 at Chinju.

차 증가하였다. 1994년에는 4월 상순에 강우량이 25.7 mm, 중순 83.7 mm, 하순 6.9 mm로 4월 24일경 13.3% 정도 위자낭각 성숙을 확인할 수 있었으며 5월 상순 30%, 중순에 60%, 하순에 86.7%로 급격히 증가되었다. 1995년에는 4월 상순에 강우량이 2.2 mm, 중순에 23.8 mm, 하순에 106.5 mm였는데 4월 24일경 23.3% 정도 위자낭각 성숙을 확인할 수 있었으며 5월 상순에 33.3%, 중순에 63.3%, 하순에 86.7%로 빠르게 증가하였다. 1996년에는 4월 상순에 강우량이 2.0 mm, 중순 16.8 mm, 하순 65.5 mm로 4월 24일경 16.6% 정도 위

자낭각 성숙을 확인할 수 있었으며 5월 상순 23.3%, 중순 33.3%, 하순 76.7%로 점차 증가하였고 5개년 평균 형성된 전체 위자낭각 중 70~80% 정도가 완전히 성숙되었다.

병든 잎에서 월동한 병반으로 부터 위자낭각 성숙이 최초로 확인된 시기는 1992년 4월 12일경이었는데, 이 때 평균온도는 10.7°C 정도로 이 시기에 자낭이 성숙된 위자낭각은 극히 드물었다. 1992년부터 1996년까지 조사한 결과 위자낭각 성숙이 확인된 시기는 4월 하순부터였으며 평균온도는 14°C 정도였다. 이 때 관찰된 위자낭각은 모두 잎의 표피 조직속에 형성되었고 완전히 성숙되면 표피를 뚫고 위자낭각의 전부가 표면에 노출되어 해부현미경으로 관찰이 용이하였다.

본 연구와 多久田과 廣澤(11)의 보고에 의하면 자낭각형성 온도범위는 5°C~35°C이며 15°C~25°C에서 많이 형성되 적은은 20°C이었는데 자연상태에서 위자낭각 성숙은 위자낭각 성숙에 알맞은 온도는 다소 낮은 온도에서 일어날 것으로 추정되어지며 성숙이 활발한 온도는 15°C 이상의 기온과 월동한 이병엽에 충분한 습기가 주어질 때 일것으로 생각된다. 따라서 위자낭각 성숙에는 4월 경우가 절대적으로 큰 영향을 주는데 위자낭각 성숙에 필요한 경우는 일시에 많은 강우량보다 월동한 이병엽에 언제나 충분한 습기가 주어질 수 있는 상태로 자주 내리는 강우량과 강우회수가 위자낭각 성숙에 더 큰 영향을 줄 것으로 생각되어진다.

이병엽 낙엽시기별 위자낭각 성숙율. 감나무 등근 무늬낙엽병에 심하게 이병된 포장에서 10월 초순 일찍 낙엽된 이병엽과 11월 초순 다소 늦게 낙엽한 이병엽을 수거하여 야외 월동시킨 후 위자낭각 성숙율을 조사한 결과는 Table 2와 같다.

Table 2. Maturation rate of pseudothecia of *Mycosphaerella nawae* in the tissues of early and/or late defoliated leaves after overwintering

	Maturation rate of ascocarps (%) ^a					
	April			May		
	Early	Middle	Late	Early	Middle	Late
Early defoliation ^b	0	0	26.7	46.7	63.3	86.7
Late defoliation	0	0	13.3	26.7	43.3	63.3

^a Maturation rate(%)=(Number of matured ascocarps ÷ thirty ascocarps) × 100

^b Early defoliation refers to the leaves defoliated on October and late defoliation refers to there did on November from 1993 to 1994 at Chinju.

위자낭각 성숙시기는 10월 상순 조기낙엽한 것이 4월 하순에 26.7%, 5월 상순에 46.7%, 중순에 63.3%, 하순에 86.7%였으며, 11월 상순의 후기낙엽에서는 4월 하순에 13.3%, 5월 상순에 26.7%, 중순에 43.2%, 하순에 63.3%로 조기낙엽된 이병엽에서 성숙율이 상당히 높았다.

이병엽 낙엽시기별 위자낭각 성숙율은 조기낙엽된 것이 후기낙엽된 것 보다 초기 성숙율이 높고 전체적인 성숙율도 높았다. 이와같이 조기낙엽이 초기 자낭포자 비산량을 많게하는 요인이 되므로 초기 감염율을 증가시키는 큰 요인이 될 것으로 추정되어진다.

전염원 월동상태에서 다른 위자낭각 성숙율. 감나무 등근무늬낙엽병에 걸린 이병엽을 1993년, 1994년 2년간 수거하여 유리 온실안과 야외에서 월동시킨 후 시기별 위자낭각 형성 정도를 조사한 결과는 Table 3과 같다.

야외에서 월동시킨 것의 위자낭각 성숙율은 4월 하순에 13.3%, 5월 상순에 30.0%, 5월 중순에 60.0%, 5월 하순에 86.7%였으며 온실에서 보관한 것은 5월 중순에 10.0%, 5월 하순 30.0%였다. 이와 같이 야외에서 월동한 것이 온실에서 보관한 것보다 초기 위자낭각 성숙일이 20~30일 정도 빨랐으며 전체적인 성숙율도 훨씬 높았다.

