

*Gymnosporangium asiaticum*과 *G. yamadae*의 형태학적 특징 및 병원성과 강우량에 의한 병발생 차이

류종숙 · 이순구^{1*}

안동시농업기술센터, ¹안동대학교 생명자원과학부

Gymnosporangium asiaticum and *G. yamadae*: Morphological Characteristics, Pathogenicity and Epidemics by Rainfall

Jong-Suk Ryu and Soon-Gu Lee^{1*}

Andongsi Agricultural Technology And Extension Center, Andong, Gyeong-buk 1319-54, Korea

¹Department of Agricultural Biology, School of Bioresource Sciences, Andong National University
Andong, Gyeong-buk 760-749, Korea

(Received on July 29, 2004)

Teliospores of two species of *Gymnosporangium asiaticum* and *G. yamadae* collected and identified from *Juniperus chinensis*, *J. chinensis* L. var. *kaizuka*. *G. asiaticum* was identified as the thick membraned (cell-walled) teliospores (avr 2.5 μ m) and thin membraned teliospores (avr 1.2 μ m), and the telia of *G. asiaticum* was bluntly conical shaped and occurred on the leaves and branches of Chinese junipers. *G. yamadae* was identified as the thick membraned (cell-walled) teliospores (avr 2.5 μ m) and thin membraned teliospores (avr 1.2 μ m), and the telia of *G. yamadae* was gall or floral shaped and occurred on the leaves and branches of Chinese junipers. Both of the telia of the two species of *Gymnosporangium* were occurred in a same tree of *Juniperus chinensis* L. var. *kaizuka* at the same time. But the dominant species is *G. asiaticum*. The more rainfall in the late of April (the season of forming basidiospore), the more rust diseases in *Chaenomeles sinensis*, *C. sinensis*, and *Pyrus pyrifolia* var. *culta* were infected by *G. asiaticum* (basidiospores) but *Malus sieboldii* was not infected by *G. asiaticum*.

Keywords : *Gymnosporangium*, Morphology, Pathogenicity, Rainfall

녹병은 식물분류학상 담자균강 녹병균목에 속하는 균으로 약 5,000여종이 알려져 있다(Cummins 등, 2003). 특히 밀, 보리, 귀리 등의 경제작물에 큰 피해를 주는 주요한 식물병으로 농작물의 피해 중에서 가장 무서운 병중에 하나이다. 맥류의 녹병은 일단 발병되면 70% 이상의 감수를 가져오는 경우도 있으며(Hiratsuka, 1983), 우리나라에서는 사과, 배 등의 과수 뿐만 아니라 잣나무에도 많은 피해를 주고 있다. 녹병균은 기주교대를 하는 균으로 특히 사과나무, 배나무, 모과나무의 붉은별무늬병은 향나무에 겨울포자를 형성하고 이듬해 봄에 향나무가 식재되어 있는 주변의 과수에 녹포자를 형성하여 붉은별무늬병

의 발생이 자주 관찰된다.

녹병균은 다섯단계(0. I. II. III. IV)의 생활사를 거치지 만 어떤 녹병균은 몇몇 포자단계만을 갖는가 하면 어떤 녹병균은 하나의 기주안에서 생활사를 마치는 경우도 있고, 반드시 다른 기주에서 기생해야만 생활사를 완성하는 경우도 있다(Agrios, 1997; Ainsworth 등, 1973; Alexopoulos 등, 1996; 고, 1998; 김, 2001; 이, 2001; 박 등, 2000).

녹병균 가운데 겨울포자와 담자포자만을 만드는 것을 단주기 녹병균(microcyclic rust)이라고 한다. 차례대로 다섯단계의 포자를 모두 만드는 것을 장주기 녹병균(macrocyclic rust)이라고 한다. 또한 하나의 기주에서 그들의 생활주기를 완성하면 동종기생성(autoecious)이라고 하며, 이와 반대로 녹병균의 생활주기를 완성하기 위해 두 개의 기주에서 기생을 해야만 하는 것을 이종기생성(heteroecious)이라고 한다. 녹병균은 이렇게 다양하고 복잡

*Corresponding author

Phone)+82-54-820-5509, Fax)+82-54-823-1628

E-mail)soongu@andong.ac.kr

한 생활주기를 가지고 있기 때문에 항상 대발생의 위험을 내포하고 있어 지속적인 연구가 요구되며, 봄철 강우량이 많을 경우에는 녹병의 발생이 급격하게 증가될 우려가 있다. 특히 화학적으로 방제하지 않는 모과나무는 녹병의 발생으로 잎이 조기낙엽되어 열매를 생산하지 못하는 경우가 많다. 사과나무 붉은별무늬병의 경우 연도별 발생정도를 살펴보면, 2004년에는 0.07%, 2003년에는 0.6%로 0.53%가 감소되었다(사과시험장, 2004). 이러한 원인을 알아보기 위해 기상요인을 분석하였으며, 녹병균중에 이종기생을 하며 여름포자세대가 없는 단주기성인 *Gymnosporangium* spp.의 병징 및 병원균의 형태학적 특성을 관찰하고자 이 연구를 수행하였다.

