

## 국내 오디균핵병의 발생 양상

홍성기\* · 김완규 · 성규병<sup>1</sup> · 남성희<sup>1</sup> · 김종선<sup>2</sup>농업과학기술원 식물병리과, <sup>1</sup>농업과학기술원 잠사양봉소재과, <sup>2</sup>전남농업기술원 농산물원종장

## Aspects of Popcorn Disease Occurrence on Mulberry Fruits in Korea

Sung Kee Hong\*, Wan Gyu Kim, Gyoo Byung Sung<sup>1</sup>, Sung Hee Nam<sup>1</sup> and Jong Sun Kim<sup>2</sup>

Plant Pathology Division, National Institute of Agricultural Science and Technology (NIAS), Rural Development Administration (RDA), Suwon 441-707, Korea

<sup>1</sup>Applied Sericulture and Apiculture Division, NIAS, RDA, Suwon 441-707, Korea<sup>2</sup>Branch of Original Seed Production Center, Jeonnam Agricultural Research & Extension Services, Jangseong 515-804, Korea

(Received on November 12, 2007)

Occurrence of popcorn disease on mulberry fruits was surveyed in several locations in Korea from 2005 to 2007. The diseased fruits turned grayish white and changed to hard and black sclerotia during overwintering after falling onto the ground. Apothecia produced from overwintered sclerotia in the fields of mulberry trees were observed in early May. Two types of apothecia were produced from the sclerotia, which were cup-shaped or club-shaped. The fungus with cup-shaped apothecia was identified as *Ciboria shiraiana*, and that with club-shaped apothecia as *Scleromitrlula shiraiana*. *C. shiraiana* and *S. shiraiana* occurred at the ratio of about 6 vs. 4 in the fields. Occurrence of the disease differed remarkably depending on years, locations, and varieties of mulberry trees investigated. Field survey of the disease incidence showed that Baekhaehyeongsang, Dahojosaeng, Hasusang, a native variety and Sawonppong 22 were resistant to the disease, Cheongilppong, Daeseongppong, Guksang 20 and Turkey-D were moderately susceptible, and Cateneo, Moreji and Sanggwa were highly susceptible. Disease incidence in the fields mulched with nonwoven fabrics or plastic films was much lower than that in the non-mulched fields. Disease incidence in the fields mulched with rice straws was similar to that in the non-mulched fields.

**Keywords :** *Ciboria shiraiana*, Mulberry fruits, Popcorn disease, *Scleromitrlula shiraiana*

뽕나무는 오래전부터 누에를 키우기 위해 재배되어 왔으나, 최근 인체에 유용한 기능성물질이 발견되면서 새로운 고부가가치를 창출할 수 있는 소재로서 각광을 받고 있다. 특히, 뽕나무 열매인 오디는 노화를 억제하는 항산화색소인 C3G(cyanidin-3-glucoiside), 고혈압 억제물질인 루틴 및 혈당저하 물질인 데옥시노지리마이신(DNJ) 등 건강 기능성분이 다량으로 포함되어 있는 것으로 보고되었다(김 등, 2003). 이와 같이 오디로부터 새로운 기능성 물질이 구명되면서 건강보조 식품이나 가공용으로 확대되고 있다.

뽕나무에서 오디를 생산하는 재배농가가 증가하면서 누에를 키우기 위해 뽕나무 잎을 필요로 했던 과거에는 문제되지 않았던 오디균핵병이 일부 농가에서 매년 심하게 발생하여 큰 피해를 주고 있다. 그러나 국내에서는 오디균핵병 발생양상에 대한 자세한 연구가 이루어지지 않았으며, 오디균핵병의 병원균으로 *Sclerotinia shiraiana* Henn.이 기록되어 있다(한국식물병리학회, 2004). 최근 국내에서 2종의 오디균핵병균이 발생하는 것으로 보고되었으며, 이들 병원균은 *Ciboria shiraiana* (Henn.) Whetzel과 *Scleromitrlula shiraiana* (Henn.) Imai로 동정되었다(홍 등, 2007).

