

감나무 둥근무늬낙엽병의 발생과 병원균(*Mycosphaerella nawae*)의 전염원 동태권진혁¹ · 박창석*경상대학교 농업생명과학대학, ¹경상남도농업기술원Ecology of Disease Outbreak of Circular Leaf Spot of Persimmon and Inoculum Dynamics of *Mycosphaerella nawae*Jin-Hyeuk Kwon¹ and Chang-Seuk Park*

College of Agriculture and Life Sciences, Gyeongsang National University, Jinju 660-701, Korea

¹Gyeongsangnam-do Agricultural Research and Extension Services, Jinju 660-360, Korea

(Received on November 4, 2004)

The circular leaf spot of persimmon is occurred almost every place where persimmon is cultivated, especially the disease outbreak severely in southern part of Korea. The disease reveals unusually long incubation period after pathogen invade into leaf tissue and no practical control measure is available once the symptom has appeared. Most of the farmers just follow the suggested spray schedules calculated on the basis of weather condition of ordinary years. Therefore the damages due to circular leaf spot greatly differ year after year. In this article, we tried to describe and summarized the investigation on the circular leaf spot pathogen, *Mycosphaerella nawae*, related to disease outbreak such as overwintering of pathogen, inoculum formation and spread, incubation period after infection, and secondary inoculum. With the summary of these results, we suggest the disease cycle of circular leaf spot of persimmon. The pathogen overwinters in diseased leaves as mycelial form or pseudoperithecial premodium. The pseudoperithecia become matured in spring as the temperature raise and forms asci and ascospores. The maturation of pseudoperithecia are closely related to the temperatures during March and early April. The ascospores completely mature in early May and the ascospores released when the pseudoperithecia absorbed enough moisture after rainfall. The release of ascospores are diverse greatly with the variation of maturity of pseudoperithecia. Generally the spore start to release from middle of May to early of July. Duration of ascospore release is depend on the weather condition of particular year, especially amount and number of precipitation. The ascospores produced from pseudoperithecia is known to the only inoculum for circular leaf spot disease. But according to the results obtained from our investigations, the conidia formed on the lesions which incited by natural infection. This conidia are infectious to persimmon leaves and formed identical symptom as natural infection. The time of producing secondary inoculum of circular leaf spot of persimmon is considered too late to develop new disease. Generally the importance of secondary inoculum is low but the conidia produced in early September are competent to develop new disease and new infection also significantly affect to harvest of persimmon. The importance of circular leaf spot disease is recognized well to farmers. The approaches to control of the disease should be initiated on the basis of the knowledges of inoculum dynamics and ecology of disease development. The forecasting system for circular leaf spot is need to be developed.

Keywords : Ascospore, Ascus, Circular leaf spot, *Mycosphaerella nawae*, Persimmon, Pseudoperithecia

감나무 둥근무늬낙엽병(*Mycosphaerella nawae*)은 우리나라 감 재배지의 어느 곳에서나 흔히 발생하는 병으로

특히 남부지방의 단감재배지에서는 해마다 발생하여 큰 피해를 주는 병이다. 이 병에 걸리게 되면 과실의 비대불량, 조기낙엽, 성숙 전 연화로 조기낙과되어 과원의 황폐화를 가져오는 무서운 병이다. 이 병은 대부분 1차 전염원에 의해서 감염되며 감염에서부터 병징이 나타나기까지 잠복기가 매우 길고, 일단 병이 발생되면 방제가 곤란

*Corresponding author

Phone)+82-55-751-5442, Fax)+82-55-751-5439

E-mail)changpak@gsnu.ac.kr

한 병이다(권 등, 1997c).

鑄方과 人見(1929, 1932)은 감나무 등근무늬낙엽병을 병원균과 발병생태를 최초로 보고하였으며, 같은 시험연구보고서 제 24호에 감나무 모무늬낙엽병(*Cercospora kaki*)과 감나무 등근무늬낙엽병(*Mycosphaerella nawae*)을 보고하였다. 그 후 多久田과 廣澤(1973, 1974) 등에 의해 병원균의 생리·생태 및 방제법에 관한 연구가 많이 진행되었다. 우리나라에서 감나무 등근무늬낙엽병에 대한 연구는 병 발생시기와 방제에 관한 것이며 병원균의 월동이나 자낭포자의 형성과 비산 등 병 방제와 관련된 기본적인 자료가 많이 부족한 편이다.

이 총설에서는 지금까지 감 재배에 있어서 가장 문제가 되고 있는 감나무 등근무늬낙엽병의 전염원 동태를 1992년부터 1996년까지 5년간 조사한 결과(권, 1997a)와, 그 후 2004년까지 이 병의 예찰에 필요한 자료를 얻기 위하여 자낭포자 비산시기를 조사한 결과를 토대로 하여 이 병의 병환을 제시하고자 한다. 특히 이 병의 2차 전염원의 존재와 역할, 잠복기, 발병환경 등을 연구한 결과를 가지고 우리나라 남부지방 단감 과원에 발생하는 감나무 등근무늬낙엽 병 발생과정과 전염원 동태를 파악함으로써 효과적인 방제체계를 구축할 수 있는 방안을 제시하고자 한다.

