

*Cenangium ferruginosum*에 의한 소나무류 피목가지마름병

김명주^{1*} · 김경희²

¹한국산디연구소, ²국립산림과학원 산림병해충과

Cenangium Dieback Associated with *Cenangium ferruginosum*

Myoungju Kim^{1*} and Kyung-Hee Kim²

¹Korea Turfgrass Research Institute, Gyeonggi 463-840, Korea

²Div. of Forest Insect Pests and Diseases, Korea Forest Research Institute, Seoul 130-712, Korea

ABSTRACT

Cenangium ferruginosum was known as the causal agent of dieback of pines including *Pinus koraiensis* and *Pinus densiflora*. Since the first report of the disease in Korea in 1989, a group dying occurred in Seoul, Gyeonggi, Kangwon and Chungbuk in 2007 spring. Although *C. ferreginosum* was known as a weak pathogen or a parasite, this disease caused in stressed pine by drought, wounding, extremely cold weather or unusual warm winter.

In this study, we explained the features of cenangium dieback with the characteristics of pathogen to understand the trend of disease associated with the climatic change of the world. We collected pycnidia and apothecia from the diseased branches and stems of *P. koraiensis* and *P. densiflora* in Gyeonggi, Chungcheong and Gyeongsang province to characterization of pathogen. The fungal development on the diseased branches were observed and the isolates from pycnidia and apothecia were identified as *Cenangium ferruginosum* by their morphological characteristics and the molecular techniques.

Key words : *Cenangium ferruginosum*, *Cenangium* dieback, *Pinus koraiensis*

서 론

피목가지마름병은 자낭균인 *Cenangium*

*ferruginosum*에 의해 발생하는 병으로 북반구의 전 지역에서 소나무류, 몇몇 가문비나무류 및 전나무를 포함한 침엽수림에서 흔히 발

*Corresponding author. Tel : +82-31-781-6440

E-mail : solsia@hanmail.net

Received : Nov., 12, 2008, Revised : Nov., 18, 2009, Accepted : Dec., 1, 2009

생되는 병해로 알려져 있다. *C. ferruginosum* 는 환경적인 요인에 의해 수세가 약해진 나무에 병을 일으키는 2차 병원균으로 알려져 있으나(Lee 등, 1998). *C. ferruginosum*에 의한 심각한 피해 발생 사례가 이탈리아, 유고, 일본, 중국 등 외국에서도 다수 보고 되어 있으며, 우리나라에서는 1989년, 1998년, 2002년, 2007년 봄에 집단 고사하는 피해가 발생하였다. 집단 발생 경우에는 지속적으로 병이 발생하지는 않으며 아니고 가을철의 이상건조와 겨울철의 이상고온이 겹치는 해에 발생하였으며 이듬해 피해는 급격히 감소하는 경향을 나타내었다. 세계 각지에서 발생한 피목가지마름병의 환경요인에 대한 분석결과를 보면 건조하기 쉬운 토양, 뿌리발육 불량, 과밀한 임목 밀도, 급격한 온도변화로 인한 스트레스, 천염림보다는 인공림 등 다양한 환경적 요인과 관련된 것으로 나타났다(이, 2007; Lee 등, 1998). 병은 대체로 몇 년에 걸쳐 한 번씩 산발적으로 발생하고 있으나 해마다 피해가 발생하는 경우는 환경적 요인에 의해 스트레스가 심하기 때문으로 추정되고 있다(김 등, 2007). 본 논문에서는 기존에 내생균으로 알려져 있는 *C. ferruginosum*에 의한 피목가지마름병의 발생현황과 발병 및 병원균의 특

성을 소개함으로써 현재 전 세계적인 기후변화에 의한 새로운 병발생 동향을 이해하고 이에 대한 대처 방안의 필요성을 제시하고자 하였다.

발병 및 병원균의 특성

피목가지마름병 피해가 집단적으로 발생한 경우에는 가지의 병반이 줄기까지 확대되어 병환부가 줄기를 둘러싸게 되고 형성층이 죽으면서 나무의 윗부분이 죽게 된다. 이때 침엽이 약간 아래로 처진 모습은 재선충병과 비슷하나 피목가지 마름병의 표징으로 구분되며 침엽의 기부에서부터 잎 끝으로 갈변한다(Fig. 1)(Kobayashi 와 Mamiya, 1963; 김, 2007).