본 연구에서는 국내에서 발생하고 있는 오디균핵병의 발생 양상을 밝히기 위해 오디균핵병의 병징, 뽕나무 포장내 균핵의 형성 및 발아에 대하여 조사하였으며, 오

\*Corresponding author

Phone) +82-31-290-0416, Fax) +82-31-290-0406

E-mail) sukihong@rda.go.kr

디균핵병 방제를 위한 기초 자료로 활용하기 위해 지역별, 품종별 및 재배조건별 오디균핵병의 발병율을 조사하였다.

## 재료 및 방법

**병 발생조사.** 2005년부터 2007년까지 5월과 6월에 수원, 청주 등 오디 생산을 목적으로 재배하는 뽕나무포장에서 오디균핵병 발생을 조사하였다. 농가에서 균핵병 방제를 위해 사용하고 있는 여러 가지 방법 중 포장에서 피복제 처리별 병 발생정도를 조사하였다. 조사주수는 포장 규모에 따라서 다르게 조사되었고, 조사는 주당 300개 이상의 오디를 여러 개의 가지에서 무작위로 선정한 후 이 병과를 확인하여 병 발생정도를 조사하였다.

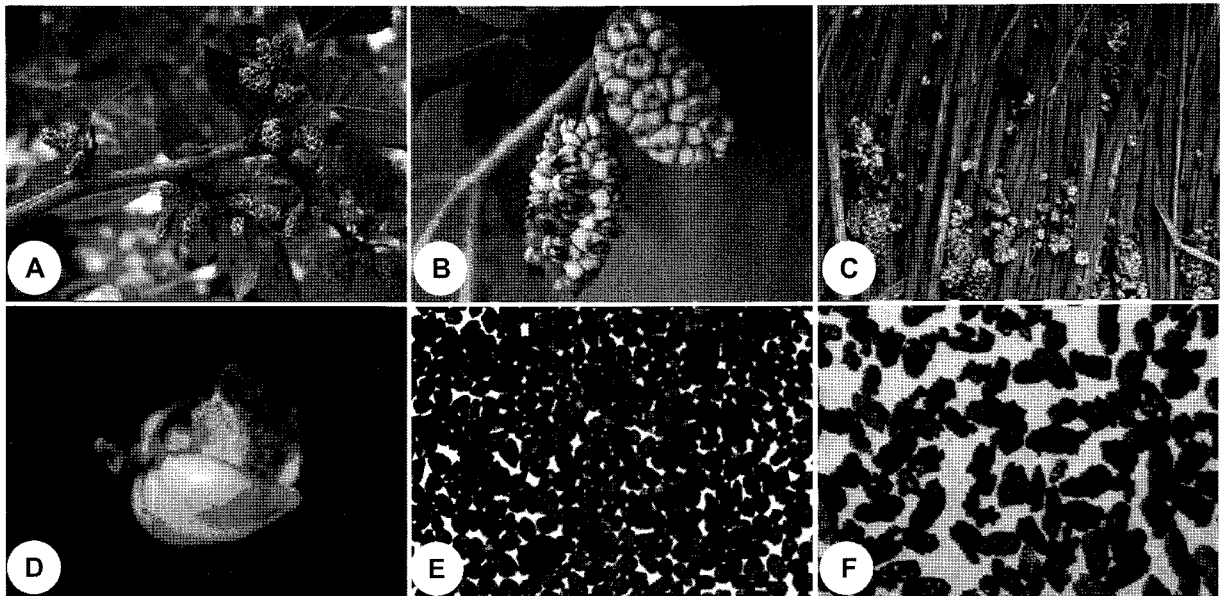
**월동 균핵의 자낭반 형성 조사.** 전년도에 오디균핵병이 발생했던 포장을 대상으로 매년 4월 중순부터 5월 중순에 걸쳐 지역별로 조사하였다. 포장에서 뽕나무 아래 땅속에 약간 매몰되어 있거나 지표면 혹은 낙엽에 덮여 있는 월동 균핵을 찾아내어 균핵으로부터 자낭반 형성 여부를 조사하였다.

**발아 균핵의 동정.** 뽕나무 포장에서 채집한 발아 균핵의 자낭반, 자낭 및 자낭포자의 형태적 특징을 조사하여 이전의 연구자들이 기술한 바에 따라(Hong 등, 2007; Kohn과 Nagasawa, 1984; Whetzel과 Wolf, 1945) 병원균을 동정하였다.

