식물병연구
Res. Plant Dis. 10(4) : 279-284 (2004)

Research in Plant Disease
©The Korean Society of Plant Pathology

산초나무 잎녹병균의 중간기주 및 형태학적 특징

이승규* · 김경희 · 이총규[1] · 김동원 · 황진현[1]
국립산림과학원 산림병해충과, [1]경상남도 산림환경연구소

Morphological Features of *Coleosporium xanthoxyli* and Its Alternate Host in Korea

Lee, S. K.*, Kim, K. H., Lee, C. K.[1], Kim, D. Y. and Hwang, J. H.[1]
Div. of Forest Insect and Pest Disease, Seoul 130-712, Korea
[1]For. Env. Res. Inst. of Kyeongsangnam-Do, Chinju 660-870, Korea
(Received on November 23, 2004)

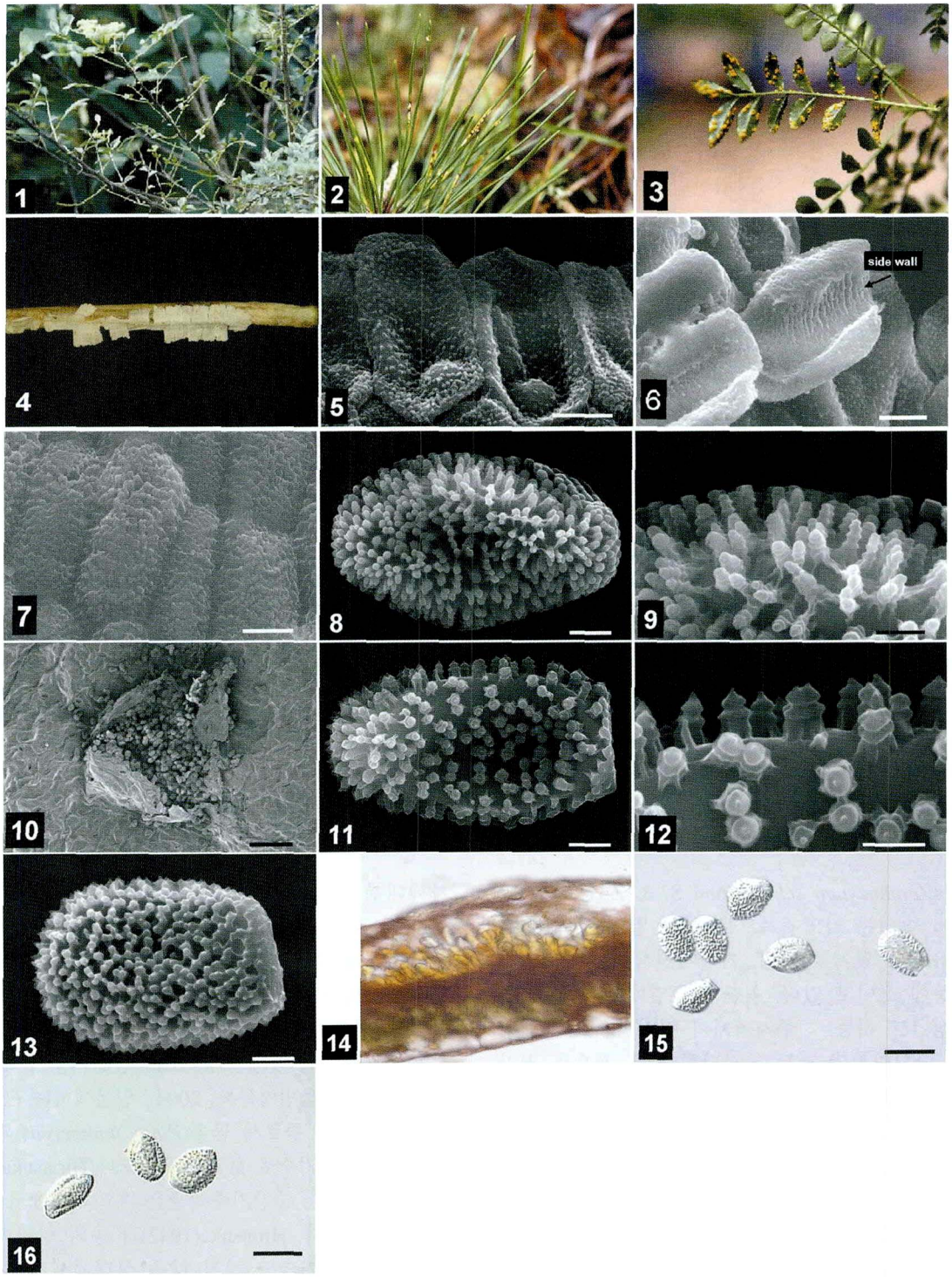
A rust fungus has caused a serious early defoliation of *Zanthoxylum schinifolium* during growing seasons every year at the plantations located at Hadong and Jinju, Kyeongsangnam-Do in Korea. In order to identify the rust fungus and clarify its life cycle in Korea, aeciospores from *Pinus thunbergii* were artificially inoculated on the leaves of *Z. schinifolium*. Uredinial stage was successively formed on the leaves of *Z. schinifolium*. Based on the artificial inoculation test and on the morphological features of the dried specimens collected from *P. thunbergii* and *Z. schinifolium*, this rust fungus was identified as *Coleosporium xanthoxyli*. Morphological features of aecial and uredinial stages of the species were described. The first symptom of the infection was developed from later June to early July. And leaf infection ratio was 17.8%-58.7% during August at Hadong and Jinju regions of Kyeongsangnam-Do in Korea.