병원균

1. 균사

감자한천배지(PDA)에서 미리 배양한 *M. nawae*의 균사 절편(1.0×1.0 mm)을 PDA배지 중앙에 이식하여 20°C로 조절된 항온기에서 30일간 배양하였을 때 균총은 약 37.0 mm로 증식이 매우 느린 편이다. 균사의 폭은 3.1~8.2 μm(평균 5.3 μm)이다. 감자한천배지 상에서 균총은 배지 중앙 부위가 더 잘자라기 때문에 이 부분이 융기하며 작은 주름이 생기고 테두리 부분은 물결모양을 이루고 원형이다. 중앙부위가 연한 갈색 또는 회갈색이며 가장자리는 짙은 회갈색을 나타낸다(Fig. 2A). 생육적온은 20°C이며 15~25°C에서도 자라지만 30°C에서 극히 생육이 나쁘고 35°C에서는 자라지 않는다(Table 1). 균사 끝부분 생장이 왕성하여 쪽 뻗으나 일부 오래된 균사체는 분절되어 있으며 균사의 격막은 잘 발달되어 있고 무색 내지 담갈색이고 폭은 3.1~8.2 μm(평균 5.3 μm) 정도이다(Fig. 2B; 권 등, 1995a).

2. 분생포자

배양기에서 90일 정도 배양하면 분생포자가 형성된다. 분생포자는 단상 또는 연쇄상으로 연결되어 있고 모양은

타원형, 장방추형, 장타원형, 땅콩형, 도란형, 원통형 등의 여러 가지 모양이며 색깔은 무색 또는 담갈색이고 크기는 12.2~32.6×6.1~10.2 μm(평균 21.0×9.4 μm) 정도이다. 격막은 대부분 없는 것이 많고 드물게 1~3개 있는 것도 있다(Fig. 2C, D). 발아는 한쪽 또는 양쪽으로 발아하였다. 분생포자는 *Ramularia*형의 특징을 가지고 있다. 분생포자형은 균사체로부터 짧고 직립이며 투명하고 무색 또는 담갈색이다. 크기는 20.4~102.0×3.1~10.2 μm(평균 49.2×5.1 μm)였다. 격막은 대부분 없으나 간혹 한 개 정도 있는 것도 있다. 자낭포자에 감염된 병반과 분생포자 인공접종 후 나타난 병반 그리고 배지에서 배양한 분생포자들 간에 형태적 차이는 없었다. 자낭포자에 감염되어 발생한 병반부위의 분생포자나 감자한천배지 상에서 배양된 분생포자 모두 주사전자현미경(SEM)으로 관찰한 결과 동일하였다(Fig. 3A, B), (권 등, 1997d; Kwon 등, 1998b).

3. 완전세대

위자낭각(Pseudothecia)은 낙엽 전·후 병반부 뒷면에 작은 검은 소립점이 조직속이나 표면에 형성되고 앞쪽 부분에도 형성된다(Fig. 1A). 형성초기에는 표피 또는 큐티클층 아래에 있다가 월동 후 성숙됨에 따라 표면에 노출된다. 해부현미경 하에서 떼내어 광학현미경 150~300배 하에서 칼로 약간 눌러 깨뜨려 관찰해 보면 유막조직 같은 것으로 채워져 있는 것을 관찰할 수 있고 그 주위에 균사도 함께 있는 것이 관찰되었다. 미성숙 위자낭각은 낙엽 후 균사나 균사덩어리 상태로 월동하면서 이른 봄에 성숙되어진다. 이것이 월동 후 3월까지 계속 존재하다가 4월 상순에 성숙하여 자낭각의 모습을 갖추어 가기 시작한다. 성숙이 빠른 것은 4월 중·하순경에 성숙되어 위자낭각 모양을 관찰할 수 있으며 시기가 경과됨에 따라 성숙한 위자낭각 양이 많아진다. 약 2~3개월동안 자낭포자가 비산되다가 7월 하순경에 자낭포자 비산이 완료되고, 위자낭각이 비워져 있는 것을 관찰할 수 있다. 위자낭각은 병반부위에 단생으로 생겨 여러개가 흩어져 있고 위자낭각의 모양은 일정하지 않지만 대부분 구형, 난형, 서양배 모양을 나타내었다. 위자낭각을 둘러 싸고 있는 각벽은 뚜렷하고 흑갈색이고 유막조직은 2~3층으로 형성되어져 두꺼웠다. 크기는 길이 51.0~122.4 μm(평균 82.8 μm)였다. 폭은 51.0~112.2 μm(평균 72.5 μm) 정도였다(Fig. 1B).

자낭은 위자낭각의 아래 부분에서 생기고 처음에는 실 모양으로 위로 돌출되어 나중에 성숙하여 팽대해 원통형, 곤봉상 또는 바나나형이 된다. 막은 얇고 무색이고 끝부

Table 1. Mycelial growth of *Mycosphaerella nawae* on three different media with variation of incubation temperature

	Diameter of colony (mm) ^a						
	5	10	15	20	25	30	35°C
LA	8.0	12.0	24.2	30.0	23.0	2.1	1.0
PDA	9.0	12.0	27.0	37.0	26.0	4.0	1.0
V-8	7.0	11.0	24.2	26.0	21.0	3.0	1.0

^aThe diameter of the colonies was measured after 30 days incubation.
LA : Leonian agar, PDA : Potato dextrose agar, V8 : V-8 Juice agar.