재료 및 방법

녹병 채집 및 관찰 표본 제작. 2003년~2004년 안동, 부산, 함안, 언양, 경주, 익산 등 여러지역에서 사과나무, 배나무, 모과나무에 녹병을 일으키는 *Gymnosporangium* spp.의 겨울포자와 녹포자를 채집 하였다. 녹병에 감염된 기주식물은 흡습지를 이용하여 건조표본을 제작 하였으며 영구 프레파라트 슬라이드 표본은 슬라이드 글라스위에 락토페놀을 한 방울 떨어뜨린 후 각각의 녹병균 포자를 얹고 커버글라스로 덮은 후 메니큐어로 마무리 하였다.

녹병균의 형태적 특성 및 변이 관찰. 광학현미경 (OLYMPUS BX 50) 및 콘포칼 현미경(CLSM-OLYMPUS IX 70, Japan)을 이용하여 *Gymnosporangium* spp.를 관찰하고 크기를 측정하였으며, 겨울포자 및 녹포자를 좀더 정밀하게 관찰하기 위해 전자현미경(SEM - Hitach S-2500C, Japan)을 이용하였는데, 채집한 포자를 30초동안 Gold coating 후 15 Kv의 전압으로 촬영하였으며, 녹병균의 생활사별 겨울포자, 녹포자, 녹포자 등의 형태적 특성을 관찰하고 이 병원균들의 여러 가지의 형태 변이를 추적

동정하였다.

***Gymnosporangium*의 병원성 검정.** *Gymnosporangium asiaticum*의 병원성 검정을 위해 모과나무, 배나무, 아그배나무에 *Juniperus chinensis* L. var. *kaizuka*(가이스가향나무)에서 채집한 *G. asiaticum*의 겨울포자를 막자사발에 물과 함께 넣어 가볍게 갈아서 붓으로 접종하여 병 발생 유무를 관찰하였다.

녹병의 발병에 미치는 기상요인 조사. 향나무와 모과나무의 경우, 매년 그 병 발생의 차이, 변이가 매우 심하다. 이는 향나무에서의 겨울 포자퇴 형성 및 겨울포자의 발아기간 동안의 강수량과 평균습도가 모과나무 녹병 발생에 많은 영향을 미치는 것으로 판단되어, 3년간의 봄철 평균 강수량과 평균습도를 분석하여 녹병의 발생과 기상 조건과의 관계를 조사하였다.

결과 및 고찰

***Gymnosporangium* spp.의 기주식물과 형태적 특성.** *G. asiaticum*의 겨울포자는 *Juniperus chinensis* L.과 *J. chinensis* L. var. *kaizuka Aurea-variegata*에서 채집 관찰되었고, 녹포자는 *Chaenomeles sinensis* Koehne, *Pyrus pyrifolia* var. *cultra* Nakai, *P. pyrifolia* N에서 관찰되었다. *G. yamadae*의 겨울포자는 *J. chinensis* L.과 *J. chinensis* L. var. *kaizuka Aurea-variegata*에서 채집 관찰되었으며, 녹포자는 *Malus sieboldii*에서 채집 관찰되어, *G. asiaticum*과 *G. yamadae*의 telial host와 aceial host를 Table 1과 같이 분류하였다.

*G. asiaticum*와 *G. yamadae*의 형태적 특징을 살펴 보면, *G. asiaticum*의 겨울포자는 크기가 거의 같은 2개의 세포로 되어있고 드물게 단세포로 된 것도 있었다. 막이 두꺼운 후막(厚膜) 겨울포자는 갈색을 띤 끝이 좁은 타원형, 장타원형 또는 거꾸로 세운 계란형으로 크기는 39-53×

Table 1. Aecial and Telial hosts of *Gymnosporangium asiaticum* and *G. yamadae*

	This study		H. Y. Yun and S. K. Lee*	
	<i>G. asiaticum</i>	<i>G. yamadae</i>	<i>G. asiaticum</i>	<i>G. yamadae</i>
Aecial hosts	<i>Chaenomeles sinensis</i> <i>Pyrus pyrifolia</i> var. <i>cultra</i> <i>Pyrus pyrifolia</i> N	<i>Malus sieboldii</i>	<i>Chaenomeles sinensis</i> <i>C. lagenaria</i> <i>Crataegus pinnatifida</i> <i>Pyrus ussuriensis</i> <i>P. ussuriensis</i> var. <i>selulensis</i> <i>P. pyrifolia</i> var. <i>cultra</i>	<i>Malus baccata</i> <i>M. sieboldii</i> <i>M. prunifolia</i>
Telial hosts	<i>Juniperus chinensis</i> L <i>J. chinensis</i> L. var. <i>kaizuka</i>	<i>J. chinensis</i> L <i>J. chinensis</i> L. var. <i>kaizuka</i>	<i>J. chinensis</i> L <i>J. chinensis</i> L. var. <i>kaizuka</i> <i>J. chinensis</i> var. <i>globosa</i>	<i>J. chinensis</i> <i>J. chinensis</i> L. var. <i>kaizuka</i>

*Cited from *Gymnosporangium* species causing cedar-apple rust in Korea (2003).