전염원 월동상태에 따른 위자낭각 성숙율은 야외에서 월동한 것이 온실에 보관한 것 보다 초기 위자낭각 성숙시기가 20일~30일 정도 빠르고 전체적인 성숙율도 훨씬 높았다. 이것은 위자낭각 성숙에는 적당한 습도와 저온을 경과되어야만 성숙되는 것으로 생각되어지는데 앞으로 상세히 연구되어야 할 과제로 생각된다.

분생포자에 의해 감염된 이병엽에서 위자낭각 성숙. 분생포자 인공접종 후 발병된 이병엽을 낙엽 후 수거하여 자연상태에서 월동시켜 이듬해 시기별 위자

Table 3. Maturation rate of pseudothecia of *Mycosphaerella nawae* with the different overwintering conditions of infected leaves

	Maturation rate of ascocarps (%)					
	April			May		
	Early	Middle	Late	Early	Middle	Late
Out door	0	0	13.3	30.0	60.0	86.7
Greenhouse ^a	0	0	0	0	10.0	30.0

^a Fallen leaves were overwintered at greenhouse and were exposed to out door condition on 1st April. Refer to the footnote of Table 2 for other details.

Table 4. Difference of the maturation rate of pseudothecia between conidia inoculated leaves and naturally infected leaves overwintered in out door

	Maturation rate of ascocarps (%)					
	April			May		
	Early	Middle	Late	Early	Middle	Late
Conidia inoculation ^a	0	0	0	16.7	46.7	63.3
Ascospore infection ^b	0	0	16.6	23.3	53.3	76.7

^a Artificially inoculated.

^b Natural infection of primary inoculum.

나각 성숙율을 조사한 결과 Table 4와 같다.

분생포자에 의해 감염시켜 발병된 이병엽에서의 위자낭각 성숙 시기는 5월 5일 처음 성숙이 확인되었는데 자낭포자에 의해 감염되어 발병된 것보다 10일 정도 늦게 성숙되었다. 위자낭각 성숙율은 5월 상순에 16.7%, 중순에 46.7%, 하순에 63.3%로 자연감염된 이병엽에서의 성숙율과 큰 차이는 없었다.

이와같이 분생포자를 인공접종한 후 발병된 이병엽에서 월동한 위자낭각도 자연감염에 의한 성숙시기는 10일 정도 늦었지만 전염원으로서의 충분한 역할을 할 수 있었다.

요 약

감나무 둥근무늬낙엽병 이병엽에서의 이듬해 봄 위자낭각 성숙에 영향을 미치는 환경요인에 대한 검토를 하였다. 월동 후 이병엽에서 위자낭각이 완전히 성숙되는 시기는 대체로 4월 하순이었는데 이때의 평균 기온은 14°C 정도였고 충분한 강우가 있을 때였다. 낙엽시기에 따른 성숙 정도는 10월 초에 낙엽된 이병엽이 11월 초 낙엽된 이병엽보다 성숙율은 상당히 높았으나 성숙시기에는 차이가 없었다. 월동장소에 따른 차이는 야외에서 월동된 이병엽은 온실에서 보관되었

다가 이듬 봄에 야외에 노출한 것보다 성숙시기가 20일 정도 빨랐고 성숙율도 훨씬 높았다. 그리고, 분생포자를 인공접종하여 발병된 이병엽에서도 위자낭각이 다수 형성되었고 이듬해 봄 성숙율도 자낭포자의 자연감염에 의한 병반에서와 큰 차이가 없었다.

참고문헌

1. 鑄方未彦, 人見剛. 1929. 柿圓星性落葉病に關する研究. 岡山縣立農事試驗場報告書 pp. 1-35.
2. 강수웅, 권진혁, 이유식, 박창석. 1993. 단감 둥근무늬낙엽병(*Mycosphaerella nawae*)의越冬後子囊殼形成과子囊孢子飛散에 미치는氣象要因. 농업논문집 35(1): 337-343.
3. 北島博. 1989. 果樹病害各論, 養賢堂 pp. 454-486.
4. 권진혁, 강수웅, 정부근, 박창석. 1995. 감나무 둥근무늬낙엽병균(*Mycosphaerella nawae*)의 자낭포자비산에 영향을 주는 환경요인. 한국식물병리학회지 11(4): 344-347.
5. 권진혁. 1997. 감나무 둥근무늬낙엽병 병원균(*Mycosphaerella nawae*)의 균학적 특성 및 발병생태. 경상대학교 박사학위논문 pp. 13-59.
6. 多久田達雄, 廣澤敬之. 1973. カキ圓星落葉病の生態と防除に關する試験. 島根縣農業事試驗場報告書 pp. 164-169.
7. 多久田達雄, 廣澤敬之. 1978. カキ圓星落葉病の生態と防除に關する試験. 島根縣農業事試驗場報告書 pp. 203-213.
8. 多久田達雄. 1980. カキ圓星落葉病の發生生態と防除對策. 農藥 27(3): 35-39.
9. 多久田達雄, 廣澤敬之. 1980. カキ圓星落葉病菌子のう胞子飛散について. 日本植物病理學會報 46(1): 98.
10. 多久田達雄, 廣澤敬之. 1980. カキ圓星落葉病菌子のう胞子形成に關する二. 三の條件とその形成時期. 日本植物病理學會報 46(3): 373.
11. 多久田達雄, 廣澤敬之. 1981. カキ圓星落葉病の生態と防除に關する試験. 島根縣農業事試驗場報告書 pp. 268-273.

(Received June 20, 1997)