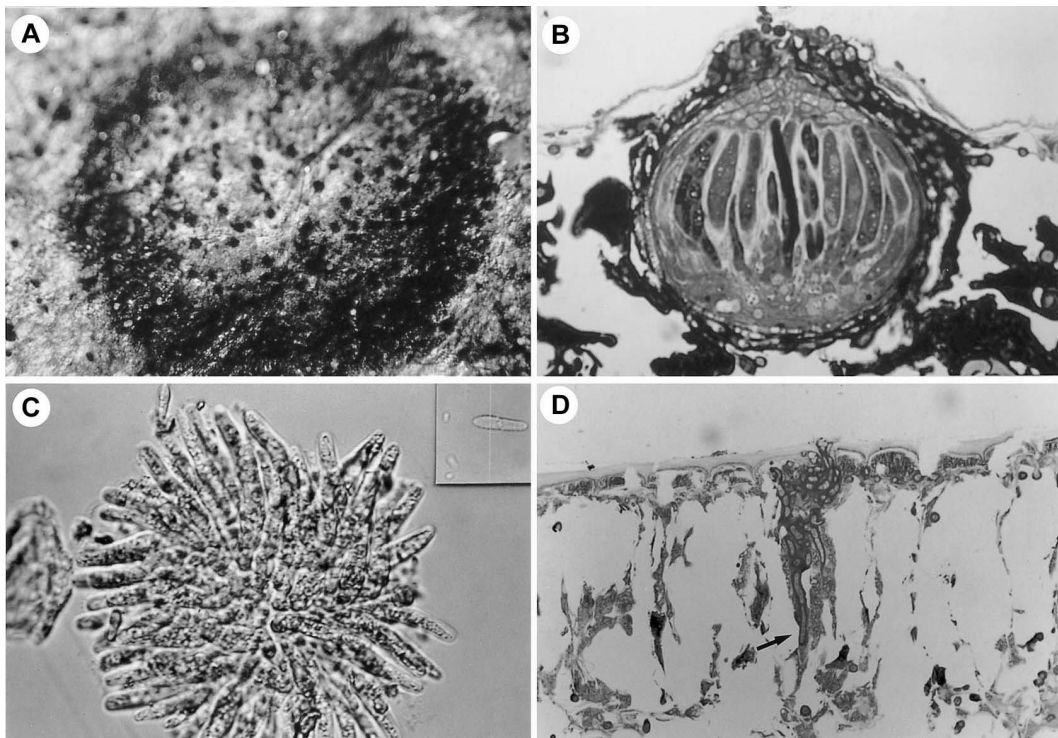


Fig. 1. Development of sexual stage of *Mycosphaerella nawae* in naturally infected leaf. **A:** Macroscopic view of pseudothecia on the lower surface of lesion formed on the leaf after overwintering, **B:** Matured pseudothecia, **C:** Matured asci and ascospore (Right corner). **D:** A infected leaf tissue induced by inoculation of ascospore.

분은 약간 둥글며 초기에는 과립체로 있다가 성숙되면서 자낭포자를 만든다. 자낭안에 자낭포자가 8개 있었다. 크기는 $30.6\sim 61.2\times 8.2\sim 10.2\ \mu\text{m}$ (평균 $46.6\times 9.4\ \mu\text{m}$)이다(Fig. 1C).

자낭포자는 방추형으로 성숙한 포자는 2개의 세포 중 1개는 조금 작고 격막부분이 약간 잘록하다. 양끝은 뾰족하고 무색이며, 크기는 $10.2\sim 12.2\times 3.1\sim 4.1\ \mu\text{m}$ (평균 $11.4\times 3.2\ \mu\text{m}$) 정도이다(권 등, 1997e; Kwon 등, 1998c).

병원균의 월동. 감나무 등근무늬낙엽병의 병원균(*M. nawae*)은 침입한 잎에서 대체로 9~10월경이 되면 병징이 나타나고 병원균은 병든 낙엽에서 월동한다. 병든 잎은 낙엽 전·후 병반부 뒷면이나 앞면에 검은색 작은 알맹

이(prematured pseudothecia) 모양의 소립점이 형성된다. 위자낭각은 병반 뒷면에 미숙한 상태로 많이 형성되고 병반부 앞면에도 형성되나 그 수는 적은 편이다. 낙엽된 이 병엽은 자연상태 그대로 월동하여 이듬해 전염원이 된다.

전염원 동태(병환)

1차 전염. 병든 잎에서 월동한 병원균은 기온상승과 잦은 봄비에 의해 4월 상·중순경 위자낭각(Pseudothecia)이 성숙되기 시작하여 5월 상순에 위자낭각 안에서 자낭이 성숙되고 성숙된 자낭안에서 5월 중순에 자낭포자가 비산한다. 자낭포자의 비산시기는 5월 중순에서 7월 하순