병징은 이른 봄의 병 발생 초기에는 수피에 뚜렷한 증상이 나타나지 않기 때문에 칼로 수피를 얇게 벗겨 보아야 피해를 확인 할 수 있다. 수피를 벗겨보면 병든 부위의 경계가 뚜렷하고 검은 점으로 보이는 돌기(병원균의 미숙한 자실체)가 다수 형성되어 있는 것을 확인할 수 있다(Fig. 2). 겨울철에는 표징이 밖으로 나타나지 않아 구분이 어려우나 5월 경부터 죽은 가지 및 줄기의 수피를 뚫고 갈색 또는 검은색의 돌기[병원균의 미성숙 자낭반 (apothecium) 또는 분생포자각(pycnidium)]



Fig. 1. Occurrence of cenangium dieback. Mass mortality in Jincheon and the dead branches on the infected tree. (photos by Korea Forest Research Institute).



Fig. 2. The symptom of *Cenangium* twig blight. The stem with a distinct margin (left) and immature pycnidia when the bark was peeled (right)(photos by Korea Forest Research Institute).

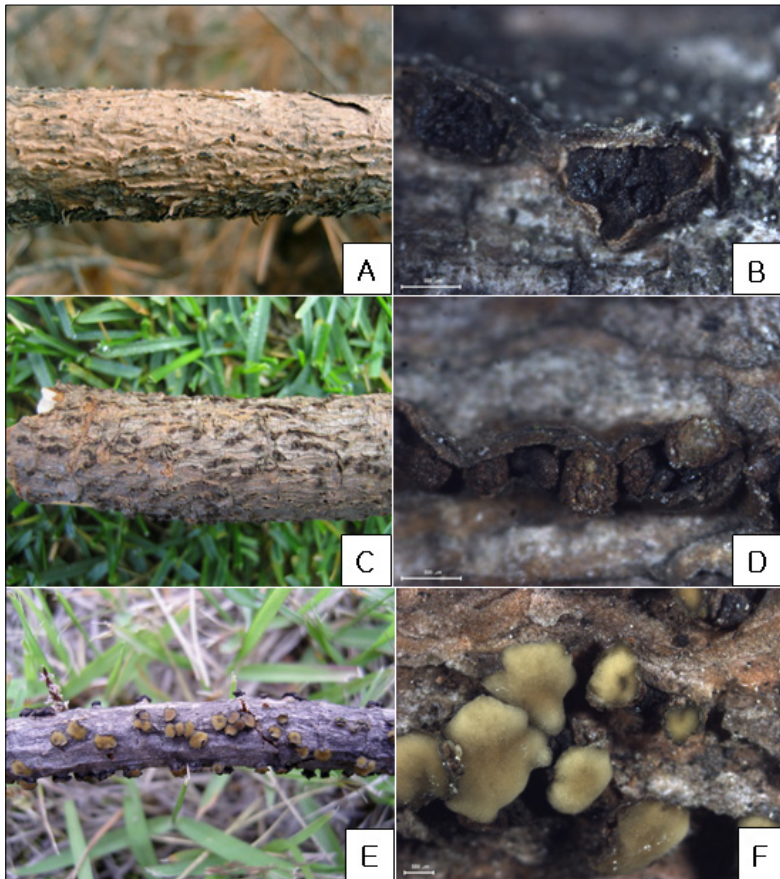


Fig 3. Development of *C. ferruginosum* structures on diseased branches of *P. koraiensis*. A and B, pycnidia; C and D, pycnidia and immature apothecia; E and F, mature apothecia.. B, D and F observed by stereoscopic microscope.

가 무리 지어 외부로 노출되어 육안으로도 병을 확인할 수 있다. 시간이 경과 하면 자낭반은 성숙하여 1-2 mm 정도로 성장하고 비가 오거나 습한 날씨에는 2-5 mm 정도로 커지면서 컵이나 접시모양으로 벌어지게 된다. 자낭반은 건조한 조건에서 갈색의 구형을 이루고 있으나 습기를 함유하면 옅은 노란색이나 미색의 내부를 드러낸다(Fig. 3). 이 시기에 자낭포자가 비산하여 주변의 나무를 감염시킨다.(김 등, 2007;Kobayashi와 Mamiya, 1963).