Keywords : **Alternate host, *Coleosporium xanthoxyli*, *Pinus thunbergii*, Rust, *Zanthoxylum schinifolium***

산초나무(*Zanthoxylum schinifolium* S. & Z.)는 운향과(Rutaceae)에 속하는 낙엽관목으로 잎과 열매 등에 정유성분을 함유하고 있어 위장병, 기관지천식, 종기치료 및 회충구제 등에 쓰이고 있다. 최근 산초열매의 생산을 목적으로 경상남도 하동, 진주지역에서 집약적으로 재배되고 있으며, 단위면적당 소득도 상당히 높은 것으로 평가되면서 점차 재배면적이 증가하고 있다. 그러나 2001년 경부터 매년 진주 및 하동의 재배단지에서 잎녹병균에 의한 조기낙엽이 심하게 발생하여 일부 재배지에서는 종자 수확이 거의 불가능하였다(Fig. 1).

우리나라에서 산초나무를 기주로 하는 녹병균은 Hiratsuka (1942)가 보고한 *Coleosporium xanthoxyli*와 박종성(1958)이 보고한 *Uredo fagarae*가 있다. *Coleosporium*속 녹병균은 생활사를 완성하기 위하여 단자엽 또는 쌍자엽식물에는 여름포자와 겨울포자세대를, 소나무류 잎에서는 녹포자세대를 형성하는 이종기생성(heteroceous) 녹병균이다(Cummins와 Hiratsuka, 2003). 일본에는 모두 28종의 *Coleosporium*속균이 기재되어 있으나(Kaneko, 1981; Hiratsuka 등, 19992), 우리나라에서는 13종이 보고되어 있으며 이들 국내기록 13종 중 *C. asterum* 등 단지 4종만이 생활사를 구성할 수 있는 기주 또는 중간기주가 밝혀져 있을 뿐이다(한국식물병명목록, 2004). 일본에서는 *C. xanthoxyli*의 경우 중간기주로서 곰솔(*Pinus thunbergii*) 외 2종의 소나무류가 중간기주로 보고되어 있으나(Hiratsuka 등, 1992), *C. xanthoxyli*의 중간기주식물은 우리나라에서 아직 보고되어 있지 않다. Hiratsuka(1942)가 종의 형태학적 특징에 대한 어떠한 기술도 하지 않은 상태에서 단지 목록만을 보고한 이래 우리나라에서는 이 균에 대한 형태학적, 병리학적 연구결과가 보고된 바 없다. 이 연구는 현재 하동과 진주 등지의 산초나무재배단지에서 문제가 되고 있는 녹병균을 동정하고 그 중간기주식물을 밝히기 위하여 수행되었다.