Table 2. Mycological characteristics of the isolate from *Gymnosporangium asiaticum* for identification

Characters	Observed <i>G. asiaticum</i>	北島博*	H. Y. Yun**
Teliospore			
thick wall			
color	brownish	brownish	brownish
shape	narrowly to broadly (long)ellipsoid, obovoid	narrowly to broadly (long)ellipsoid, obovoid	narrowly to broadly ellipsoid
size	39-53 × 17-21 μm	30-57 × 20-28 μm	31-54 × 15-22 μm
thin wall			
color	light brown or colorless	light brown or colorless	
shape	long ellipsoid	long ellipsoid	
size	48-69 × 13-18 μm	30-70 × 13-22 μm	
Aeciospore			
color	yellowish	yellowish	yellowish
shape	globoid	globoid	globoid
size	19-26 μm	18-27 μm	17-25 × 15-22 μm
Peridial cell			
shape	rhomboid		rhomboid
size	47-59 μm		39-103
Locality	Haman, Busan, Andong, Iksan, Eonyang		

*Cited from 果樹病害各論 (1989).

**Cited from *Gymnosporangium* species causing cedar-apple rust in Korea (2003).

Table 3. Mycological characteristics of the isolate from *Gymnosporangium yamadae* for identification

Characters	Observed <i>G. yamadae</i>	北島博	H. Y. Yun
Teliospore			
thick membrane			
color	brownish	brownish	brownish
shape	(long)ellipsoid, or fusiform, both ends is round and some narrow	(long)ellipsoid, or fusiform, both ends is round and some narrow	ellipsoid or obvoid
size	31-47 × 21-28 μm	32-57 × 20-28 μm	55.7-30.6 × 27.7-14.6 μm
thin membrane			
color	light brown	light brown	
shape	long ellipsoid-ellipsoid	long ellipsoid-ellipsoid	
size	38-53 × 17-21 μm	30-60 × 14-25 μm	
Aeciospore			
color	dark yellow	dark yellow	dark yellow
shape	globoid	globoid	globoid
size	17-24 μm	15-25 μm	27-17 × 26-16 μm
peridial cell			
shape	long- narrow rhomboid		long- narrow rhomboid
size	64-90 μm		102-63 μm
Locality	Andong, Gyeongju		

17-21 μm 정도였으며, 막의 두께는 평균 2.5 μm였다. 막이 얇은 박막(薄膜)겨울포자는 가늘고 길며 장타원형 또는 방추형으로, 담황색이거나 거의 무색인 경우도 있었고, 크기는 48-69×13-18 μm였으며, 막의 두께는 평균 1.2 μm였다. 녹포자는 노란빛을 띤 구형체로 크기는 19-26 μm였다. 녹포자되는 장사방형으로 *G. yamadae*에 비해서 전

체적인 모양이 약간은 둥글며, 길이는 47-59 μm 정도였다. *G. yamadae*의 후막(厚膜)겨울포자는 타원형, 장타원형, 방추형으로 끝은 둥글면서 약간 뾰족하게 돌출되었으며, 담갈색으로 크기는 31-47×21-28 μm 정도였으며, 막의 두께는 평균 2.5 μm였다. 박막(薄膜)겨울포자는 얇은 황색의 타원형 또는 장타원형으로 크기는 38-53×17-21 μm였