병원균의 특성을 조사하기 위해 서울, 경기, 강원과 충청지역으로부터 피해가지를 수집하여 병원균을 분리하였으며 이들의 ribosomal DNA의 ITS영역의 염기서열을 분석한 결과 *Cenangium ferruginosum*과 일치하는 것으

로 확인하였다(Seo 등, 2008). 또한 2007년 봄에 중부지역을 중심으로 발생한 잣나무 피해특징을 조사하던 중 잣나무에서는 병원균의 자낭포자 외에 지금까지 보고되지 않았던 무성세대의 분생포자(conidia)가 관찰되었고 이로 부터 균을 분리하여 형태적 특성과 유전적 분석한 결과 *C. ferruginosum*임을 확인 하여 학회에 보고하였다(Seo 등, 2008).

병원균의 배양상의 생육 특징을 살펴보면 PDA(potato dextrose agar) 배지에서 균사생장이 가장 왕성하고, 10°C와 pH 5.0에서 최적의 균사생장을 보이는 저온성 균이며 약산성 조건을 선호하는 것으로 조사되었다(Fig. 4). 그러나 자낭포자의 발아는 25°C의 100% RH (relative humidity, 상대습도) 조건에서

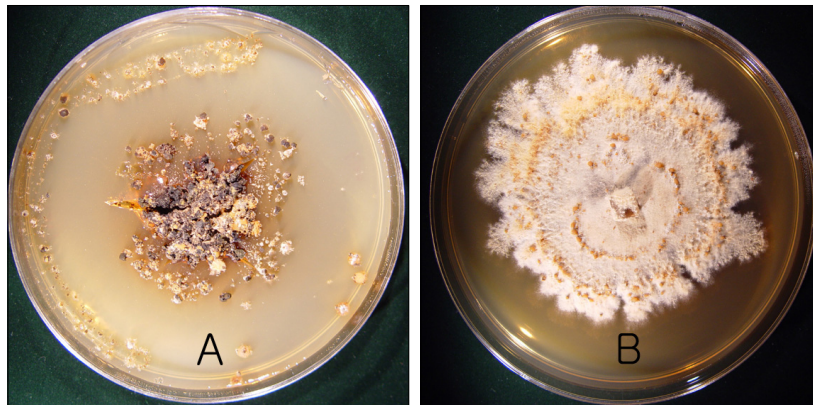


Fig. 4. The fungal isolates from the diseased pine trees. A and B isolated from apothecium and pycnidium on *P. koraiensis*, respectively.

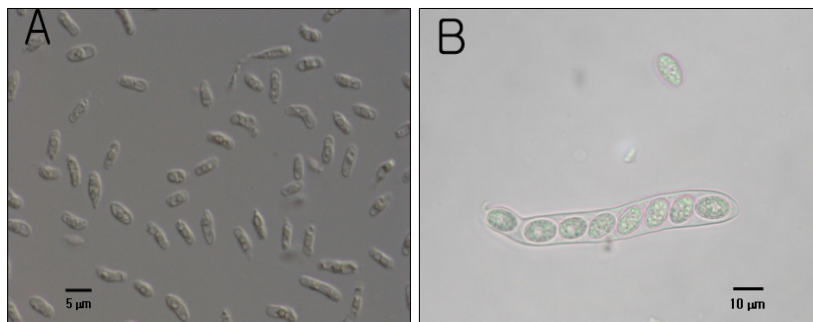


Fig. 5. Spores of *Cenangium ferruginosum*. A: conidia, B: Ascospore.

가장 활발한 것으로 나타났다(Lee 등, 1998; Jung 등, 2001). 현미경을 통해 관찰한 분생 포자의 형태는 막대모양을 하고 있으며 그 사이즈는 $3.8-7.9 \times 1.6-3.1\mu\text{m}$ 이다. 자낭반에 형성된 자낭은 보통 곤봉모양으로 무색이고 자낭 안에 8개의 자낭포자가 1열로 배열되어 있으며 그 크기는 $12-14 \times 5-6\mu\text{m}$ 이다(Fig. 5). *C. ferruginosum*의 유·무성 세대 간의 연관 관계 및 병리학적 측면에서의 무성세대의 역할에 관해서는 앞으로 연구가 이루어져야 할 부분이다.