*Corresponding author
Phone)+82-2-961-2625, Fax)+82-2-961-2595
E-mail)leesk77@foa.go.kr



Coleosporium xanthoxyli

Fig. 1. A serious defoliation of *Zanthoxylum schinifolium* caused by *C. xanthoxyli (August, 2002)*; **Fig. 2.** Aecia formed on the needles of *Pinus thunbergii* (April, 2002); **Fig. 3.** Uredinia from on the leaves of *Z. schinifolium* after about 15 days after the artificial inoculation of aeciospores from *P. thunbergii*; **Fig. 4.** Aecia formed on the needles of *Pinus thunbergii* (April, 2002); (**Fig. 5-13.** Scanning electron micrographs) **Fig. 5-7.** Surface structure of peridial cells (**Fig. 5**: Inner wall, **Fig. 6**: side wall; **Fig. 7**: outer wall); **Figs. 8-9**: aeciospore, showing annulate verrucae (HKFRI-1856); **Fig. 10.** Uedium formed on leaves of *Z. scchinifolium* ; **Figs. 11-12.** Urediniospore, showing annulate verrucae capped with mucronate projection on the upper part (HKFRI-1919); **Fig. 13.** Urediniospore showing reticulum structure on spore surface and many verrucose processes (more than 50 per 10 μm square) (HKFRI-2100); **Fig. 14.** Teliospores formed in leaves of *Z. schinifolium*; (**Figs. 15-16.** Light micrographs) **Fig. 15.** aeciospores; **Fig. 16.** Urediniospores. Bar=10 μm in **Figs. 5, 6, 7**; 5 μm in **Figs. 8, 11, 13**; 2.5 μm in **Figs. 9, 12**; 150 μm in **Fig. 10**; 40 μm in **Figs. 15, 16**.

재료 및 방법

녹포자의 인공접종. *C. xanthoxyl*의 중간기주식물을 밝히기 위하여 일본에 기록되어 있는 녹포자세대의 기주식물 중 우리나라에 분포하는 곰솔의 잎녹병균(녹포자퇴, Fig. 2)을 2003년 5월 초순에 경남 하동의 산초나무 잎녹병 발생지 주변에서 채집하였다. 채집된 녹병균의 녹포자는 곰솔이 분포하지 않는 서울의 국립산림과학원 구내에서 외부와 격리되어 준비된 산초나무 2년생 묘목에 인공접종하였다. 접종방법은 준비된 산초나무 가지의 사이사이에 녹포자퇴가 형성되어 있는 곰솔의 침엽을 배치한 후 비닐봉투로 씌웠으며 습도를 유지하고 접종효과를 높이기 위하여 녹포자의 포자현탁액이 흘러내릴 정도로 충분히 분무하였다. 산초나무 묘목에 멸균수만을 분무한 묘목을 인공접종에 대한 대조처리로 하였으며 공시묘목의 수는 인공접종 묘목 3본, 무처리 3본 등 모두 6본이었다. 처리가 끝난 공시묘목은 실내에 3일간 방치 후 비닐을 벗겨내고 야외로 옮겨 여름포자의 형성을 관찰하였다.