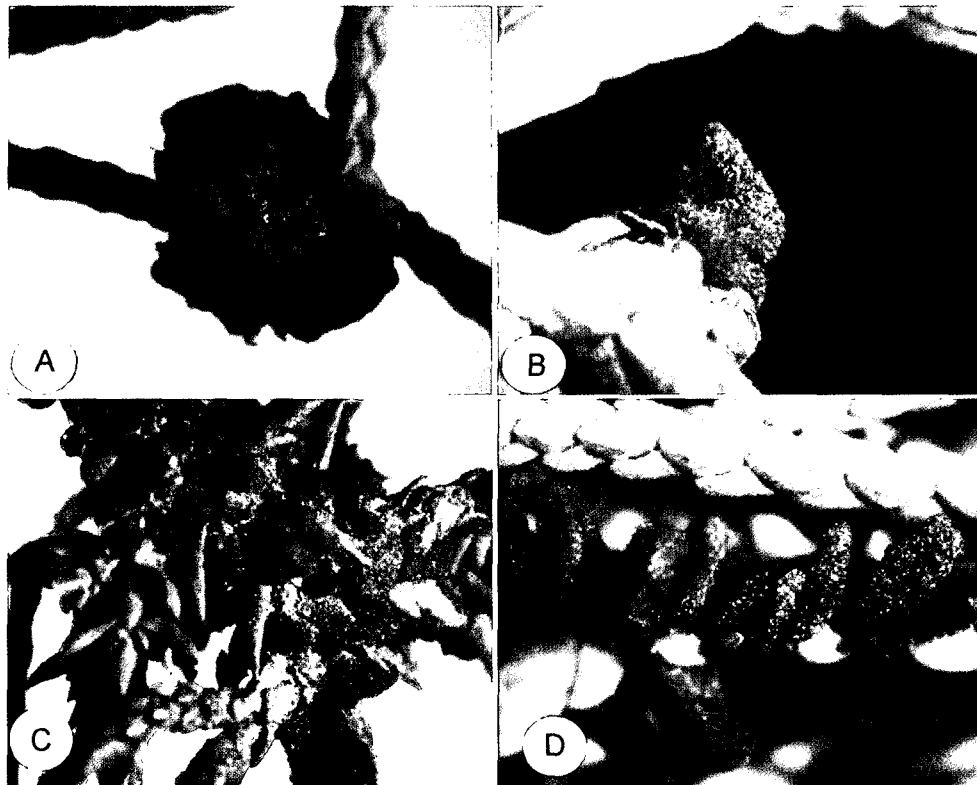


Fig. 1. Telia's figure of *Gymnosporangium* spp. observed at Andong and Gyeongju, Gyeongbuk province. (A) Telia of *G. yamadae* (big gall) observed at Gyeongju in April 2004, (B) Telia of *G. yamadae* (small gall) observed at Andong in April 2004, (C,D) Telia of *G. asiaticum* (bluntnly conical) observed at Andong in April 2004.

으며, 막의 두께는 평균 1.2 μm로 *G. asiaticum*에 비해 겨울포자가 전체적으로 더 등근편이었다. 녹포자는 짙은 노란색을 띤 구형으로 지름이 17-24 μm 정도였으며, 녹포자되는 길고 좁은 장사방형으로 길이는 64-90 μm였다 (Table 2, Table 3).

*G. asiaticum*과 *G. yamadae*는 Fig. 1과 Table 4에서와 같이 겨울포자퇴의 형성 모양에 따라서도 분류를 할 수가 있다.

*G. asiaticum*은 *J. chinensis*, *J. chinensis* L. var. *kaizuka*에서 채집, 관찰하였으며 향나무의 인편에서 바로 겨울포자퇴를 형성하였다. 겨울포자퇴의 모양은 무딘 원뿔형 (bluntnly conical)이었으며, 향나무의 잎이나 가지에서 형성되었고, 잎에 하나씩 또는 무리지어 형성되기도 하였다. 반면에 *G. yamadae*는 *J. chinensis*, *J. chinensis* L. var. *kaizuka*에서 채집 관찰하였으며, 겨울포자퇴는 흑모양 또

는 꽃모양으로 형성되었으며 향나무의 인편에 목질화된 부분위에 흑을 형성하는 것을 관찰하였다. 흑은 작은 것도 있고 큰 것도 있었다. 특이한 것은 *G. asiaticum*과 *G. yamadae*가 한그루의 향나무에서 서로 다른 부분에 각각 형성되는 것을 관찰하였다. 그 결과 흑의 형성 모양에 따라서도 *G. asiaticum*과 *G. yamadae*를 분류할 수 있었다. 또한 *G. asiaticum*이 *G. yamadae*보다 많이 채집 관찰된 것으로 보아 *G. asiaticum*이 *G. yamadae*보다 우점종이라고 할 수 있다(류, 2004).

***Gymnosporangium asiaticum*의 병원성 검정.** 2004년 4월 13일에 채집한 *G. asiaticum*의 겨울포자를 막자사발에 물과 함께 넣고 갈아서 장미과 식물 3종류(*Chaenomeles sinensis*, *Pyrus pyrifolia* var. *culta*, *Malus sieboldii*)에 접종하였다. 그 결과 *Ch. sinensis*와 *P. pyrifolia* var. *culta*에는 전형적인 붉은별무늬병의 병징이 나타났는데 *M. sieboldii*에는 병징이 나타나지 않았다. 같은 날 접종했는데 *Ch. sinensis*는 11일만에 병징이 나타났고 *P. pyrifolia* var. *culta*는 18일만에 병징이 나타났으며, 병징의 정도는 *Ch. sinensis*는 아주 심하게 나타났고 *P. pyrifolia* var. *culta*는 약하게 나타난 것으로 보아 *Ch. sinensis*가 *P. pyrifolia* var. *culta*

Table 4. Telial morphology of *Gymnosporangium asiaticum* and *G. yamadae*

	<i>G. asiaticum</i>	<i>G. yamadae</i>
Shape of Telia	collective bluntnly conical individual bluntnly conical witches' broom	big gall small gall floral shape

Table 5. Artificial inoculation of teliospores from *Gymnosporangium asiaticum* on three rosaceous plants

Aecial host	Inoculation date	Initial date for symptom appearance	Severity*
<i>Chaenomeles sinensis</i>	13 April	24 April	8
<i>Pyrus pyrifolia</i> var. <i>culta</i>	13 April	1 May	2
<i>Malus sieboldii</i>	13 April	-	-

*The number of spot per a leaf.