병원균의 병환 (disease cycle)

병원균의 감염은 *C. ferruginosum*의 자낭포자(ascospore)에 의해 여름부터 이른 가을에 이루어지는 것으로 알려져 있다. 습한 날씨 동안 병원균의 포자가 퍼져나가게 되고 나무의 침엽, 특히 수피의 상처부위에 닿아 발아가 진행되는 것으로 예상되나 정확한 초기 감염 경로는 아직 까지 밝혀지지 않았다. 병원균이 침엽에 월동 및 잠복하고 있다가 여러 가지 요인에 의해 나무가 쇠약해지거나 노화되면 급속히 활동을 시작하면서 자실체(fruit body)를 고사된 가지 및 줄기에 형성시키는 생활사를 갖는 것으로 추정되고 있다(Sinclair와 Lyon, 2005; Sinclair와 Hudler, 1980).

피목가지마름병 발생은 4-5월경에 나타나고, 피해가지 및 줄기에서의 자낭반(apothecium) 성숙은 5-7월에 이루어지며 주로 장마철이 병원균의 이동시기이다. 6-8월 중 자낭포자의 비산이 완료되는 것으로 조사되었다. 일반적으로는 성숙한 나무 아래쪽으로 해가 잘 들지 않아 쇠약해진 가지를 고사시키는 피해를 주며 균의 침입은 여름과 초가을 사이에 이루어진다. 이렇게 기능을 상실한 일부 가지를 죽게 함으로써 나무 스스로 성장을 조절 하는 역할을 하게 되는 것이다. 그러나 때때로 가뭄이나

동해, 또는 겨울철의 이상고온, 나무가 상처를 입는 등의 환경적 요인에 의해 수세가 약해진 나무의 가지 및 줄기로 병원균이 이동하여 나무 전체를 죽이는 피해가 발생하기도 한다(김 등, 2007).

발병생태 및 방제

피목가지마름병균은 건강한 침엽에 내생균(内生菌, endophytic fungus)으로 존재한다는 보고가 많으며. 한국에서도 소나무, 곰솔, 잣 나무의 건전 침엽에서 본 병원균이 다수 분리되어 내생균으로 존재하는 것으로 확인되었다(Lee 등, 1998). 내생균류는 식물체 내부에 존재하면서 식물에 해를 주지 않는 균으로 정의되며, 거의 대부분의 식물은 내생균류와 상리공생(相利共生, mutualistic symbiosis)하고 있다고 알려져 있다. 병원균인 *C. ferruginosum*이 소나무류의 건강한 나무의 침엽내부에 존재한다는 것은 이 균에 의한 수목의 집단고사의 원인을 이해하고 연구하는데 있어 중요한 실마리를 제공하고 있다. 이러한 사실을 바탕으로 *C. ferruginosum*은 평소에는 병을 일으키지 않고 건강한 나무에 내생균으로서 침엽에 기생하지만 환경적 요인에 의하여 수세가 약해지면 침엽으로부터 가지 및 줄기 쪽으로 균사가 확산되어 나무를 죽이게 되는 것으로 추정할 수 있다.(Karadžić와 Milijašević, 2008; 이, 2007; 김 등, 2007).

방제를 위해서는 식재밀도를 적절히 유지해주고, 감염은 주로 장마철에 포자가 비산하여 퍼져나가게 되므로 장마시기 전에 병 발생예찰을 통하여 고사한 나무와 병든 나무 가지를 잘라 태워 전염원을 제거해야 한다(김 등, 2007). 병든 나무 및 가지의 제거와 더불어 coper lime 25 또는 베노밀수화제의 살포 후 더 이상 잔존목의 고사진행이 감소되었다는 보고가 있다(Karadžić와 Milijašević, 2008).