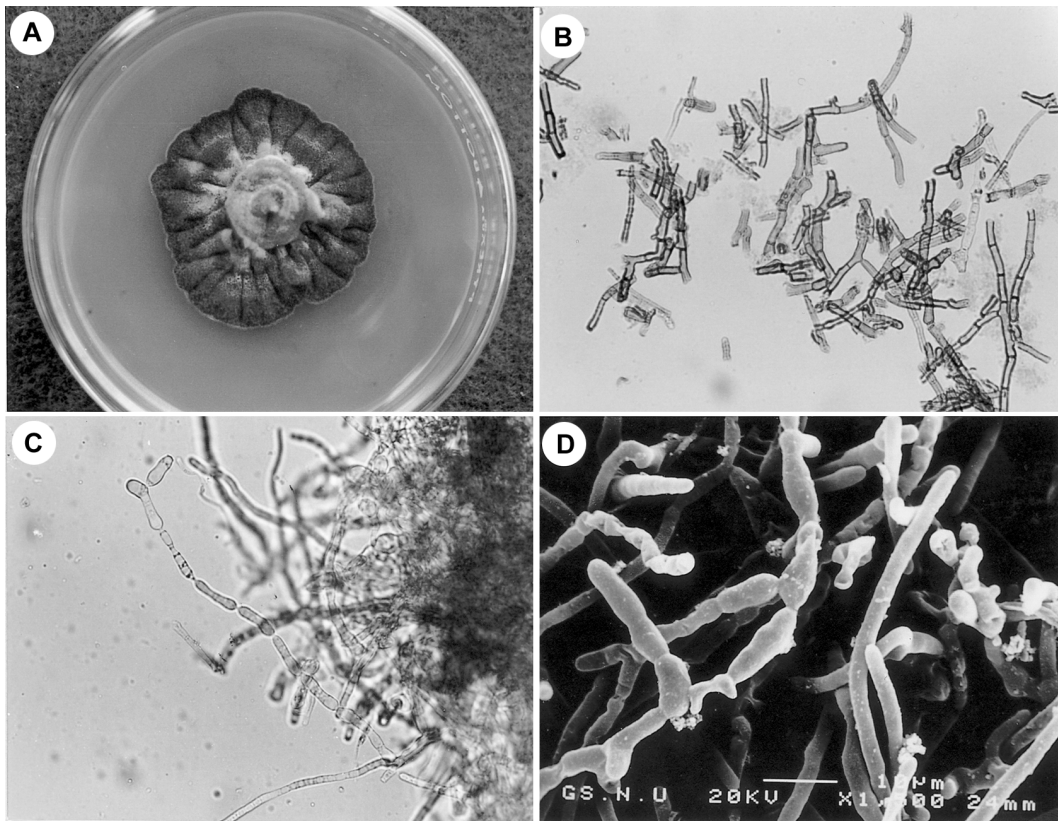


Fig. 2. Anamorphic characteristics of *Mycosphaerella nawae* grown on PDA. **A:** Colony of *M. nawae* grown on PDA for 30 days, **B:** Microscopic view of old mycelium (over than 90 days), **C:** Chain of conidia formed on PDA, **D:** Scanning electron microscopic observation of conidia of *M. nawae* produced on PDA.

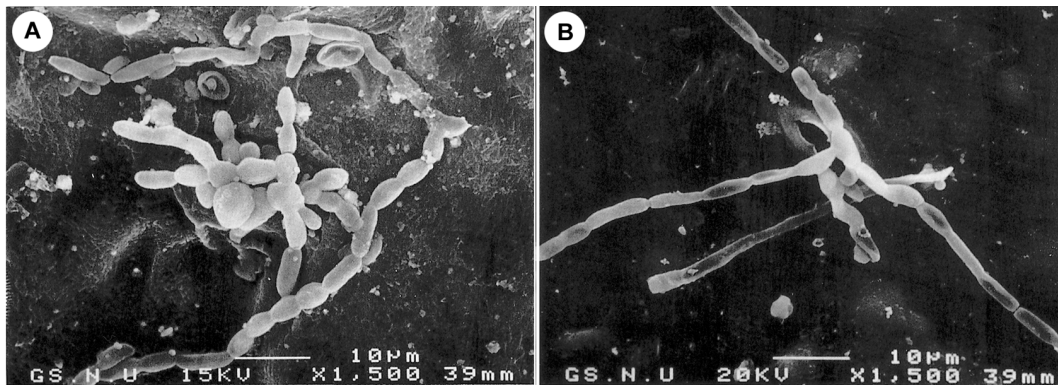


Fig. 3. Scanning electron microscopic observation of conidia and conidiophores of *Mycosphaerella nawae* emerging through stomata on the lesions. **A:** Conidia formed from stomata after natural infection by ascospores, **B:** Conidia and conidiophores emerging from stomata after artificial inoculation with conidial suspension.

까지이며 비산최성기는 6월 중순이지만, 이는 그 해의 기상조건 특히, 강우량과 횡수에 따라 크게 달라지며 해에 따라 7월 상순까지 다량의 자낭포자가 비산된다(강 등, 1993; 권 등, 1995b, 1997b). 자낭포자의 비산은 강우와 아주 밀접한 관계가 있는데 강우가 시작되고 1시간 이내에 많은 양이 비산된다. 이것은 병반부에서 성숙한 위자

낭각이 강우에 의해 자낭이 부풀고 자낭포자가 일시에 방출되어 비산하기 때문이며, 미성숙한 것은 성숙될 때까지 비산되지 않는다. 같은 이병엽 중에서도 위자낭각의 성숙 정도가 차이가 많기 때문에 전체적으로 자낭포자 비산 기간이 길어진다. 최근 2~3년 전부터 3~4월의 평균기온이 높아지고 봄철의 잦은 강우로 인해 남부지방의 자낭포자

최초 비산시기가 4월 하순 또는 5월 상순으로 종전보다 10~20일 정도 앞당겨지고 있는 추세이므로 지속적인 전염원 동태에 대한 지속적인 관찰이 필요하다. 성숙한 자낭포자는 반드시 강우에 의해 방출되어지고 바람이나 과원내 미기상 기류에 따라 공기중으로 비산이 되어진다. 간혹 새벽에 내린 이슬 양이 많을 경우 자낭포자가 방출되어 채집되는 경우도 있다. 전체적으로 자낭포자 비산기간은 60~90일 정도 걸린다. 월동한 이병엽에서 자낭포자의 비산이 끝나는 시기는 보통 7월 중·하순까지이며 제 1차 감염이 완료되어지며, 그 후 잠복한 상태로 있다. 7월 중순 이후 장마기로 접어들기 때문에 과수원 주변의 이병엽은 완전히 부숙되어 더 이상 전염원으로 역할을 하지 못하게 된다.