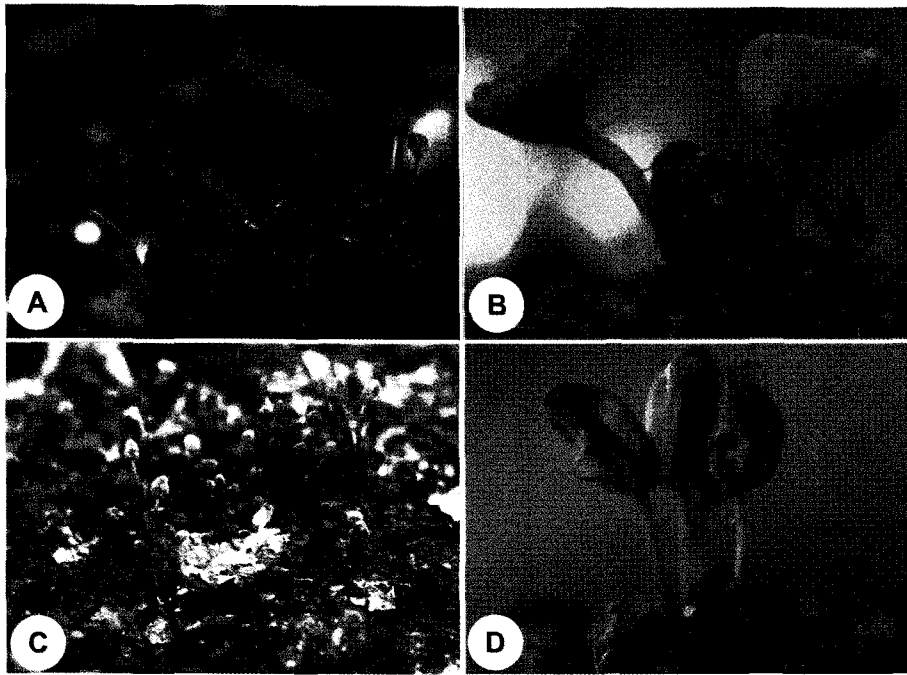
## 결과 및 고찰

**병징 및 균핵형성.** 뽕나무에서 발생하는 오디균핵병은 대개 5월 하순부터 발생하기 시작하여, 열매인 오디에서 발병하였으며, 다른 부위에서는 발병하지 않았다. 초기 녹색상태의 미성숙한 오디에서 일부분 혹은 전체가 이병되었으며, 성숙하면서 병든 부위와 정상부위가 뚜렷이 구분되었다. 병든 과실은 정상적인 열매와 유사한 형태를 유지하거나 다소 비대하여 부풀어 올랐다. 오디의 과피는 두꺼워지면서 회백색으로 되고, 점차 회갈색으로 변하면서 과피의 끝부분이 검게 변하였다(Fig. 1A, B). 균핵병균에 감염된 오디는 뽕나무로부터 떨어진 후 오디 형태를 그대로 유지하거나 화축에서 떨어진 수십 개의 작은 열매로서 여러 곳으로 흩어졌다(Fig. 1C). 지상에 떨어진 오디의 회백색 과피조직을 벗겨내면 지방조직에 형성된 검은색의 균핵을 볼 수 있었다(Fig. 1D). 시간이 지나면서 과피조직은 썩어 없어지고, 작은 열매로 흩어졌던 병든 과실은 작고, 구형이나 콩팥모양의 균핵으로 변하는 반면, 화축에서 떨어지지 않고 뭉쳐있던 병든 과실은 과피조직이 썩은 후 오디의 형태를 그대로 유지한 채 흑색의 부정형 균핵으로 남아 있는 것을 확인할 수 있었다(Fig. 1E, F).

