

국내 미기록 잣나무 잎녹병균, *Coleosporium neocacaliae*이승규\* · 김동원<sup>1</sup> · 문일성 · 김종진<sup>1</sup>국립산림과학원 남부산림연구소, <sup>1</sup>건국대학교 자연생명과학대학A New Needle Rust Fungus *Coleosporium neocacaliae*  
on the Needles of *Pinus koraiensis* in KoreaSeung Kyu Lee\*, Dong Won Kim<sup>1</sup>, Yil Seong Moon and Jong Jin Kim<sup>1</sup>

Southern Forest Experimental Center, Korea Forest Research Institute, Jinju 660-300, Korea

<sup>1</sup>Department of Forest and Environmental Science, Konkuk Univ., Seoul 143-140, Korea

(Received on November 11, 2008)

*Coleosporium neocacaliae*, a needle rust fungus, was described and illustrated for the first time on the needles of *Pinus koraiensis* (Korean pine) in Korea. Detailed descriptions of the species were verified based on symptoms and signs, and light and scanning electron microscopic observations on aecia, aeciospores and peridial cells. The present needle rust fungus was apparently different from *C. eupatorii*, a solely recorded *Coleosporium* species on *P. Koraiensis* in Korea until this time, in having comparatively large sized aeciospores as 20-39 × 14-27 μm than those of latter species (size of aeciospores 15-27 × 10-20 μm). Verrucose surface structure of aeciospores in light microscopy was revealed to be annulated with three to four rings and root-like base in scanning electron microscopy. Aecial stage of *C. neocacaliae* were formed on the middle days of April to the early days of June and collected around the central parts of Korean peninsula, including high mountains of about 1,000 m above sea level.

**Keywords :** *Coleosporium neocacaliae*, Needle rust, *Pinus koraiensis*

*Coleosporium*속 녹병균은 세계적으로 소나무류에서 잎 녹병을 일으킨다고 알려져 있다(Kaneko, 1981; Hiratsuka 등, 1992; Sinclair와 Lyon, 2005). 일본에서는 *C. pini-pumilae*와 *C. pini-densiflorae* 등 2종의 단주기성 잎녹병균을 포함하여 21종의 잎녹병균이 녹포자세대의 기주인 소나무류와 다양한 중간기주식물에서 보고되어 있다(Hiratsuka 등, 1992). 우리나라에서는 1940년 일본인 Hiratsuka가 소나무 잎녹병균으로 *C. pini-asteris*를 처음 보고한 이래 소나무(*Pinus densiflora*), 곰솔(*Pinus thunbergii*), 잣나무(*Pinus koraiensis*) 등 소나무류에서 현재 7종의 *Coleosporium*속 녹병균이 보고되어 있다(한국식물병명목록, 2004). 그러나 이 등(2004)이 곰솔에서 녹포자세대를 형성하고 여름포자세대를 산초나무에 형성하는 *C. xanthoxyli*의 형태적 특징에 대한 보고, 그리고 윤 등(2007)이 접종

실험과 28S rDNA 염기서열분석 결과를 기초로 들깨(*Perilla frutescens* var. *japonica*)를 여름포자세대의 중간기주로 하고, 녹포자세대를 소나무의 침엽에 형성하는 *C. plectranthi*에 대한 보고를 제외하면 우리나라에 기록되어 있는 대부분의 *Coleosporium*속 녹병균은 어떠한 형태적 기재 없이 과거의 문헌을 반복하여 인용하는 형태로 단지 종의 목록만이 기록되어 있다.

