

소나무와 잣나무 원목에서 변재변색 발생*1

김규혁*2† · 김재진*3 · 나종범*4

Development of Fungal Sapstain in Logs of Japanese Red Pine and Korean Pine*1

Gyu-Hyeok Kim*2 · Jae-Jin Kim*3 · Jong-Bum Ra*4

요 약

본 연구는 동절기(1월 중순)에 벌채된 후 목재집하장으로 운반되어 야적장에 저목 중인 소나무와 잣나무 원목을 대상으로 변재변색의 발생시기와 변색 특성을 조사하기 위하여 수행되었다. 벌채 후 3, 4, 5, 6, 8개월 경과시 변색 평가를 실시하였는데, 매 평가시 원목 3개를 임의로 선정하여 원목당 수축방향에 대해 일정 간격으로 7~9개의 두께 3 cm 원판을 채취하여 변색 원인균을 분리한 후 변재변색의 방사방향 최대 침투깊이와 % 변색율을 측정하였다. 변재변색은 전적으로 층형변색이었으며, 주요 변색원인균인 *Ophiostomatoid* 균을 매개하는 수피천공충은 소나무종으로 확인되었다. 소나무와 잣나무 원목은 5월 이전까지는 변재변색의 위험없이 저목할 수 있으나 5월 이후부터는 원목의 변재변색이 급속하게 증가하였다. 변색의 정도는 소나무보다 잣나무에서 심하였으며, 장마철 저목 중에 소나무 원목에서 개떡버섯과 치마버섯의 자실체를 다수 관찰할 수 있었다. 본 연구를 통해 밝혀진 결과들은 앞으로 동절기에 벌채되어 저목 중인 소나무와 잣나무 원목에 발생하는 변재변색을 예방하기 위한 제반 조치를 취하는데 매우 중요한 자료로 사용될 것이다.

ABSTRACT

This study was conducted to investigate the influence of storage time on the sapstain development of Japanese red pine and Korean pine logs during storage in log yard, and their stain characteristics.

*1 접수 2001년 11월 13일, 채택 2001년 12월 28일

본 연구는 농림기술개발연구비의 지원으로 수행되었음.

*2 고려대학교 환경생태공학부, Division of Environmental Science and Ecological Engineering, Korea University, Seoul 136-701, Korea

*3 Department of Wood Science, University of British Columbia, Vancouver, B.C. Canada V6T 1Z4

*4 진주산업대학교 임산공학과, Department of Forest Products Engineering, Chinju National University, Chinju 660-758, Korea

† 주저자(corresponding author) : Gyu-Hyeok Kim (e-mail: lovewood@korea.ac.kr)

Japanese red pine and Korean pine trees were harvested and cut into logs in mid January of 2001. These logs were transported to the two local sawmills where they were closely stacked in remote parts of log yard. The logs were then sampled destructively by cutting seven to nine 3-cm long discs along the length of each log at intervals of 3, 4, 5, 6, and 8 month after felling. The stain coverage and maximal radial penetration of stain were measured from the discs of the sampled logs after the isolation of causal staining fungi. The sapstain was primarily infested by the attack of bark beetles and the species of bark beetle was identified as *Tomicus piniperda*. The main fungal species isolated from stained wood was *Ophiostoma* species. Based on the present study, the logs could be stored in log yard until May without stain; but stain development was rapid after May and the severity of stain increased proportionally with storage time. Korean pine was more susceptible to fungal stain than Japanese red pine. During summer storage, decay started to develop in logs and the main species were identified as *Tyromyces* sp. and *Schizophyllum commune*. Information provided in this paper would be very useful to develop more effective control strategies for sapstain prevention in Japanese red pine and Korean pine logs.

Keywords: sapstain, Japanese red pine, Korean pine, log storage, Ophiostomatoid fungi, bark beetle

1. 서 론

목재의 변색은 변색 원인균의 종류에 따라 표면오염(surface mold)과 변재변색(sapstain) 또는 청변(bluestain)으로 구분된다. 전자는 변색된 목재 표면을 가볍게 닦아주거나 얇게 대패질 해줌에 의해 쉽게 제거할 수 있어 크게 문제가 안되나 변색이 목재 내로 깊게 침투하는 후자의 경우는 목재의 가치를 심각하게 감소시키기 때문에 반드시 예방되어야 한다. 현재 국내에서 사용되고 있는 주요 침엽수인 소나무와 잣나무 제재목의 변재변색은 제재 후에 발생하는 것보다는 대부분 원목상태에서 발생한 변색에 연유한다. 따라서 무변색의 고부가 제재목을 생산하기 위해서는 원목 상태에서 발생하는 변재변색을 예방하여야 한다. 소나무와 잣나무 원목은 주로 동절기에 벌채된 후 지역 산림조합 목재집하장이나 제재소로 운반되어 저목되다가 수요가 있을 때마다 제재되어 판매되는데, 대기 온도가 변색 원인균의 생육에 적합한 늦봄 이후까지 원목이 저목되면서 변색 피해가 심각해진다고 한다.