**월동 균핵의 자낭반 형성.** 월동 균핵이 발아하여 형성된 자낭반의 형태가 조사되었다(Fig. 2). 5월 3일에 균핵으로부터 자낭반이 형성되는 것을 처음 확인하였고, 이후



**Fig. 1.** Symptoms of popcorn disease on mulberry fruits in the fields and sclerotia incorporated with fruits. **A** and **B**, diseased fruits showing symptoms of blackened terminal ends with whitish gray or grayish brown pericarps; **C**, diseased fruits scattered on spreaded rice straws under mulberry trees; **D**, a sclerotium formed in fleshy carpel of a drupelet; **E**, small sclerotia produced from diseased drupelets; **F**, large sclerotia produced from wholly diseased fruits.



**Fig. 2.** Apothecia produced from overwintered sclerotia in the fields. **A** and **B**, cup-shaped apothecia produced from sclerotia of *Ciboria shiraiana*; **C** and **D**, club-shaped apothecia produced from sclerotia of *Scleromitrlula shiraiana*.

에도 5월 중에 조사된 여러 포장에서도 자낭반 형성을 발견할 수 있었다. 자낭반은 컵 모양과 곤봉 모양을 갖는 두 가지 형태로 발견되었다. 컵 모양의 자낭반은 황갈색으로 중앙부위가 움푹 들어간 둥근 접시모양이었고, 곤봉 모양의 자낭반은 황갈색으로 대가 길고, 두상부위는 도란형이나 타원형이며, 여러 줄의 고랑을 나타내었다. 이 두 가지 형태의 자낭반은 각기 *C. shiraiana*와 *S. shiraiana*로 동정되었다. 포장에서 월동한 균핵으로부터 발아된 자낭반의 특성을 기초로 하여 병원균의 분포를 지역별로 조사한 결과, 2005년 양평포장과 2006년 원주포장을 제외한 대부분의 조사된 포장에서 두 종이 모두 발견되었으

며, *C. shiraiana*와 *S. shiraiana*의 분리비율은 약 6:4였다 (Table 1).

위의 결과로 비추어 볼 때 국내에서 오디균핵병균의 월동균핵이 발아하여 자낭반을 형성하는 시기는 대개 4월 하순부터 시작하여 5월 하순까지 지속되는 것으로 생각되지만 그 해의 기상조건에 따라서 다소 달라질 수 있을 것이다. 일본에서는 균핵으로부터 자낭반이 3월경 형성되는 것으로 기록되어 있다(岸, 1998). 자낭반에서 형성된 수많은 자낭포자는 바람이나 기류에 의해 공기 중으로 비산한 후 오디의 암술을 통해 내부로 침입하여 화기감염을 하는 것으로 추정되지만 아직까지 증명된 바는 없다.

**Table 1.** Occurrence of apothecia from overwintered sclerotia under mulberry trees in several locations in Korea in 2005 and 2006

Year	Location	Date investigated	No. of apothecia observed	No. of sclerotia with apothecia (%)	
				<i>Ciboria shiraiana</i>	<i>Scleromitrlula shiraiana</i>
2005	Cheongju	3 May	9	5(55.6)	4(44.4)
	Jangseong	3 May	31	11(35.5)	20(64.5)
	Suwon	11 May	13	7(53.8)	6(46.2)
	Yangpyeong	13 May	8	8(100.0)	0(0.0)
	Subtotal		61	31(50.8)	30(49.2)
2006	Icheon	3 May	12	7(58.3)	5(41.7)
	Wonju	3 May	12	12(100.0)	0(0.0)
	Yangpyeong	3 May	15	8(53.3)	7(46.7)
	Subtotal		39	27(69.2)	12(30.8)
<b>Total</b>			<b>100</b>	<b>58(58.0)</b>	<b>42(42.0)</b>

**Table 2.** Occurrence of popcorn diseases on mulberry fruits in several locations in Korea in May and June from 2005 to 2007