*Coleosporium*속 녹병균은 기주와 중간기주에서 다섯 가지 포자형을 형성하는 장주기성이므로 종의 동정과 분류학적 연구에 있어 기주의 종류와 함께 각 포자세대에서 형성되는 포자의 크기와 모양을 기본으로, 녹포자세대의 경우 녹포자와호막세포의 표면구조(돌기의 모양, 크기, 수/100 μm<sup>2</sup> 등)가 중요한 분류학적 형질로서 다루어지고 있다(Kaneko, 1981; Hiratsuka 등, 1992; Lee와 Kakishima, 1999a, 1999b, 1999c). 본 연구에서 소나무류 잎녹병균에 대한 분류학적 연구의 일환으로 전국적으로 소나무류에서 채집되어 국립산림과학원 표본실(the Herbarium of the Korea Forest Research Institute, HKFRI)에 보존 중인 잣

\*Corresponding author

Phone) +82-55-759-5060, Fax) +82-55-759-5055

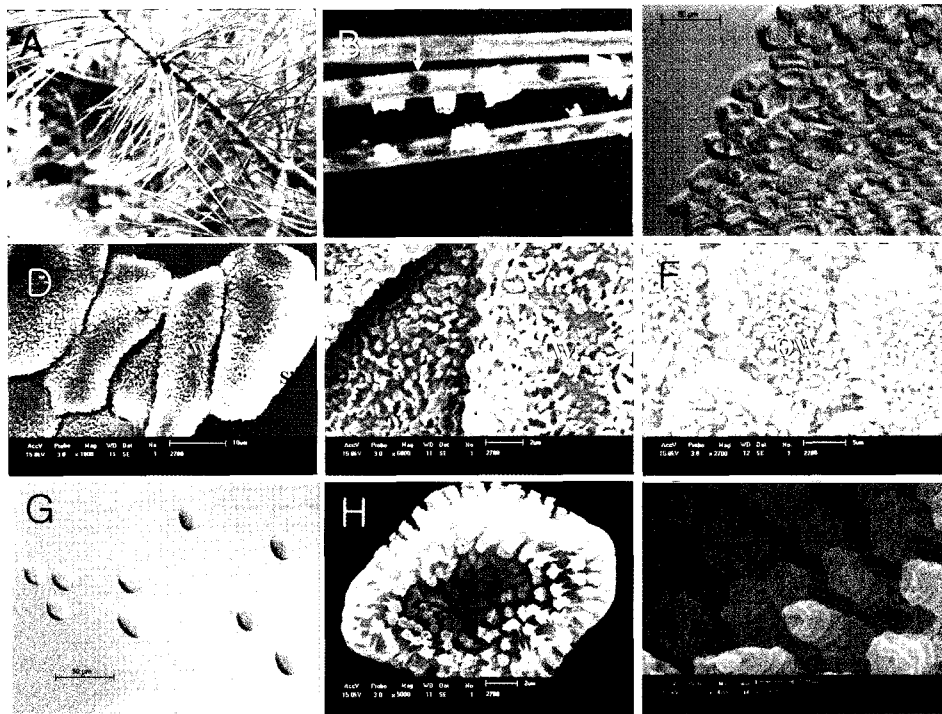
E-mail) leesk77@forest.go.kr

나무에서 채집된 잎녹병의 표본 중에서 우리나라 미기록 종으로 새롭게 동정된 *Coleosporium neocacaliae*의 형태학적 특징을 보고한다.

**연구에 사용된 표본.** 국립산림과학원 표본실에 보존 중인 잣나무 잎녹병의 건조 표본 중에서 본 연구에서 *C. neocacaliae*로 동정된 표본은 모두 9개 이었으며, 목록은 다음과 같다. 강원도 강릉시 사초면, 2002년 4월 10일, 이승규(HKFRI 1866); 경기도 포천군 내촌면 음현리, 2005년 5월 12일, 이승규(HKFRI 2772); 경기도 포천군 광릉, 2005년 5월 12일, 이승규(HKFRI 2775); 경기도 포천군 광릉, 2005년 5월 29일, 이승규(HKFRI 2778); 경기도 포천군 국립산림과학원 생산기술연구소 시험림 26임반, 2005년 5월 29일, 이승규(HKFRI 2779, HKFRI 2780; 강원도 평창군 진부면 막동리 산림청 평창국유림관리사무소 관할 국유림 131임반(해발 1,000 m, 잣나무 잎떨림병과 혼재 발생), 2003년 6월 5일, 이승규(HKFRI 2783); 경기도 포천군 광릉, 2001년 5월, 이승규(HKFRI 1540); 전라북도 무주군 덕유산 입구 약수터 부근, 2002년 4월 26일, 이승규(HKFRI 1823). *C. neocacaliae*와의 형태적 비교를 위하여 사용된 국내 기록종인 잣나무 잎녹병균 *C. eupatorii*의 건조 표본은 다음과 같다. 경기도 포천군, 1970년 6월

13일, 김종원(HKFRI 663), 경기도 포천군 생산기술연구소 광릉시험림 48임반, 1972년 5월 4일, 박원범(HKFRI 2216, 2150).