보다 *G. asiaticum*에 더 감수성인 것으로 판단되었다 (Table 5).

녹병의 발병에 미치는 기상요인. 녹병의 겨울포자 발아에는 수분이 필요하며 특히 강우량과 직접적인 관계가 있으며(정 등, 1993), 녹병(붉은별무늬병)의 발병은 겨울포자가 발아하여 담자포자를 형성하는 시기인 4월 중순의 강우량과 상관관계가 있다고 보고하였다. 2003년 안동대의 모과나무의 잎에 낙엽이 질 정도로 붉은별무늬병이 심하게 발생하여 2002년~2004년 3월, 4월, 5월의 강우량과 온도, 습도를 조사하여 기상요인이 붉은별무늬병 발생에 미치는 영향을 조사한 결과, 안동지역의 2002년 4월과 5월의 강우량이 234.9 mm였고, 2003년의 강우량이 358.4 mm로 123.5 mm가 더 많았으며, 평균습도와 온도는 별 차이가 없는 것으로 보아 강우량이 녹병 발생에 영향을 미치는 것으로 판단되며, 특히 중간기주인 향나무가 모과나무와 바로 인접해 있어 녹병의 발생이 더욱 극심했던 것으로 판단된다. 또한 3년간의 강우량 중 4월과 5월 상순의 강우량을 분석해 본 결과 2003년의 강우량이 다른해에 비해 겨울포자의 발아 및 담자포자의 형성시기인 4월 하순에 집중되어 있어 녹병의 발생이 극심했던 것으로 추정된다(Table 6, Table 7, Fig. 2).

향나무 녹병. 향나무에 발생하는 녹병은 배나무, 사과

Table 6. Rust development on *Chaenomeles sinensis* observed at Andong and rainfalls of late April for 3 years

Year	Disease occurrence (%)*	Late April rainfall (mm)**
2002	10.5	73.0
2003	80.9	120.7
2004	10.1	56.5

*A number of infected leaves per a branch.

**Data from Andong Meteorological Station.

Table 7. Rainfall, average humidity, temperature for three years

Year	Month	Rainfall (mm)*	Average humidity (%)*	Temperature (°C)*
2002	3	42.0	22.1	7.2
	4	140.0	25.7	12.6
	5	94.9	29.6	16.4
2003	3	38.0	30.4	5.7
	4	188.4	29.5	12.3
	5	170.0	34.2	17.4
2004	3	26.9	2.0	5.4
	4	86.1	1.7	13.2
	5	87.2	4.2	17.2

*Data from Andong Meteorological Station.

나무, 모과나무, 아그배나무, 들배나무 등에 발생하는 녹병과 기주교대를 하며, 향나무는 *Gymnosporangium* spp.의 대표적인 겨울포자 세대 기주식물이다.

향나무 잎이나 작은 가지에 흑모양이나 허모양의 겨울포자퇴가 생기며 건조할 때는 갈색 또는 암갈색이다. 4월 중순경부터 빗물을 흡수하여 부풀어 올라 담황색의 한천모양으로 되면서 겨울포자가 발아하여 담자기에서 담자포자를 형성하며, 이 담자포자는 바람에 의해서 비산되며



Fig. 2. Rust development on *Chaenomeles sinensis* observed in Andong National University from 2002 to 2004. (A) ANU. 20 May 2002, (B) ANU. 25 May 2003, (C) ANU. 25 May 2004. □: *J. Chinensis* L. var. *kaizuka*, ○: *Ch. sinensis*.

사과나무, 배나무, 모과나무 등 기주식물에 침입하여 각종 붉은별무늬병을 일으킨다(Fig. 3).

향나무에서 겨울포자되는 *G. yamadae*의 경우 2~3년간의 전염력을 가지고 *G. asiaticum*은 6년이상 반영구적으로 생존하면서 전염원이 되는데 첫해에는 향나무에 거의 피해가 없지만 겨울포자되다가 몇 년에 걸쳐 되풀이 되어 형성되므로 4년째부터는 생육이 저해되고 병든 부위의 끝부분이 고사되므로 3월 하순에서 4월 상순에 석회황합제 30배액을 뿌려주면 도움이 된다고 하였다(한국식물병리학회, 1997).

회, 1997).