Year	Location	No. of trees investigated	No. of trees diseased	% diseased fruits	
				Average	Range
2005	Cheongju	12	11	25.4	1.0~73.0
	Chuncheon	58	17	1.2	0.3~2.0
	Icheon	48	48	60.3	7.0~100.0
	Jeonju	10	10	2.1	1.2~3.4
	Sancheong	20	0	0	0
	Suwon	24	19	3.8	0.3~16.0
	Wonju	13	13	63.2	1.7~96.0
	Yangpyeong	22	22	13.1	1.0~40.0
	Youngcheon	22	2	0.03	0.3
2006	Icheon	6	6	6.9	1.3~10.7
	Jangseong	10	10	49.8	0.3~96.0
	Jeonju	12	12	91.6	78.7~99.0
	Wonju	17	17	22.1	2.7~82.0
	Yangpyeong	10	10	6.4	0.7~13.3
2007	Icheon	20	20	77.3	65.3~85.3
	Jangseong	11	10	1.5	0.7~4.0
	Jeonju	20	20	82.8	56.7~97.3
	Wonju	11	11	19.4	0.7~63.3
	Yangpyeong	20	17	6.9	0.7~32.0

일본에서는 감염기작을 증명하기 위해 포자현탁액에 의한 분무접종을 시도하였으나 성공하지 못했다(原田, 1980). 대신 자낭반이 다수 발생한 지역에 개화중인 뽕나무를 두어 심한 발병을 유도하였고, 암술부위에 미리 약제를 처리한 부위에서는 전혀 발병되지 않았던 결과로 보아 본 병의 발병이 화기감염에 의한 것이라는 것을 간접적으로 증명하였다. 국내에서 오디 암술의 개화 시기는 품종, 지역 및 기상조건에 따라 다소 차이가 있지만 대개 5월 상순으로서 균핵의 자낭반 형성 및 포자비산시기와 일치한다. 따라서 본 병의 방제는 4월 하순부터 5월 하순까지 집중적으로 이루어져야 할 것으로 생각된다.

**지역별 오디균핵병 발생.** 2005년부터 2007년까지 지역별 오디균핵병 발생을 조사한 결과, 일부 포장에서는 오디 전체가 심하게 감염되어 거의 100% 병 발생을 나타내었다(Table 2). 2005년도에 조사된 9개 지역들 중 경기 이천, 강원 원주에서는 평균 60% 이상의 매우 높은 발병율을 보였으며, 강원 춘천, 경남 산청 및 경북 영천 지역에서는 거의 발병하지 않았다. 충북 청주와 경기 양평에서는 각각 평균 25%와 13%의 높은 발병율을 보였고, 전북 전주와 경기 수원에서는 각기 평균 2~4%의 비교적 낮은 발병율을 나타내었다. 2006년에 5개 지역에서 병 발생을 조사한 결과, 전주 92%, 장성 50%, 원주 22%

및 이천과 양평에서 6~7%의 평균 발병율을 보였다. 특히, 전주와 장성의 일부 포장에서 95% 이상의 매우 높은 발병율을 나타내었다. 2007년 조사에서 이천과 전주에서 평균 75% 이상의 높은 발병율을 보였으며, 원주와 양평에서는 평균 19%와 7%의 발병율을 나타내었다.

병 발생이 심했던 포장들의 특징을 살펴보면 오디가 매년 생산되었고, 균핵병이 발생했던 이천, 장성 및 양평에서는 포장 내에 전염원인 균핵이 다수 존재하기 때문에 높은 발병율을 나타냈으며, 산청과 영천처럼 뽕잎생산을 목적으로 하는 포장에서는 포장 내에 균핵이 존재하지 않았기 때문에 발병율이 매우 낮았던 것으로 사료된다. 발병이 심했던 원주포장의 경우에는 오디를 지속적으로 재배했던 포장일 뿐만 아니라 산간계곡에 위치하고 있어서 안개가 잦고, 습도 지속기간이 길며, 뽕나무아래의 제초작업이 전혀 이루어지지 않아서 균핵발아에 적당한 환경조건이 조성되었던 것으로 생각된다. 청주와 수원에서는 포장 내에 전염원이 되는 균핵을 찾기 어렵고, 경운과 제초에 의해 포장상태가 양호함에도 불구하고, 매년 발생이 심한 것은 포장주변에 관리되지 않는 많은 야생 뽕나무 밑에 존재하는 균핵이 주변포장의 전염원으로 작용한 것으로 추정된다. 또한 새로 조성되어 전염원이 없고 잘 관리되는 양평의 한 오디포장에서 병이 발생하