**종의 동정에 사용된 형태적 형질과 처리방법.** 종의 동정에 사용된 형태적 형질은 녹병정자기(spermogonia)의 폭과 색, 녹포자기(aecia)의 색과 크기, 호막세포(peridial cells)의 크기와 모양, 녹포자(aeciospores)의 크기, 모양 및 색 등이었다. 녹포자세대의 형태학적 특징의 조사를 위하여 건조표본으로부터 녹포자와 호막세포를 소량을 핀셋으로 취하고 락토페놀(lacto-phenol)으로 마운팅한 카바글라스를 덮고 열을 가한 후 광학현미경(Leica DM 5500, Germany)으로 관찰하였다. 주사형 전자현미경(S-3000N Shimatsu, Japan)으로는 호막세포와 녹포자의 표면구조, 특히 녹포자의 경우 돌기의 모양, 크기 및 수/100 μm<sup>2</sup> 등을 조사하였다. 주사형 전자현미경을 이용한 녹포자세대의 형태적 특징의 관찰과 조사를 위하여 호막세포와 녹포자를 시료 홀더 위에 부착된 양면테이프 위에 흘뿌리고, sputter coater(SC7620, 영국)로 gold/palladium 코팅한 후 15-20 kv로 관찰하였다. 조사된 형태적 특징은 Kaneko (1981)와 Hiratsuka 등(1992)의 연구결과와 비교하여 종을 동정하였다.



**Fig. 1.** *Coleosporium neocacaliae* on the needles of *Pinus koraiensis* in Korea. **A:** naturally infected needles, **B:** spermogonia (arrow) and aecia, **C:** peridial cells in light microscopy (×200), **D-F:** peridial cells in scanning electron microscopy, **E:** coralloid projections [type CP, Lee and Kakishima (1999b)] on the inner wall, **F:** densely echinulate to spinulose projections [type DE, Lee and Kakishima (1999b)] on the outer walls, **G:** aeciospores in light microscopy. **H-I:** aeciospore surface ornamentation in scanning electron microscopy. **H:** annulated verrucae [type SA, Lee and Kakishima (1999a)] with root-like base, **I:** flattened or/and slightly sinuate apex of verrucae.