녹병균의 채집 및 형태학적 특징 관찰. 2001~2003년에 경상남도 및 제주도 지역을 중심으로 곰솔과 산초나무에서 잎녹병에 감염된 잎을 채집하였으며 채집된 잎은 건조표본으로 제작하였다. 아울러 경상남도 진주시 이반성면 소재 경상남도 산림환경연구원 시험림과 하동군 옥천면, 그리고 옥종면에 고정조사구를 설치하여 산초나무에서의 녹병발생시기 및 이병엽율을 1주 간격으로 모니터링하였다.

병원균을 동정하기 위하여 채집된 각 포자세대별 건조표본, 인공접종에 사용된 녹포자퇴와 그 결과로 얻어진 여름포자퇴에서 채취한 녹포자 및 여름포자를 슬라이드 그라스위에 멸균수로 마운팅한 후 광학현미경으로 각 세대별 포자의 모양, 크기, 색 등 형태적 특징을 관찰하였다. 녹포자 및 여름포자의 표면구조를 관찰하기 위하여 포자를 양면탄소테이프를 붙인 시료대 위에 흩뿌린 후 백금 Ion sputter(Hitachi E-1010)을 이용하여 120초 동안 ion 코팅을 하였으며 저진공 주사형전자현미경(Hitachi S-3500N, 이하 SEM)으로 15~20 Kv에서 관찰하였다. 각 표본의 녹병균 동정은 Rust flora of Japan(Hiratsuka 등, 1992)을, 기주식물의 동정과 학명은 원색 대한식물도감(이창복, 향문사 2003)을 기준으로 하였다. 각 세대별 포자들과 호막세포의 표면구조에 대한 용어의 정의와 기술은 Hawksworth 등(1995)와 Lee와 Kakishima(1999a, b)를 준용하였다.

본 연구에 사용된 표본. I(녹포자세대, 곰솔) 경상남도(이하 경남) 진주, 2002년 5월 3일, 이승규(HKFRI-1838); 경남 진주(경남 산림환경연구소(이하 산환연) 시험림), 2002년 5월 3일, 이승규(HKERI-1856); 경기도(이하 경기) 오산(경기 산환연 시험림), 2002년 5월 2일 이승규(HKFRI-1868, 1869, 1870); 경남 진주, 2002년 5월 3일, 김경희(HKFRI-1847); 제주 제주시(한라수목원), 2003년 5월 6일 이승규(HKFRI-2235); 제주도(이하 제주) 서귀포시(국립산림과학원(이하 산과원) 동흥동 곰솔채종림), 2003년 5월 7일, 이승규(HKFRI-2222) **II(여름포자세대, 산초나무)** 2002년 6월 10일 이승규(HKFRI-1891, 녹포자 인공접종 결과); 2002년 6월 29일 이승규(HKFRI-1898); 경남 하동 청천, 2003년 7월, 김경희(HKFRI-1700); 경남 진주(경남 산환연 시험림), 2002년 7월 12일 이총규(HKFRI-1913); 경남 하동, 2002년 7월 30일 이총규(HKFRI-1927); 경상북도(이하 경북) 구미 지산, 2002년 10월 7일 김경희 (HKFRI-2064); 장소불명 2002년 10월 11일 채집자 불명 (HKFRI-2071); 경남 진주(경남 산환연 시험림), 2002년 11월 8일 김경희(HKFRI-2092); 경남 하동 옥강, 2002년 11월 8일 김경희(HKFRI-2093); 경남 하동 적량, 2002년 11월 8일 김경희(HKFRI-2095); 서울 홍릉(산과원 수목원), 2002년 10월 10일 이승규(HKFRI-2096); 경남 하동 북천, 2002년 10월 10일 황진현(HKFRI-2097); 경남 하동 옥종, 2002년 10월 10일 이승규(HKFRI-2098, 2099); 경남 하동 횡천, 2002년 10월 10일 이승규(HKFRI-2100).