병이 발생하지 않은 곳에서는 죽은 가지제거 등 무육 및 간벌을 주기적으로 실시하여 나무가 건전하게 자랄 수 있도록 하고, 이상기온이 나타났을 경우에는 특히 수목관리에 유의해야 한다. 조경용 소나무류의 경우 배수 및 비배관리를 철저히 실시하여 나무의 세력을 강건하게 유지시켜주도록 한다(김 등, 2007;이, 2007). 피목가지마름병은 병원성이 약한 내생균으로 알려져 있지만 이상기후현상에 의해 어느 특정 해에 피해발생이 심하게 나타나는 것으로 판단되며 현재 급속히 진행되고 있는 기상변화는 소나무류 및 잣나무류가 병원성이 매우 약한 *C. ferruginosum*에 의해 지속적으로 피해를 당할 것으로 예상된다. 따라서 과거 피해지에 대한 병 발생 요인분석과 함께 이를 바탕으로 한 피해발생 가능지역의 예측 할 수 있는 방법 개발과 함께 병원균의 생리 생태에 관한 연구를 통해 피목가지마름병 피해를 감소시킬 수 있는 대책이 마련되어야 할 것이다.

요 약

Cenangium ferruginosum 은 소나무류의 피목가지마름병의 원인균으로 알려져 있다. 한국에서 이 병은 1989년 처음 보고가 된 이래 2007년 봄 서울, 경기, 강원과 충북지역에서 대발생하였다. 병원균인 *C. ferruginosum*은 병원성이 약한 내생균으로 알려져 있으나 나무가 상처나 가뭄, 극심한 추위나 온난한 겨울 기후 등으로 인한 스트레스를 받게 되면 병 발생을 유발하게 된다.

본 연구에서는 기후변화에 따른 병 발생 동향을 이해하고자 국·내외 피목가지마름병 발생 현황 및 병원균의 특성을 설명하였다. 또한 경기, 충청, 경상지역의 발병한 잣나무 및 소나무의 병든 가지를 수집하여 병원균의 발달

과정을 관찰하였으며, 병원균을 분리하여 이들의 형태학적인 특성과 분자수준에서의 특성을 분석한 결과 *C. ferruginosum* 임을 확인할 수 있었다.

주요어 : 피목가지마름병, 소나무, *Cenangium ferruginosum*

참고문헌

1. 김경희. 2007. 잣나무의 죽음과 병해진단 요령. 산림과학정보. 190호. p22-23.
2. 김경희, 서상태, 오은성, 이상현, 이승규, 신상철. 2007. Diseases of conifers in Korea. 국립산림과학원 .p63-68.
3. 이승규. 2007. 피목가지마름병의 이해. 산림과학정보. 195호. p.22-23.
4. Jung, Joo Hae. Sang Yong Lee, and Jong Kyu Lee. 2001. Comparison of *Cenangium* dieback fungus isolated from three different species of pine. Plant Pathol. J. 17(4):216-221.
5. Karadžić, D. and Milijašević T. 2008. The most important parasitic and saprophytic fungi in Austrian pine and Scots pine plantations in Serbia. Bulletin of faculty of forestry. 97:147-170.
6. Seo, Sang-Tae, Kyung-Hee Kim, Myoung-Ju Kim, Sang-Hyun Lee, Eunsugn Oh, and Sang-Chul Shin. 2008. *Cenangium ferruginosum* associated with *Cenangium* dieback diseases of *Pinus koraiensis* in Korea. Proceedings of International Symposium on Conservation of

- Korean Pine. p.119-124.
7. Lee, Sang Yong, Joo Hae Jung, and Jong Kyu Lee. 1998. Cultural characteristics and pathogenicity test of a die-back fungus, *cenangium ferruginosum* isolated from *Pinus koraiensis*. Jour. Korean For. Soc. 87(4):557-556.
 8. Sinclair, W. A. and Hudler, G. W. 1980. Tree and shrub pathogens new or noteworthy in NewYorkState. *PlantDis.* 64:590-592.
 9. Kobayash, Takao and Yasuharu Mamiya. 1963. A cenangium causing dieback of Japanese pines. Research report of Government forest experiment states. Tokyo.Japan.
 10. Sinclair, Wayne and Howard H. Lyon. 2005. Diseases of trees and shrubs. Cornell University Press. p.210-211.