**Table 3.** Occurrence of popcorn disease on fruits of mulberry tree varieties in Cheongju and Suwon in 2005

Variety	No. of trees investigated	% diseased fruits	
		Average	Range
Baekhahyeongsang	3	0.3	0~1
Cateneo	3	45.3	48~55
Cheongilppong	18	5.8	0~17
Daeseongppong	18	17.3	2~65
Dahojosaeng	5	0.6	0~2
Guksang 20	3	17.7	14~22
Hasusang	3	1.0	0~2
Native variety	5	1.3	0~5
Moreji	3	77.0	61~84
Sanggwa	3	96.0	95~97
Sawonppong 22	5	0	0
Turkey-D	5	6.4	4~11

였는데 주위에 심하게 발생한 야생 뽕나무가 존재하였다. 이와 같은 사실로 미루어 볼 때 오디균핵병의 예방을 위해서는 포장과 그 주변의 관리가 철저하게 이루어져야 할 것이다.

**품종별 병 발생.** 청주와 수원 포장에서 재배되고 있는 12개 뽕나무 품종의 오디균핵병에 대한 병 발생을 조사한 결과, 백하형상, 다호조생, 하수상, 재래종 및 사원뽕 22에서 1% 내외의 이병과율을 나타내어 높은 병 저항성을 나타내었다(Table 3). 청일뽕, 대성뽕, 국상20호 및 터키-D는 5.8~17.7%의 이병과율을 나타내어 다소 감수성이었으며, 카테네오, 모레지, 상과는 45.3~96.0%의 이병과율을 나타내어 매우 감수성이었다. 이와 같은 결과로 볼 때 현재 농가에서 많이 재배되고 있는 청일뽕 국상 20호 및 대성뽕 중 청일뽕은 발병율이 다소 낮았으나 세 품종 모두 오디균핵병에 감수성이므로 나타났다.

품종간 오디균핵병 발생의 차이와 관련하여 아직까지 연구된 바 없기 때문에 정확한 기작에 대해서는 단정하기 어렵다. 그러나 오디균핵병균이 화기감염을 하는 것으로 추정되고, 품종에 따라서 암술의 형태, 특히 주두의 모양이 크게 다른 것으로 알려져 있기 때문에 품종별 암술

의 구조적 차이와 병 발생과의 관련성에 대하여 앞으로 연구가 필요할 것으로 생각된다.

**토양피복과 병 발생.** 오디균핵병 발생을 예방하기 위해 농가에서 시도하고 있는 토양피복에 따른 병 발생의 차이를 조사한 결과, 토양표면을 비닐로 피복한 장성포장에서는 피복하지 않은 것보다 병 발생이 82.7%에서 1.5%로 가장 크게 감소하였다(Table 4). 토양피복제로서 부직포를 사용한 양평포장에서도 부직포를 사용하지 않은 포장에 비해 병 발생이 12.9%에서 5.9%로 크게 줄어들었다. 그러나 토양을 벚짖으로 피복한 전주포장의 경우, 82.4%의 병 발생을 나타내어 피복하지 않은 포장과 유사하였다.

이상의 결과에서 보는 바와 같이 오디균핵병 발생을 예방하기 위해 농가에서 실시하고 있는 여러 가지 방법들 중 장성포장의 비닐피복과 양평포장의 부직포 피복은 발병 억제효과가 뚜렷하게 나타나서 본 병을 예방할 수 있는 가장 효과적인 방법들로 생각되었다. 토양피복에 의한 본 병의 예방효과는 포장 내 균핵에서 자낭포자가 비산하여 오디의 화기로 감염되는 것을 차단하기 때문으로 생각된다. 장성포장에서 비닐피복에 의해 병 발생이 가장 크게 감소한 것은 포장의 피복이 중요한 요인으로 생각되지만, 균핵병의 전염원이 될 수 있는 야생뽕나무가 주변에 없었던 것도 또 다른 요인으로 생각된다. 양평포장의 경우, 토양의 부직포 피복으로 발병율이 감소하였지만 일부 뽕나무에서 최대 18%의 이병과가 발생한 것은 조사된 포장 주변에 많은 야생뽕나무가 있어서 그 아래 월동균핵에서 형성된 포자들이 전염원으로 작용했기 때문으로 추정된다.