결과 및 고찰

인공접종결과 및 채집표본에 대한 검토 : 종의 동정. 곰솔에서 채집된 녹포자를 산초나무에 인공접종한지 약 15일 후 산초나무 묘목 3본 모두의 잎 뒷면에서 여름포자의 형성을 확인하였으며(Fig. 3), 녹포자를 처리하지 않은 산초나무에서는 여름포자가 형성되지 않았다. 인공접종 결과로 얻어진 녹포자세대 및 여름포자세대, 그리고 채집된 표본에 대한 형태적 특징조사의 결과를 기존 문헌과 비교하여 이 녹병균을 *Coleosporiun xanthoxyli* Dietel & P. Syd.로 동정하였으며(Tables 1, 2), 현재까지 알려져

Table 1. Comparision of aeciospore sizes of *Coleosporium* species on *Pinus thunbergii*

Host	Present study	Hiratsuka *et al.* (1992)
C. xanthoxyli	24~49 × 16~32 μm	30~52 × 22~34 μm
C. bletiae	-	22~30(–34) × 14~20 μm
C. matitidis -apiifoliae	-	22~34(–38) × 14~24(–26) μm
C. lycopi	-	22~36 × 14~24 μm
C. pedunculatum	-	20~30 × 16~24 μm

Table 2. Morphological features of aeciospores and urediniospores of *Coleosporium xanthoxyli*

Characteristics	Present study	Hiratsuka *et al.* (1992)
(on *Pinus thunbergii*)		
peridial cell		
shape	ovate, ellipsoid to oblong	ovate, ellipsoid or oblong
size	33.6~86 × 16~50 μm	33~70 × 23~50 μm
surface structure		
inner wall	sparsely verrucose (Type SV)[a]	closely verrucose
side wall	moderately rugose (Type MR)[a]	-[b]
outer wall	small papillate (Type SP)[a]	verrucose with striae
Aeciospore		
size	33~59 × 17~37 μm	30~52 × 22~34 μm
shape	broad ellipsoid to ellipsoid	broad ellipsoid to ellipsoid
surface structure	verrucose with three to four annulated rings (by SEM)	verrucose, with a near smooth spot
No. of verrucae per 10 μm	50~100	15~40
(on *Zanthoxylum schinifolium*)		
Urediniospore		
size	21~42 × 14~29 μm	22~42 × 16~28 μm
shape	ellipsoid to broad ellipsoid	ellipsoid to broad ellipsoid
surface structure	verrucose, with one to two annulated rings and capped with mucronate projection (by SEM)	verrucose, capped with a papilla-like projection
No. of verrucae per 10 μm square	33~81	15~30

[a]Name of Type is based on Lee and Kakishima (1999b).
[b]not described.

있는 녹병균 중 곰솔과 산초나무를 기주로 하는 장세대형 생활사(macrocyclic life cycle)은 *C. xanthoxyli* 뿐이다.

연구에 사용된 표본목록을 기준으로 볼 때 *C. xanthoxyli*는 제주도에서 서울지역까지 광범위하게 분포하고 있는 것으로 판단된다. 본 연구에서 밝혀진 바와 같이 중간기주식물이 주로 해안지역에 분포하는 곰솔임을 감안할 때 본 녹병균이 경북 구미와 서울 홍릉지역에서 채집되었다는 것은 다소 의외의 결과라 볼 수도 있다. 이 점과 관련하여 앞으로 곰솔이외의 소나무류가 중간기주가 될 수 있는 가능성에 대한 검토가 필요할 것으로 사료된다. 2001년과 2002년 경상남도 진주시와 하동군 일원의 재배단지에서 조사된 결과에 의하면 산초나무에서의 여름포자의 최초 발생시기는 6월 하순~7월 초순이며 2003년 8월 현재의 이병엽율은 17.8%~58.7%이었다.