2차 전염. 8월 하순이나 9월 상순 일찍 발생한 병든 잎을 채집하여 10월 상순에 전염원 트랩을 설치하고 온실에서 격리재배한 감나무 유목을 10일간씩 노출시킨 후 회수하여 온실에서 격리재배함으로써 1차 감염된 잎에서 형성된 분생포자에 의해 감염되는 것을 알 수 있었다. 병반에서 형성된 분생포자는 바람에 의해 전파되어 제 2차 전염원이 된 것이다. 자연상태에서 전년도 이병엽은 이미 전염원으로서 역할을 할 수 없는 상태로 완전히 소멸된 시기이다. 그러나 이 시기는 감나무 잎이 거의 자연적으로 낙엽될 수 있는 시기로 병 발생될지라도 큰 영향을 미치지 않을 것으로 추정된다. 다만 1996년처럼 병이 일찍 발생한 해에는 2차 감염에 의해서 주변에 과원에 피해가 우려된다. 지금까지 이병엽에서 월동한 병원균이 유성세대를 거치면서 만들어진 자낭포자가 감나무 둥근무늬낙엽병에 유일한 전염원으로 알려져 왔으나, 이 연구조사를 통하여 무성세대인 분생포자에 의한 2차 감염이 일어날 수 있다는 것을 확인되었다. 자낭포자에 감염되어 자연발생한 이병엽에서 10월 상순에 채집한 분생포자와 PDA 배지 위에 균층에서 형성시킨 분생포자의 외관상 모양은 차이가 없었고, 각각 분생포자 현탁액을 만들어 유목에 접종했을 때 나타난 병정도 차이가 없었다.

자낭포자와 분생포자를 유목에 인공접종하여 병반을 형성한 이병엽을 채집하여 그대로 월동시킨 결과 이듬해 봄에 모두 위자낭각과 자낭포자를 형성하였으며, 이들을 감나무에 접종한 결과 감염되어 병 발생하였다(Kwon 등, 1998a, c, d).

감염. 월동한 이병엽에서 자낭포자가 강우에 의해 방출되어 비산 후 바람에 의해 날려 잎 뒷면에 부착하여 기공을 통하여 침입한다. 자낭포자 비산하는 5월 중순은 감잎이 새로 나오는 시기이므로 쉽게 감염이 일어난다. 침입 후 세포와 세포 사이에서 발아관을 내어 세포간극 사

이에 증식한다(Fig. 1D). 감염 후 균사형태로 잎 조직에서 증식하는 균사는 뚜렷하게 관찰되지는 않았으나, 감염 이후의 기온이 대체로 25°C가 넘게 됨으로 생육이 거의 중단되었다가 기온이 30°C가 넘는 여름을 다 지낸 후 기온이 20°C 이하로 내려가는 9월 중순 이후에 다시 증식

Table 2. Disease rate and incubation period of circular leaf spot casting disease of persimmon in nursery plant that was exposed to the inoculum source for 10 days from 1st of May to 10th of August

		Exposing period ^a (month, day)	Symptom appearance	Incubation period	Infection rate ^b
			(month, day)	(day)	(%)
1994	May	1-10	0	0	0.0d
		11-20	Sept. 9	122	65.1c
		21-31	Sept. 12	114	77.4bc
	June	1-10	Sept. 14	106	88.1ad
		11-20	Sept. 14	96	91.5a
	July	1-10	Sept. 16	88	89.6ab
		11-20	Sept. 22	84	8.0d
		21-31	0	0	0.0d
	August	1-10	0	0	0.0d
11-20		0	0	0.0d	
21-31		Oct. 1	73	0.5d	
1996	May	1-10	0	0	0.0f
		11-20	Aug. 5	87	4.8ef
		21-31	Aug. 7	79	18.9d
	June	1-10	Aug. 9	70	71.8b
		11-20	Aug. 12	63	88.5a
	July	1-10	Aug. 14	55	93.5a
		11-20	Aug. 18	49	66.2b
		21-31	Aug. 21	42	50.4c
	August	1-10	Aug. 26	37	12.0de
11-20		0	0	0.0f	
21-31		0	0	0.0f	
1995	May	1-10	0	0	0.0e
		11-20	Sept. 4	117	21.0cd
		21-31	Sept. 7	110	86.3ab
	June	1-10	Sept. 10	102	96.2a
		11-20	Sept. 12	96	77.1a
	July	1-10	Sept. 14	94	23.0c
		11-20	Sept. 16	78	96.6a
		21-31	Sept. 18	70	9.1de
	August	1-10	Sept. 21	63	3.0e
11-20		0	0	0.0e	
21-31		0	0	0.0e	

^aThe nursery plant was exposed to the inoculum source (1.0 × 1.0 × 0.2 m) at the intervals of 10 days, then removed to isolated place and observed symptom occurrence.

^bNumber within a column followed by different letters is significantly different (P=0.05) according to Duncan's multiple range test.

하는 것으로 추정된다.

잠복기. 자연상태에서 자낭포자에 감염되었을 때 일반적으로 잠복기간은 90~120일 정도로 알려져 있다(Table 2). 유목을 전염원 주위에 5월 상순부터 8월 상순까지 10일 간격으로 노출시킨 후 온실에 격리재배한 실험결과 일찍 감염된 것은 병 발생이 늦고 잠복기간은 길었으며, 늦게 감염된 것은 병 발생이 빠르고 잠복기도 짧게 나타났다. 5월 중순에 감염되어 9월 상·순에 발생하더라도 잠복기간이 90일이 소요된다. 또한 9월 상순 자낭포자에 감염되어 발생한 이병엽이나 PDA 배지에서 인공배양한 분생포자를 분무접종 후 발병되기까지 잠복기간은 빠른 경우 37일 후 병징이 나타났다. 따라서 5, 6, 7월에 자낭포자가 감염되었지만 고온에 의해 병 발생이 되지 않고 긴 잠복기를 거친 후 일반적으로 온도가 낮은 9월 이후에 발생한다. 잠복기간은 감염 후 온도와 아주 관련이 깊다(권 등, 1998e).