배나무, 모과나무, 돌배나무, 아그배나무 붉은별 무늬병. 배나무, 모과나무, 돌배나무는 *G. asiaticum* Miyabe ex Yamada의 녹포자세대 기주식물이다. 아그배나무는 *G. yamadae* Miyabe ex Yamada의 녹포자세대 기주식물로 주로 5월초에 어린잎에 발생하기 시작하며 심하면 가지나 열매에도 발생을 한다. 잎에는 처음에 등황색의 아주 작은 점무늬가 생기고 커지면서 나중에 그 위에 녹병정자가 생긴다. 등황색의 점무늬가 생긴지 약 1개월 후에

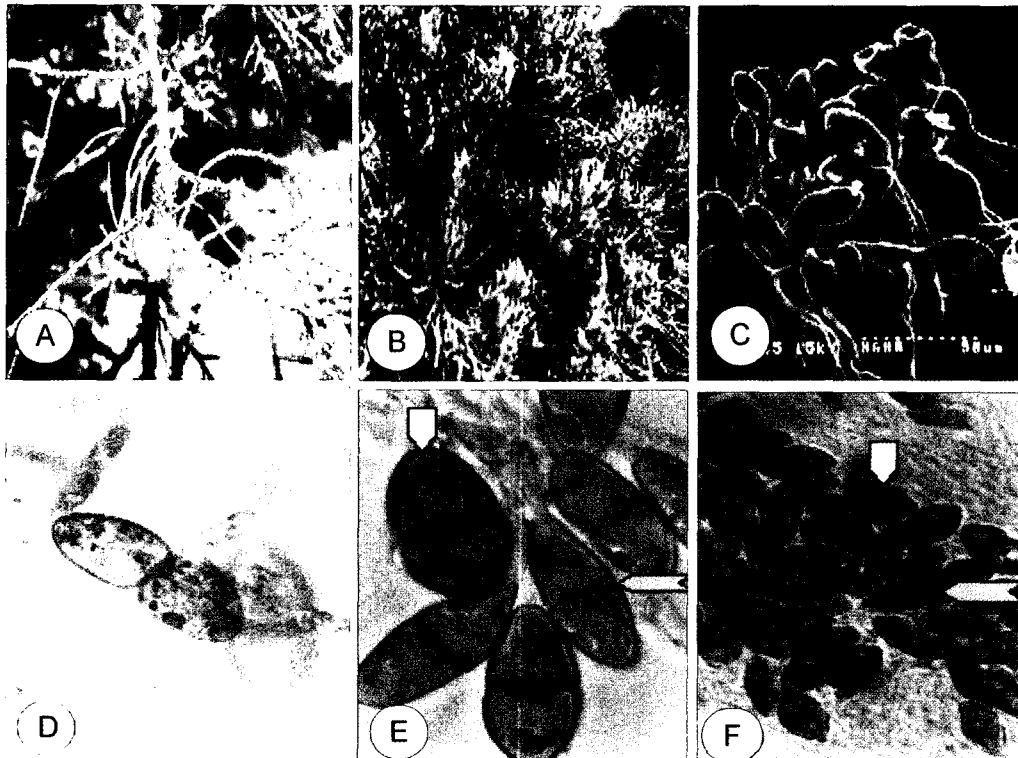


Fig. 3. Symptom and morphology of rust on *Juniperus chinensis* L. var. *kaizuka*. (A) Telia of *Gymnosporangium asiaticum* (collective bluntly conical), (B) Gelatinous masses of *G. asiaticum* (24 April 2003, Andong), (C) Teliospores of *G. asiaticum* by SEM 600X, (D) Germination of teliospore of *G. asiaticum* (1000X), (E) Teliospores of *G. asiaticum* 1,000X, (F) Teliospores of *G. yamadae* 400X. □: Thick walled teliospore, ◁: thin walled teliospore.



Fig. 4. Symptoms of rust by *Gymnosporangium* spp. (A) Symptom on leaves of *Pyrus pyrifolia* by *G. asiaticum*, (B) symptom on leaves of *Chaenomeles sinensis* by *G. asiaticum*, (C) symptom on leaves of *Malus sieboldii* by *G. asiaticum*.

앞뒷면에 녹포자기가 생긴다. 이것은 녹병정자기 사이에 곤충의 매개로 교잡이 일어났을 때에만 앞 뒷면에 녹포자기가 형성된다고 하였다(한국식물병리학회, 1997).

Fig. 4(A,B,C)는 들배나무와 모과나무, 아그배나무의 붉은별무늬병의 전형적인 병징으로 앞뒷면에 녹포자기가 형성되어 있다. Fig. 5의 A,B는 각각 아그배 나무와 모과나

무의 녹포자퇴로 아그배 나무의 녹포자퇴 모양은 그물모양으로 끝이 뾰족하다. Fig. 6의 A와 B는 들배나무와 아그배 나무의 녹포자퇴 세포와 녹포자로 녹포자퇴 세포의 모양이 각각 *G. asiaticum*과 *G. yamadae*의 특징이 뚜렷이 보인다.