산초나무잎녹병균의 형태적 특징. 녹포자퇴(aecidia)는 흰색을 띠며 곰솔의 침엽위에 단독 또는 몇 개가 이어져 길게 형성된다(Figs. 2, 4). 녹포자퇴를 구성하고 있는 후막세포(peridial cell)는 난형~긴 타원형이며 크기는 45~86 ×24~42 μm이다. SEM으로 관찰된 후막세포의 표면구조는 내벽(inner wall)은 Type MV(minutely verrucose; Lee와 Kakishima, 1999b; Fig. 5), 측벽(side wall)은 Type MR (moderately rugose; Lee와 Kakishima, 1999b; Fig. 6), 그리고 외벽(outer wall)은 Type SP(small papillate; Lee와 Kakishima, 1999b; Fig. 7)이다. 녹포자(aeciospores)는 타원형~넓은 타원형으로 크기는 24~49×16~32 μm이며 표면은 돌기로 덮여있다(Figs. 8, 9, 15). SEM으로 관찰된 녹포자 표면의 돌기는 높이 0.8~4 μm이며, 돌기의 수는 100 μm^2당 50~100개이다. 돌기의 구조는 Type SA(small annulate; Lee와 Kakishima, 1999a; Fig. 9)이며 3~4개의 환상고리(annulation)를 갖고 있으며, 돌기의 정단부분은 편평한 반구형 또는 약간 돌출된 반구형모양이고 기부는 뿌리모양이다. **여름포자퇴**(Uredinia)는 산초나무의 잎 뒷면에 형성되며 표피조직을 뚫고 형성된다(Fig. 10). 여름포자 (urediniospores)의 모양은 타원형~넓은 타원형으로 크기는 28~46×15~29 μm이다(Figs. 11, 12, 16). SEM으로 관찰된 여름포자의 표면돌기의 모양은 기본적으로 annulate type이나 정단부분은 뾰족하게 솟아 있으며 기부는 뿌리모양이다(Fig. 12). 환상고리(annulation)의 수는 1~2개이

나 때로 포자에 따라 환상고리가 명확하지 않는 경우도 있다. 돌기의 높이는 1~2.5 μm이며 돌기의 수는 100 μm^2 당 33~81개이고 단독 또는 몇 개가 나란히 연결되어 망상구조 (retuculum)를 보이기도 한다(Fig. 13). 겨울포자는 붉은 오렌지색~오렌지색을 띠며 산초나무 잎의 조직내에 매몰되어 형성된다(Fig. 14). 본 연구에서 겨울포자 및 담자포자의 형태적 특징은 관찰되지 않았다.

우리나라에서 곰솔의 잎에 녹포자를 형성하는 *Coleosporium* 속균은 보고되어 있지 않으나 일본의 경우 *C. bletiae* 등 4종이 보고되어 있다. 이들 4종의 녹병균과 *C. xanthoxyli* 의 녹포자의 크기를 비교한 Table 1에서 보는 바와 같이 *C. xanthoxyli*의 녹포자는 다른 4종의 녹포자보다 훨씬 크다. Hiratsuka 등(1992)은 녹포자 표면의 돌기구조에 대하여 간단히 "verrucose with striae"로 기재하였으며 이러한 기재는 SEM에 의한 관찰결과가 아닌 광학현미경에 의한 관찰결과로 보여 진다. 본 연구에서 SEM으로 관찰된 녹포자 표면돌기의 구조는 3~4개의 환상고리(annulation)를 가진 annulate type이며 정단부분은 편평한 반구형 또는 약간 돌출된 반구형모양이었다. 특히 일본의 *Coleosporium* 속 녹병균을 정리한 Kaneko(1981)는 *C. xanthxyli*의 녹포자 크기와 annulate type의 표면구조를 *Coleosporium*속내 다른 종과 구별지울 수 있는 중요한 형태적 특징(Key character)으로 기술한 바 있다. 호막세포(peridial cell)의 표면구조에 대하여 Hiratsuka 등(1992)은 측벽에 대한 기재없이 내벽과 외벽에 대하여 "closely verrucose"와 "verrucose with striae"로 간단히 기재하였다. 본 연구에서 SEM으로 관찰된 이들의 호막세포의 내벽, 외벽, 측벽의 표면구조는 각각 minutely verrucose(Type MV), small papillate(Type SP), moderately rugose(type MR)이었으며 기존 기록과 약간 차이가 있었다(Figs. 5~7). 이러한 차이는 기본적으로 Hiratsuka 등(1992)의 기재가 광학현미경에 의한 관찰결과에 기인한 것으로 사료된다. 녹포자세대가 알려져 있는 *Coleosporium*속균의 경우 호막세포의 외벽은 모두 표면돌기를 가지고 있는 것으로 보고되어 있으나, *Gymnosporangium*속 녹병균 중 aecidioid aecium을 갖는 일부 녹병균을 제외하고 roesterioid aecium을 갖는 모든 종과 *Chrysomyxa*속 녹병균은 호막세포의 외벽이 평활 (smooth)하다고 보고되어 있다(Hiratsuka 등, 1992; Lee와 Kakishima, 1999b). 녹병균 각 세대별 포자의 표면구조가 갖는 분류학적 의미에 대하여 많은 연구가 이루어져 왔으나 SEM을 이용한 호막세포의 미세구조에 대한 연구, 특히 분류군간 비교연구는 대단히 미흡하며 앞으로 이 점에 대한 연구가 필요하다고 사료된다.