병징 발현. 포장에서 감나무 등근무늬낙엽병의 병징은 급성형과 만성형으로 구별할 수가 있다. 급성형은 아주 척박한 과원에서 주로 발생하며, 수침상으로 물에 데친 것처럼 푸른 상태로 나무 전체의 잎이 동시에 나타나고 일시에 낙엽이 된다. 포장에서 일찍 낙엽이 되므로 약해로 혼동하기 쉽다. 만성형은 주로 방제가 충분치 못한

과원에서 발생을 잘 한다. 초기 병징은 잎에 아주 작은 검은색의 반점이 생기고 병반의 크기는 3~5 mm 정도로 확대되면서 병반내부가 담갈색~암갈색으로 되며 태두리는 검은색으로 원형이 된다. 낙엽 전에 발생한 잎은 병반 주변이 녹색의 달무리 같은 등근 띠를 이루고 나머지 잎 전체 부위는 붉게 되어 낙엽이 되며 전형적인 병징을 나타낸다(Fig. 4A). 생육 후반기에 조금이라도 병징이 있으면 과실의 저장력이 떨어진다. 잎에 나타난 병반수는 수 개내지 수십개가 되며 심할 경우 200개 이상되는 것도 있다. 병 발생이 심하여 조기낙엽한 과원은 다음해 1차 전염원 양이 많아진다. 등근무늬낙엽병이 심하게 발생하여 조기낙엽된 이병엽이 후기낙엽된 이병엽보다 자낭포자 비산량이 많다. 수세가 약하고 척박한 과원에서는 병 발생시기가 빠른 경우 8월 중순부터 나타나지만 대체로 9월 상순부터 나타나기 시작하며, 발병최성기는 9월 중순·하순이다. 심하게 발생하지 않은 과원에서 병징은 수확 후 낙엽될 때까지 발생을 한다. 자낭포자에 일찍 감염되면 병 발생이 늦어지고, 늦게 감염이 되면 병 발생이 빠른 편이다. 감자한천배지에서 배양한 분생포자를 인공접종하여 나타난 병징, 자낭포자에 감염되어 나타난 병반에서 형성된 분생포자를 모아 현탁액 만들어 인공접종하였을 때 나타난 병징, 자낭포자에 감염되어 발병한 이병

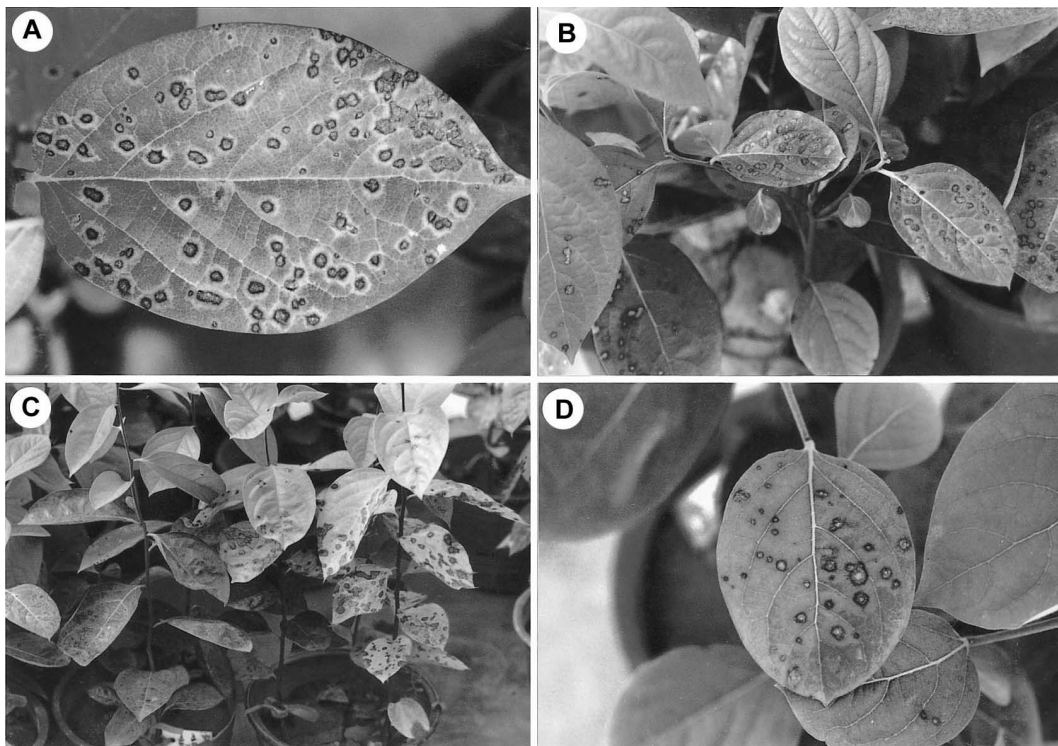


Fig. 4. Various symptoms of circular leaf spot casting disease of persimmon. **A:** Typical symptom induced by maturational infection, **B:** Symptom induced by conidial inoculation obtained from artificial media, **C:** Symptom induced by conidia collected from diseased leaves, **D:** Symptom induced by conidia formed on the leaves induced by artificial inoculation with ascospore.

엽을 채집하여 병소에서 2차 감염이 일어난 병징 등 전염원에 따른 병징은 특별한 차이가 없었다(Fig. 4B, C, D). 인위적으로 설정한 실험조건에서 병 발생에 적합한 온도는 20~22°C이며 배양기에서 병원균의 생육적온은 20°C이다. 따라서 그 해 기온의 변화에 따라 병 발생정도가 크게 좌우된다.

결론

감나무 둥근무늬낙엽병은 감 재배지역 어디서나 발생하는 가장 보편적인 병이고 가장 큰 피해를 주는 병이기도 하다. 이 병은 감염되어 병징이 나타나는 시기까지의 시간이 아주 길고 일단 병이 발생하고 나면 방제 방법이 없기 때문에 지금까지도 확실한 방제 대책을 세우지 못한 채 해마다 피해를 입고 있는 농가가 많다. 이러한 원인은 무엇보다도 병 발생에 직접적으로 관여하는 병원균의 월동과 감염시기 등에 관한 연구가 미흡하고 그나마 얻어진 연구결과를 실제 농업에 활용하기 보다는 관행적으로 방제하기 때문이라고 말할 수 있다. 이 글에서는 감 재배에 가장 문제가 되는 감둥근무늬낙엽병의 병원균(*Mycosphaerella nawae*)에 대해 지금까지 우리나라에서 연구된 결과를 정리하였고 병원균의 월동, 전염원의 비산, 잠복기, 2차 감염 등 병 발생 생태와 관련된 포장조사와 실험연구 결과들을 종합하여 이 병의 병환(Disease

cycle)을 제안하고자 한다(Fig. 5).