C와 D는 SEM을 이용해 모과와 배나무의 녹포자를 15 kv

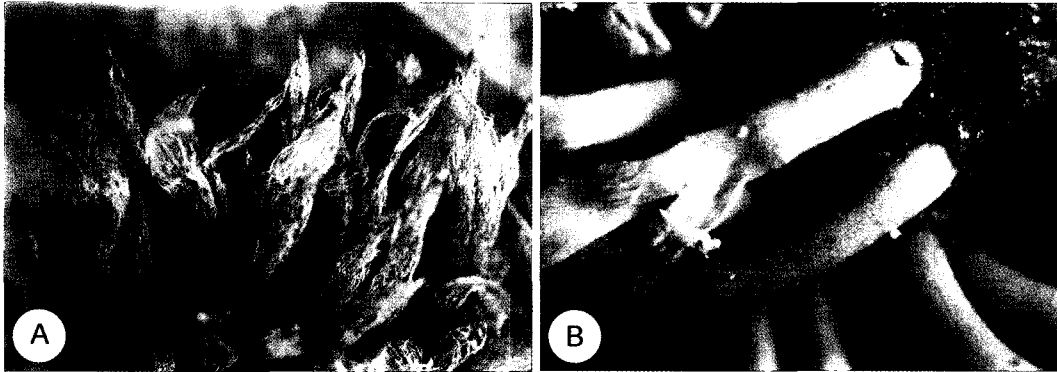


Fig. 5. Aecia of *Malus sieboldii* and *Chaenomeles sinensis*. (A) Aecia of *M. sieboldii* at Andong in June 2003, (B) Aecia of *Ch. sinensis* at Andong in June 2003.

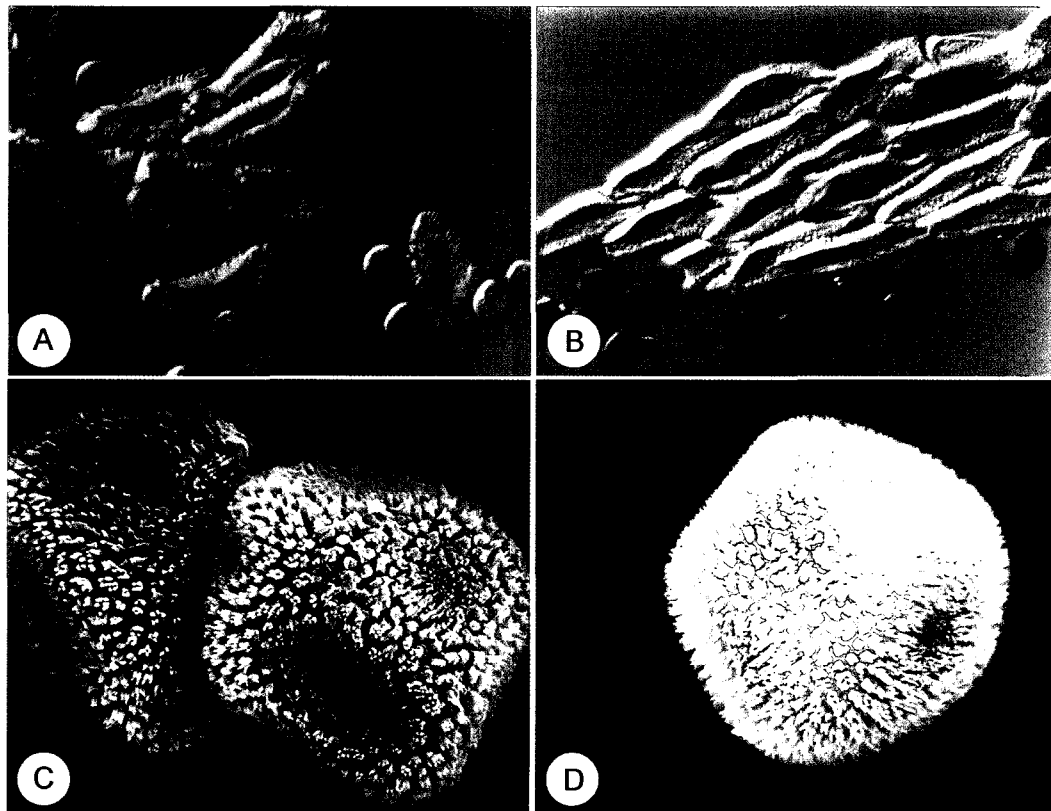


Fig. 6. Morphological characteristics of *Gymnosporangium* spp. (A) Aeciospore and peridial cell (rhomboid) on *Pyrus pyrifolia* by *G. asiaticum*, 400X, (B) Aeciospore and peridial cell (long-narrow rhomboid) on *Malus sieboldii* by *G. yamadae*, 400X, (C) Aeciospores on *Chaenomeles sinensis* by *G. asiaticum*, 3500X (surface structures type LC, Lee & Kakishima, 1999), (D) Aeciospore on *P. pyrifolia* var *culta* by *G. asiaticum* 3500X (surface structures type LC, Lee & Kakishima, 1999).