*C. xanthoxyli*의 여름포자의 표면돌기에 대하여 Hiratsuka 등(1992)은 다른 종과 구별되는 매우 특징적인 구조의 돌기로 덮여 있으며 이를 "each verrucae consists of a hemispherical cap with a papilla-like small projection~"로 기술하였다. 본 연구에서 관찰된 여름포자의 표면돌기 (Figs. 11~13)는 Hiratsuka 등(1992)의 기재와 대부분 일치하였으나 정단부분의 "papillate-like projection"보다는 끝이 뾰족하므로 "mucronate(Hawksworth 등, 1995) projection"으로 기술하는 것이 타당하다고 사료된다. Hiratsuka 등(1992)은 돌기의 수를 10 μm square 당 15~30개로 기재하였으나 본 연구에서는 사용된 표본의 경우 포자에 따라 그 수가 다양하여 33~81개로 조사되었으며(Table 2, Figs. 11~13) 일본의 기재와는 차이가 있었다. 우리나라의 균을 동정하기 위하여 각 형태적 분류형질을 외국의 기재사항과 비교하였을 때 측정치의 변이 폭을 일정 부분 인정한다고 하여도 돌기의 수에 대한 Hiratsuka 등(1992)의 기재사항과의 본 연구의 측정치에 차이가 있다고 할 수 있으며 앞으로 이 점에 대한 분류학적 재검토가 필요할 것으로 생각된다. Hiratsuka 등(1992)는 돌기의 중간부분의 구조에 대하여 기재하지 않았으나 본 연구에서 여름포자의 표면돌기는 1~2개의 환상고리(annulation)을 갖고 있는 것으로 밝혀졌다(Figs. 12, 13). 많은 연구자들에 의하여 보고된 바와 같이 포자의 표면형태구조는 녹병균의 종의 동정(또는 식별)에 있어 매우 유용한 기준이 될 수 있다고 알려져 있으며(Katsuya 등, 1980; Kaneko, 1981; Sato와 Sato, 1982; Lee와 Kakishima, 1999a, 1999b, 1999c; Cummins와 Hiratsuka, 2003), 본 연구에서 밝혀진 *C. xanthoxyli*의 녹포자 및 여름포자의 세밀한 표면구조는 앞으로 이 종의 동정(또는 식별)에 있어 유용한 기준이 될 것으로 사료된다.