**녹포자세대의 형태학적 특징.** 녹병정자기(spermgonia, Fig. 1-B)는 type 2이며, 침엽의 양면 외피세포 밑에 형성되고 길이는 0.5-1.8 mm 정도로서 다소 둥근 원반형이고 길이 방향으로 열개되는데, 형성 초기에는 노란색-오렌지색을 띠다가 점차 갈색-짙은 갈색으로 변한다. 흰색-미색을 띠는 녹포자기(aecia, Fig. 1A, B)는 침엽의 양면에 단독으로 돌출하면서 형성되는데, 드물게 2개가 가까이 붙어 있기도 하며, 정단부는 편평하나 양끝은 다소 부드럽게 둥글다. 녹포자기의 길이는 0.5-2.4 mm 정도로서 정단 부위가 불규칙하게 열개되는데 아래쪽으로 다소 갈라진다. 호막세포(peridial cells, Fig. 1C, D, E, F)는 흰색을 띠며, 크기는 35-69×21-39  $\mu\text{m}$  정도이고, 타원형-도란형이며, 약간 중첩되어 있다. 호막세포의 표면구조는 광학현미경으로는 사마귀형 돌기가 밀생하게 보이나 주사형 전자현미경으로 관찰하면 내벽(inner wall)은 type CP(coralloid projections, Lee와 Kakishima(1999b))이며, 외벽(outer wall)은 type DE(densely echinulate to spinulate, Lee와 Kakishima(1999b))의 표면구조를 갖고 있다. 녹포자(aeciospores, Fig. 1G)는 둥근 타원형-도란형이며, 크기는 20-39×14-27  $\mu\text{m}$ 이다. 녹포자의 표면구조는 광학현미경으로는 사마귀형 돌기로 관찰되나, 주사전자현미경으로 관찰하면 3-4개의 윤문(ring)을 가지면서 돌기의 아래에 뿌리 모양의 가지가 있는 환상형 돌기모양(type SA(small annulate), Lee와 Kakishima(1999a))이며, type SA보다는 약간 크다. 이 환상형 돌기의 정단부는 편평하거나 다소 물결 모양(slightly sinuate to crenate)이다(Fig. 1H, I). 녹포자의 표면돌기의 크기는 0.7-2.1×1.0-2.6  $\mu\text{m}$ 이며, 돌기의 수는 10×10  $\mu\text{m}$ 에 26-51개이다. 우리나라에서 잣나무를 녹포자세대의 기주로 하는 *Coleosporium*속 녹병균의 검색 key는 다음과 같다.

- 녹포자는 상대적으로 크고 크기는 20-39×14-27  $\mu\text{m}$ 의 범위 내에 있다.

..... *Coleosporium neocacaliae*

- 녹포자는 상대적으로 작고 크기는 15-27×10-20  $\mu\text{m}$ 의 범위 내에 있다.

..... *C. eupatorii*

잣나무의 침엽에서 녹포자세대를 형성하는 *C. neocacaliae*는 본 연구를 통해 우리나라에서 처음으로 보고하는 종이며, 외국에서는 최초로 Saho(1966)가 보고하였고, 이후 Hiratsuka(1970), Azbukina(1974) 등에 의해 보고된 바 있다. 일본에서 *Cacalia*속 식물에 발생하는 *Coleosporium*속 녹병균은 *C. cacaliae*로 보고되어 왔으나(Hiratsuka, 1944; Ito, 1938), Saho(1966)는 유럽의 *C. cacaliae*의 녹포자세대의 기주가 소나무아속(subgenus *Diploxylon*)에 한정되

어 있으나, 동아시아에 분포하는 *cacaliae*는 잣나무아속(subgenus *Haploxylon*)으로 기주의 범위가 다르다는 점과 여름포자(urediniospore)의 표면을 구성하는 돌기의 크기와 10×10  $\mu\text{m}$  당 돌기의 수에서 두 지역의 *C. cacaliae*에 차이가 확실히 구분되는 점을 들어 동아시아의 *C. cacaliae*종을 유럽과 구분하기 위하여 동아시아 분포종을 *C. neocacaliae*으로 명명하였다.

우리나라에서 잣나무 잎녹병을 일으키는 *Coleosporium*속 녹병균 중에서 *C. neocacaliae*와 우리나라에 유일하게 보고되어 있었던 *C. eupatorii*의 가장 큰 형태학적 차이는 녹포자의 크기이며, *C. neocacaliae*의 녹포자는 20-39×14-27  $\mu\text{m}$ 이며, *C. eupatorii*의 녹포자는 15-24×10-20  $\mu\text{m}$ 이다(Table 1). 광학현미경에 의한 호막세포의 표면구조는 “verrucose(Kaneko, 1981; Hiratsuka 등, 1992)”로 기재되어 있으나, 주사형 전자현미경의 관찰결과, 내벽(inner wall)의 표면구조는 불규칙한 형태의 type CP(coralloid projections, Lee와 Kakishima(1999b))이었으며, 외벽(outer wall)의 표면구조는 type DE(densely echinulate to spinulate, Lee와 Kakishima(1999b))이었다(Fig. 1 D-F). 또한 광학현미경 관찰에 의한 녹포자의 표면구조에 대하여 Kaneko(1981)와 Hiratsuka 등(1992)은 “verrucose”로 보고하였으나, 본 연구에서 주사현미경에 의한 조사 결과, 3-4개의 고리(annulated rings)가 있는 환문형 돌기(0.7-2.1×1.0-2.6  $\mu\text{m}$ )로 밝혀졌다(Fig. 1H, I). 이 표면돌기들은 Lee와 Kakishima(1999a)가 *Gymnosporangium*속 녹병균에서 보고한 type SA(small annulated, 높이 0.5-1.0  $\mu\text{m}$ )와는 형태적으로 유사하나 크기에 차이가 있었다.