따라서 본 병의 예방을 위해서는 포장 내에 있는 월동균핵 뿐만 아니라 포장주변의 야생뽕나무 아래에 있는 월동균핵에 대해서도 제거할 필요가 있을 것이다. 포장의 벚짖피복에서는 피복하지 않은 포장과 유사한 발병율을 나타냈기 때문에 본 병의 예방법으로는 부적절하다고 판단되며, 벚짖은 오히려 균핵의 발아에 적당한 온도와 습도를 제공하여 병 발생을 증가시킬 위험성이 있는 것으로 생각된다.

**Table 4.** Occurrence of popcorn disease on mulberry fruits in fields with different soil covering materials in 2006 and 2007

Location	Soil covering material	No. of trees investigated	% disease incidence <sup>a</sup>	
			Non-mulching	Mulching
Jangseong	Plastic film	11	82.7(63.3~96.0) <sup>b</sup>	1.5(0~4.0)
Jeonju	Rice straw	20	83.2(56.7~97.3)	82.4(70.7~91.3)
Yangpyeong	Nonwoven fabric	16	12.9(4.0~32.0)	5.9(0~18.0)

<sup>a</sup>Occurrence of popcorn disease on mulberry fruits was examined in June in 2006 and 2007.

<sup>b</sup>Numbers in parentheses are ranges of disease incidences.

## 요 약

2005년부터 2007년까지 국내 여러 지역에서 오디균핵 병 발생을 조사하였다. 병든 과실은 회백색으로 변색되었고, 지상부로 떨어진 후 월동기간 동안 딱딱하고 검은색 균핵으로 변하였다. 뽕나무포장 내 월동균핵으로부터 형성된 자낭반은 5월 상순에 관찰되었으며, 컵 또는 곤봉 모양의 두 가지 형태의 자낭반이 형성되었다. 컵 모양의 자낭반을 가진 균은 *Ciboria shiraiana*, 곤봉모양의 자낭반을 가진 균은 *Scleromitrla shiraiana*로 동정되었다. 조사된 포장에서 *C. shiraiana*와 *S. shiraiana*는 약 6:4의 비율로 발생하였다. 본 병의 발생은 조사년도, 조사지역 및 품종에 따라 차이가 있었다. 뽕나무포장에서 품종간 병 발생을 조사한 결과, 백하형상, 다호조생, 하수상, 재래종 및 사원뽕 22는 본 병에 대해 저항성이었으며, 청일뽕, 대성뽕, 국상20호 및 터키-D는 다소 감수성이었고, 카테네오, 모레지 및 상과는 매우 감수성이었다. 비닐이나 부직포로 지표면을 피복한 포장에서는 피복하지 않은 포장에 비해 병 발생이 훨씬 낮았다. 벧짚으로 피복된 포장에서

의 병 발생은 피복하지 않은 포장과 유사하였다.

## 참고문헌

- 原田幸雄. 1980. クワ肥大性菌核病菌 (*Ciboria shiraiana*) の 接 種 試 験. 日 本 植 物 病 理 學 會 報. 46(3): 376 (Abstr.).
- Hong, S. K., Kim, W. G, Sung, G. B. and Nam, S. H. 2007. Identification and distribution of two fungal species causing sclerotial disease on mulberry fruits in Korea. *Mycobiology*. 35: 87-90.
- 김현복, 김애정, 김선여. 2003. 오디의 기능성 물질분석 및 개발 식품동향. *한국식품과학회* 36: 49-60.
- 岸國平. 1998. 日本植物病害大事典. 全國農村教育協會. 943 pp.
- Kohn, L. M. and Nagasawa, E. 1984. The genus *Scleromitrla* (Sclerotiniaceae), *Episclerotium* gen. nov. (Leotiaceae) and allied stipitate-capitate species with reduced ectal excipula. *Trans. Mycol. Soc. Japan* 25: 127-148.
- 한국식물병리학회. 2004. 한국식물병명목록(제4판). 한국식물병리학회. 779 pp.
- Whetzel, H. H. and Wolf, F. A. 1945. The cup fungus, *Ciboria carunculoides*, pathogenic on mulberry fruits. *Mycologia* 37: 476-491.