이 병의 병원균은 병든 잎에서 균사 또는 위자낭각 원기(Pseudoperithecial primodium) 형태로 겨울을 지내고, 이른 봄 온도가 상승함에 따라 위자낭각이 성숙하여 자낭과 자낭포자를 만든다. 자낭포자는 5월 상순 쯤 성숙하여 강우에 의해 부풀어진 자낭각이 자낭포자를 분출한다. 자낭포자의 비산 시기는 자낭의 성숙정도에 따라 매우 차이가 크며 대체로 7월 상순까지 약 60일 이상 걸린다. 물론 이 시기에 강우량이나 횡수에 따라 자낭포자의 비산량이나 시기로 달라진다. 자낭포자가 비산되는 5월 중순부터는 감 잎이 새로 나오는 시기임으로 쉽게 감염된다. 병원균은 주로 기공으로 침입하며 침입한 포자는 발아하여 균사상태로 세포와 세포사이에서 증식한다. 감염된 균사가 식물조직에서 증식하는 양상은 잘 알려지지 않고 있으나 이 병원균의 성장속도가 매우 느리기 때문에 쉽게 관찰되지 않는다. 더구나 균사의 생육적온이 20°C 근처임으로 병원균이 감염이 이루어진 6월 중순에는 이미 기온이 25°C 이상 됨으로 최소한의 균사생장을 유지하는 것으로 추정된다.

이러한 이유로 감나무 둥근무늬낙엽병은 해마다 발생하는 병중에서 가장 잠복기가 길다. 잠복기는 고온을 거치는 기간이 얼마나 되느냐에 따라 달라지므로 여름철 기온이 낮거나 9월 초순의 기온이 갑자기 낮아질 때에는 잠복기가 짧아진다. 접종실험에서 얻어진 결과에 의하면 접

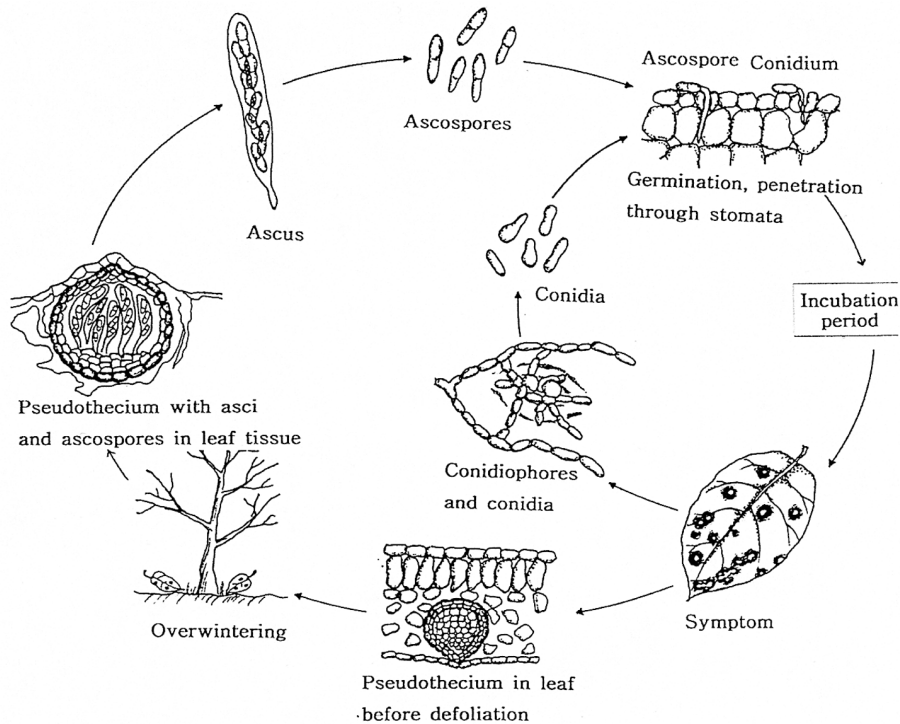


Fig. 5. Suggested diseases cycle of circular leaf spot disease of persimmon caused by *Mycosphaerella nawae*.

종시기가 늦어질수록 잠복기는 짧아졌으며, 병징이 일찍 나타나는 해에는 전체적으로 잠복기가 다른 해에 비하여 짧았다. 또한 비배관리가 잘 되지 않아 수세가 약하거나 적박한 토양에서 자란 감나무는 일찍 발병되었으며 발병율도 높았다. 병징이 나타나는 시기가 빠른 경우는 8월 말에도 발생하지만 대체로 9월 중순부터 시작된다. 일단 병이 발생하면 빠르게 색이 변하고 약한 바람에도 쉽게 낙엽되어 심한 경우에는 9월 중순에 잎이 거의 다 떨어지는 경우도 있다.