일본의 경우 본 녹병균의 기주로 6종 1변종의 식물이 기주로 보고되어 있으나(Hiratsuka 등, 1992), 우리나라에서 산초나무속에 보고되어 있는 5종 6변종(이창복, 2003)의 식물 중 *C. xantoxyli*의 기주로 보고된 것은 산초나무 1종뿐이다(한국식물병명목록, 2004). 국립산림과학원의 녹병표본 목록에 의하면 왕초피(*Z. coreanum*)과 초피나무(*Z. pipeeritum*)에서도 녹병균이 채집되어 있으므로 추후 산초나무속 식물을 기주로 하는 녹병균에 대한 분류학적 연구가 필요할 것으로 사료된다.

요 약

경상남도 진주와 하동지역의 산초나무 재배단지에서 잎녹병에 의한 피해가 매년 지속적으로 발생하고 있다. 산초나무 잎에 형성된 여름포자세대의 녹포자세대 기주를

밝히고 녹병균을 동정하기 위하여 본 병해의 발생지 주변 곰솔에서 채집된 녹포자를 산초나무에 인공접종하였다. 그 결과 산초나무에서 성공적으로 여름포자가 형성되어 이 녹병균은 녹포자세대를 곰솔에서, 여름포자 및 겨울포자세대를 산초나무에서 형성하는 장세대형 생활사를 갖는 *C. xanthoxyli*로 동정하였다. 대부분의 형태적 형질은 기존 기록과 일치하였으나 녹포자와 여름포자의 표면돌기 수에는 차이가 있었다. 곰솔과 산초나무에서 채집된 *C. xanthoxyli*의 건조표본을 이용하여 녹포자세대 및 여름포자세대의 형태학적 특징을 기술하였다. 경남 진주와 하동지역에서 조사된 산초나무에서의 최초 병발생시기는 6월 하순~7월 초순이었으며 8월 중의 이병엽율은 17.8%~58.7%이었다.

참고문헌

Hawksworth, D. L., Kirk, P. M., Sutton, B. B. and Pegler, D. N. 1995. Ainsworth and Bisby's Dictionary of Fungi, (English Ed.). The University Press, Cambridge. 616p.

Hiratsuka. N. 1942. Uredinales collected in Korea. V. The Botanical Magazine 56: 53-61 (in Japanese).

Cummins, G. B. and Hiratsuka, Y. 2003. Illustrated Genera of Rust Fungi (3rd ed.) APS Press. Minnesota. 225p.

Hiratsuka. N., Sato, S., Katsuya, K., Kakishima, M., Hirastuka, Y., Kaneko, S., Ono, Y., Sato, T., Harada, Y., Hiratsuka, T. and Nakayama, K. 1992. The Rust Flora of Japan. Tsukuba Shuppankai, Tsukuba, 199-248p.

Kaneko, S. 1981. The species of *Coleosporium*, the cause of pine needle rust, in the Japanese Archipelago. *Rep. Tottori Mycol. Inst.* 19: 1-159.

Katsuya, K., Kakishima, M. and Sato, S. 1980. Spore surface structures of three Pileolaria species in Japan. *Rept. Tottori Myco. Inst.* 18: 63-167.

Lee, S. K. and Kakishima, M. 1999a. Aeciospore surface structures of *Gymnosporangium* and *Roestelia* (Uredinales). *Mycoscience* 40: 109-120.

Lee, S. K. and Kakishima, M. 1999b. Surface structures of peridial cells of *Gymnosporangium* and *Roestelia* (Uredinales), *Mycoscience* 40: 121-131.

Lee, S. K., Kakishima, M. and Zhuang J. Y. 1999c. A new rust species of *Roesteila* on Sorbus collected in China, *Mycoscience* 40: 437-440.

Lee, T. B. 1999. Illustrated flora of Korea. Hyang-mun Pub. Co. Seoul. (in Korean).

Sato, T. and Sato, S. 1982. Aeciospore surface structure of the Uredinales. *Trans. Mycol. Soc. Japan* 23: 51-63.

한국식물병리학회. 2004. 한국식물병명목록. 정행사, 서울. 779p. (in Korean)