본 연구에서는 중간기주에 형성되는 여름포자, 겨울포자 및 담자포자에 대한 형태학적 형질 및 특징에 대한 검토를 수행하지 않고 녹포자세대의 형태적 특징만으로 종을 동정하였으나, 추후 접종실험을 통한 중간기주의 구멍 및 여름포자와 겨울포자의 형태적 특징에 대한 조사가 필요하다.

**발생과 분포.** 이 녹병은 주로 15년생 이하의 어린 나무에서 발생하고 있으며, 이 녹병만의 단독 감염에 의하여 나무가 고사하지는 않으나, 심하게 발생하거나 강원도 평창군의 해발 1,000 m 지역에서와 같이 잎떨림병과 혼재하여 발생할 경우 나무의 생장에 영향을 미칠 수 있을 것으로 판단된다. 표본의 채집 날짜와 장소로 볼 때, 우리나라에서의 *C. neocacaliae*의 녹포자세대는 경기도, 전라북도, 강원도 등의 한반도 중부지역에 광범위하게 분포하면서 해발 약 1,000 m(평창군 진부면 막동리 산 131, 평창국유림관리사업소 관할 131임반)내외의 고산지역에서도 발생하고 있으며, 녹포자세대의 출현 시기는 4월 중순부터 6월 초순까지이었다.

**Table 1.** Comparison of morphological characteristics of the present rust fungus with other *Coleosporium* species on *Pinus koraiensis*

Morphological character	Present study	Kaneko (1981) and Hiratsuka <i>et al.</i> (1992)	
		<i>C. neocacaliae</i>	<i>C. eupatorii</i>
Host	<i>P. koraiensis</i>	<i>P. koraiensis</i> <i>P. cembra</i> <i>P. griffithii</i> <i>P. monticola</i> <i>P. peuce</i> <i>P. strobus</i>	<i>P. koraiensis</i> <i>P. cembra</i> <i>P. griffithii</i> <i>P. monticola</i> <i>P. parviflora</i> var. <i>pentaphylla</i> <i>P. peuce</i> <i>P. strobus</i>
Spermogonia - length (mm)	1.3 (0.5-1.8)	0.5-1.5	0.6-0.8
Aecia - width (mm)	1.3 (0.5-2.4)	1-1.5	0.5-2
Peridial Cells			
- Shape	ellipsoid to obovoid	ellipsoid or ovoid	ellipsoid or ovoid
- Size (μm)	35-69 × 21-39	43-67 × 23-35	35-62 × 25-32
- Surface structure			
· in light microscopy <sup>a</sup>	IW and OW: densely verrucose	IW: densely verrucose OW: verrucose with striae	IW: closely verrucose OW: closely verrucose
· in scanning electron microscopy <sup>b</sup>	IW: irregularly coralloid projections (type CP) OW: densely echinulate to spinulate (type DE)	-	-
Aeciospore			
- Shape	(broad) ellipsoid, or obovoid	ellipsoid or obovoid	ellipsoid
- Size (μm)	20-39 × 14-27	20-40 × 16-30	18-26 × 12-22
- Surface structure			
· in light microscopy	verrucose	verrucose	verrucose
· in scanning electron microscopy <sup>c</sup>	annulated with three to four rings (type SA)	-	-
· number of verrucae/100 μm <sup>2</sup>	26-51	18-40	35-40
· size of verrucae (μm)	0.7-2.1 × 1.0-2.6	0.8-2.2 × 1.0-3.2	0.5-2 × 0.5-2

<sup>a</sup> and <sup>b</sup> IW: inner wall, OW: outer wall, -: not recorded, <sup>b</sup> and <sup>c</sup> type CP, type DE and type SA are based on Lee and Kakishima (1999a and 1999b).