의 전압으로 촬영한 것으로 녹포자의 표면구조는 large coronate(LC) type으로 Lee와 Kakishima(1999)가 보고한 바와 같았다.

감사의 글

이 논문은 안동대학교 특별연구비(2004년도)에 의해 수행되었으며 이에 감사드립니다.

요 약

2003~2004년 향나무에서 *Gymnosporangium asiaticum*과 *G. yamadae* 두종의 겨울포자를 채집하여 관찰하였다. 향나무에서 채집한 *G. asiaticum*의 겨울포자는 막이 두꺼운(평균 2.5 μm) 후막겨울포자와 막이 얇은(평균 1.2 μm) 박막겨울포자가 관찰되었으며, *G. asiaticum*의 겨울포자되는 무딘원뿔모양으로 향나무의 잎, 가지에서 발생되었다. *G. yamadae*의 겨울포자 또한 막이 두꺼운(평균 2.5 μm) 후막겨울포자와 막이 얇은(평균 1.2 μm) 박막겨울포자가 관찰되었으며, *G. yamadae*의 겨울포자되는 향나무의 잎에 주로 발생하였으며 흑모양 또는 꽃모양으로 형성되었다. *G. yamadae*는 *G. asiaticum*보다 더 둥글면서 끝은 약간 뾰족하게 돌출된 모양이었다. 또한 한 그루의 향나무에서 두 종류의 겨울포자되는 동시에 형성되는 것도 관찰하였다. 그러나 *G. asiaticum*이 *G. yamadae*보다 우점종이었다(류, 2004). 모과나무의 붉은별무늬병은 강우량에 따라 매년 발병 양상이 달라지는데 담자포자의 형성시기인 4월 하순의 강우량이 많으면 병의 발생도 많았다. 또한 *G. asiaticum*의 병원성을 검정한 결과 모과나무와 배나무에서 병이 발생하였지만 아그베나무에서는 병이 발생하지 않았다.

참고문헌

- Agrios, George N. 1997. Plant pathology, Academic press, 635pp.
- Ainsworth, Sparrow and Sussman. 1973. The Fungi, Academic press, 504pp.
- 사과시험장. 2004. 사과병해충 예찰회의 자료, 4pp.
- 박희문, 신현동, 오덕철, 윤권상, 이종규. 2000. 기초균류학. 월드사이언스. 581pp(E.Moore-Landecker. 2000. Fundamentals of the Fungi 번역).
- 北島博. 1989. 果樹病害各論. 養賢堂. 581pp.
- 정기채, 박소득, 윤재탁, 박선도, 최대웅. 1993. 기상요인이 사과나무 붉은별무늬병균의 겨울포자 성숙 및 병발생에 미치는 영향. 한국식물병리학회지 9(2): 123-127.
- Alexopoulos, C. J., Mims, C. W. and Blackwell, M. 1996. Introductory mycology, fourth edition. John Wiley and sons. inc. 869pp.
- Cummins, George B, and Hiratsuka, Y. 2003. Illustrated Genera of Rust Fungi, Third Edition. APS. 225pp.
- 고영진, 신현동, 안경구, 이순구, 이종규, 차병진, 차재순. 1998. 아그리오스 식물병리학, 제4판. 월드사이언스. 667pp.
- 한국식물병리학회. 1997. 사과, 배의 병 진단과 방제. 한국식물병리학회. 227pp.
- Hiratsuka, N. 1983. Rust Diseases and their Causal Fungi. 한국식물보호학회지 22(2): 49-51.
- 김성환. 2001. 韓國産 녹병균目的 分類學的 研究. 인천대학교 박사학위 논문. 336pp.
- Lee, S. K. and Kakishima, M. 1999. Aeciospore surface structures of *Gymnosporangium* and *Roestelia* (Uredinales). Mycoscience 40: 109-120.
- Lee, S. K. and Kakishima, M. 1999. Surface structures of peridial cells of *Gymnosporangium* and *Roestelia* (Uredinales). Mycoscience 40: 121-131.
- 이태수. 2001. 푼시니아과(녹병균목) Pucciniaceae of Korea (Uredinales), 식물병원체 모노그래프 6, 농업과학기술원. 130pp.
- 류종숙. 2004. 식물의 녹병에 관한 연구(*Gymnosporangium*과 *Puccinia*를 중심으로). 안동대학교 석사학위 논문, 37pp.
- Yun, H. Y., Lee, S. K. and Lee, K. J. 2003. *Gymnosporangium* species causing cedar-apple rust in Korea (Abstract). 133-134pp. 한국식물병리학회 학회발표 초록집. 151pp.
- Yun, H. Y., Lee, S. K. and Lee, K. J. 2003. Verification of aecial host ranges of four *Gymnosporangium* species based on artificial inoculation (Abstract). 134p. 한국식물병리학회 학회발표 초록집. 151pp.