감나무 둥근무늬낙엽병은 월동한 낙엽에서 만들어지는 자낭포자가 유일한 전염원으로 알려져 있지만, 저자들이 연구한 결과에 의하면 자연적으로 감염된 병반위에 분생포자가 형성되는 것을 관찰하였으며, 이 분생포자를 채집하여 온실에서 재배한 어린 묘목에 접종하였을 때 자연 상태에서 형성되는 병반과 같은 병징이 나타나는 것을 확인하였다. 한편 인공배양기에 90일 이상 배양한 균총에서도 분생포자가 형성되는데, 그 모양이나 크기는 자연상태의 것과 차이가 없었고 이를 감나무에 접종하였을 때 그 병징도 차이가 없었다. 이러한 2차 전염원은 시기적으로 늦게 형성되기 때문에 병 발생량을 크게 영향을 주지 않지만 병이 일찍 발생한 해에는 주변 감나무에 낙엽병을 유발할 수 있는 중요한 전염원이 될 수 있다.

감나무 둥근무늬낙엽병은 해마다 발생하고 피해도 크다는 것을 알고 있으면서도 이 병에 대한 방제대책은 대부분 관행에 따르고 있다. 이 병을 방제하는 핵심적은 관건은 월동한 위자낭각이 성숙하여 자낭포자를 언제, 얼마큼 비산하느냐 하는 것이다. 이러한 정보는 지역에 따라서 또 그 해의 기상조건에 따라서 매우 유동적임으로 적어도 감을 집단적으로 많이 재배하는 지역에서는 위자낭각의 형성과 자낭포자의 비산을 추적 조사할 수 있는 시설과 기술을 가지고 있어야 한다. 또한 그 해의 온도변화와 감염조건을 토대로 병 발생을 예측하는 기술도 개발되어야 하며 2차 전염원의 형성과 2차 감염에 의한 피해 정도를 예측할 수 있는 정보도 가지고 있어야 할 것이다. 가장 합리적이고 효과적인 병 방제를 위해서는 병원균의 전염원 동태를 보다 정확하게 파악해야 하며 실제 포장에서 년중 병 발생과정에 대해서 보다 많은 정보를 가지고 방제대책을 수립해 나가야 할 것이다.

참고문헌

- 鑄方末彦, 人見剛. 1929. 柿圓星性落葉病の關する研究. 岡山縣立農事試驗場 報告書 1-35 pp.
- 鑄方末彦. 1932. 柿落葉病に關する研究補遺(1). 岡山縣立農事試驗場報告書 1-19 pp.
- 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. 島根縣農事試驗場報告書 164-169 pp.
- 多久田達雄, 廣澤敬之. 1974. カキ圓星落葉病の生態と防除に關する試験. 島根縣農事試驗場報告書 203-213 pp.
- 강수웅, 권진혁, 이유식, 박창석. 1993. 단감 둥근무늬낙엽병균(*Mycosphaerella nawae*)의 월동 후 자낭각 형성과 자낭포자 비산에 미치는 기상요인. 농업과학논문집 35(1): 337-343.
- 권진혁, 강수웅, 정부근, 박창석. 1995a. 감나무 둥근무늬낙엽병균(*Mycosphaerella nawae*)의 배양적 특성. 식물병과 농업 1(2): 18-21.
- 권진혁, 강수웅, 정부근, 박창석. 1995b. 감나무 둥근무늬낙엽병균(*Mycosphaerella nawae*)의 자낭포자 비산에 영향을 주는 환경요인. 한국식물병리학회지 11(4): 344-347.
- 권진혁. 1997a. 감나무 둥근무늬낙엽병 병원균(*Mycosphaerella nawae*)의 균학적 특성 및 발병생태. 경상대학교박사학위논문 1-104 pp.
- 권진혁, 강수웅, 조동진, 신원교, 박창석, 김희규. 1997b. 감나무 둥근무늬낙엽병균(*Mycosphaerella nawae*)의 자낭포자 비산 요인. 작물보호논문집 39(2): 10-14.
- 권진혁, 강수웅, 정부근, 김동길, 박창석, 김희규. 1997c. *Mycosphaerella nawae* 에 의한 감나무 둥근무늬낙엽병의 억제 방제 방법 개선. 작물보호논문집 39(2): 15-18.
- 권진혁, 강수웅, 김동길, 박창석, 김희규. 1997d. 감나무 둥근무늬낙엽병균(*Mycosphaerella nawae*)의 분생포자 대량 형성법. 한국식물병리학회지 13(4): 255-256.
- 권진혁, 강수웅, 박창석, 김희규. 1997e. 감나무 둥근무늬낙엽병균(*Mycosphaerella nawae*)의 위자낭각 성숙에 영향을 미치는 환경요인. 한국식물병리학회지 13(4): 215-218.
- Kwon, J. H., Kang, S. W., Park, C. S. and Kim, H. K. 1998a. Further Evidence that *Ramularia*-type Conidia *in vivo* Plays a Role as a Secondary Inoculum of *Mycosphaerella nawae*. *Korean J. Plant Pathol.* 14(5): 393-396.
- Kwon, J. H., Kang, S. W., Park, C. S. and Kim, H. K. 1998b. Identification of the Imperfect Stage of *Mycosphaerella nawae* Causing Circular Leaf Spot of Persimmon in Korea. *Korean J. Plant Pathol.* 14(5): 397-401.
- Kwon, J. H., Kang, S. W., Park, C. S. and Kim, H. K. 1998c. Microscopic Observation of the Pseudothecial Development of *Mycosphaerella nawae* on Persimmon Leaves Infected by Ascospore and Conidia. *Korean J. Plant Pathol.* 14(5): 408-412.
- 권진혁, 강수웅, 박창석, 김희규. 1998d. 감나무 둥근무늬낙엽병균(*Mycosphaerella nawae*)의 분생포자 인공접종에 의한 발생. 작물보호논문집 40(2): 76-79.
- 권진혁, 강수웅, 박창석, 김희규. 1998e. 감나무 둥근무늬낙엽병균(*Mycosphaerella nawae*)의 자낭포자와 분생포자의 온도반응 차이. 작물보호논문집 40(2): 80-82.