## 요 약

국립산림과학원에서 표본실에 보관되어 있는 잣나무 잎 녹병 건조표본에 대하여 광학현미경과 주사형 전자현미경으로 녹병정자기와 녹포자의 형태 및 크기, 호막세포의 모양, 크기 및 표면구조, 녹포자의 모양, 크기 및 표면구조(돌기의 형태, 크기, 수/100 μm<sup>2</sup>) 등 녹포자세대의 분류형질에 대한 형태학적 특징을 조사하고 기존 연구결과와 비교한 결과, 9개의 건조표본이 국내 미기록 녹병균인 *Coleosporium neocacaliae*의 녹포자세대로 동정되었다. 우리나라에서 잣나무에서 유일하게 보고되어 있던 *C. eupatorii*와 형태적 특징을 비교하였을 때, 특히 녹포자의 크기에서 상대적으로 큰 차이를 보여 구분이 가능하였다. 기존

문헌에는 광학현미경 관찰에서 녹포자의 표면구조가 단순히 “verrucose”로 기재되어 있으나, 주사전자현미경으로 관찰한 결과, 사마귀형 돌기는 3-4개의 고리를 가진 환상형 돌기로 밝혀졌다. 우리나라에서 *C. neocacaliae*의 녹포자세대는 경기도, 전라북도, 강원도 등의 한반도 중부지역에 광범위하게 분포하면서 해발 약 1,000 m 내외의 고산지역에서도 발생하고 있었으며, 녹포자세대의 출현 시기는 4월 중순부터 6월 초순이었다.

## 참고문헌

Azbekina, Z. M. 1974. Rust fungi of the Soviet Far East. 527 pp. 한국식물병리학회. 2004. 한국식물병명목록 제 4판. 정행사, 서

- 을. 779 pp.
- Hiratsuka, N. 1944. Melampsoracearum Nipponicarum. *Tottori Agr. Coll.* 7: 91-273. (in Japanese).
- Hiratsuka, N. 1970. Additions and corrections to "A provisional list of Uredinales of Japan proper and the Ryukyu Islands." *Reports of the Tottori Mycological Institute* (Japan) 8: 45-51.
- Hiratsuka, N., Sato, S., Katsuya, K., Kakishima, M., Hiratsuka, Y., Kaneko, S., Ono, Y., Sato, T., Harada, Y., Hiratsuka, T. and Nakayama, K. 1992. The Rust Flora of Japan. Tsukuba Shuppankai, Tsukuba. 248 p.
- Ito, S. 1938. Mycological flora of Japan, 2(2) Basidiomycetes. Uredinales-Melampsoraceae. Tokyo. 249 pp. (in Japanese).
- Kaneko, S. 1981 The species of *Coleosporium*, the causes of pine needle rust in the Japanese Archipelago. *Reports of the Tottori Mycological Institute* (Japan) 19: 1-159.
- 이승규, 김경희, 이충규, 김동원, 황진현. 2004. 산초나무 잎녹병균의 중간 기주 및 형태학적 특징. *식물병연구* 10: 279-284.
- 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 *Roestelia* on *Sorbus* collected in China. *Mycoscience* 40: 437-440.
- Yun, H. Y., Kim, Y. H., Hong, S. G. and Lee, K. J. 2007. First description of *Coleosporium plectranthi* causing Perilla rust in Korea. *The Plant Pathology Journal* 23: 7-12.
- Saho, H. 1966. Notes on Japanese rust fungi II Contributions to the *Coleosporium* needle rusts of five-needle pines. *Trans. Mycol. Soc. Japan.* VII(2,3): 58-72.
- Sinclair, W. A. and Lyon, H. H. 2005. Diseases of trees and shrubs. 2nd ed. Cornell University Press. Ithaca and London. 659 pp.