본 연구는 동절기에 벌채된 소나무와 잣나무 원목을 별도의 보호조치 없이 무변색 상태로 저목 가능한 기간과 원목의 제반 변색 특성을 조사하기 위하여 수행되었다. 본 연구를 통해 구명된 원목 변색의 원인은

향후 원목의 변색 예방을 위한 중요한 기초자료가 될 것이다.

2. 재료 및 방법

2.1. 공시원목

2001년 1월 초순부터 중순에 걸쳐 강원도 태백 및 삼척 일원에서 벌채된 후 경상북도 봉화 산림조합 목재집하장으로 운반된 소나무(*Pinus densiflora* Sieb. et Zucc.) 원목과 경기도 가평 일원에서 벌채되어 가평 산림조합 목재집하장으로 운반된 잣나무(*Pinus koraiensis* Sieb. et Zucc.) 원목을 수종별로 15개씩 임의로 선정하여 공시원목으로 사용하였다. 공시원목의 직경은 15~20 cm, 길이는 180(잣나무)~270 cm(소나무)이었으며, 수피가 부분적으로 벗겨진 상태였다. Table 1은 공시원목의 수령, 벌채일자, 집하장 도착일자, 변색정도 평가일자를 보여준다.

2.2. 공시원목의 변색 평가

집하장의 원목 야적장 외곽에 저목된 상태로 2개월 정도 경과된 4월 중순부터 변색 평가를 실시하였다.

Table 1. Felling, storage, and sampling dates with tree age of test species.

Species	Tree age (years)	Felling date (date/month/year)	Storage date (date/month/year)	Sampling date (date/month/year)
Japanese red pine	36-53	3~12/01/01	20/02/01	1 (16/04/01)
				2 (16/05/01)
				3 (16/06/01)
				4 (16/07/01)
				5 (16/09/01)
Korean pine	14-23	15~20/01/01	12~16/02/01	1 (21/04/01)
				2 (21/05/01)
				3 (21/06/01)
				4 (21/07/01)

매 평가시 마다 원목 3개를 임의로 선정하여 원목의 양 목구면에서 20 cm 들어간 위치를 포함하여 원목 길이방향에 대해 약 30 cm 간격으로 7개(잣나무)-9개(소나무)의 두께 3 cm 원판을 채취하여 변재변색의 방사방향 최대 침투깊이와 % 변색율을 측정하였다.

변재변색의 방사방향 최대 침투깊이는 채취된 원판의 접선단면에서 수를 향한 변색의 끝 부분까지 직선 거리로 측정하였다. 그리고 % 변색율은 원판 횡단면 면적에 대한 변색 부분의 면적 비에 의해 결정하였는데, 면적은 image analysis system software인 Optimas 6.5를 이용하여 측정하였다.

2.3. 변재변색균의 분리 및 동정

원판의 횡단면에서 관찰되는 변색 끝 부분에서 채취된 소형 칩을 침엽수의 주요 변재변색균인 Ophiostomatoid fungi의 분리를 위한 선택배지인 streptomycin(100 ppm)과 cycloheximide(100 ppm)가 첨가된 2% malt extract agar(SCMEA) 배지에 올려놓고 배양하면서 변재변색균을 분리하였다(Seifert and Grylls, 1992; Harrington, 1981). 분리된 균은 petri dish상에서 균의 생육특성과 광학현미경을 이용하여 관찰한 자낭각(perithecia), 분생자병속(synnemata), 분생자병(conidiophores), 분생자형성 세포(phialides), 분생자(conidia) 등의 형태학적 특징에 의거하여 동정하였다.

Table 2. Stain development expressed as % stain coverage(SC), mean maximal radial penetration of stain(MRP) in discs of sampled logs.

Species	Inspection	SC(%)	MRP(mm)
Japanese red pine	2 (16/05/01)	1.4(0.4)	14.4(16.4)
	3 (16/06/01)	15.8(10.8)	51.1(20.5)
	4 (16/07/01)	93(6.9)	493(17.7)
	5 (16/09/01)	24.6(10.8)	68.5(10.4)
Korean pine	2 (21/05/01)	27.5(11.2)	29.3(6.7)
	3 (21/06/01)	48.7(11.2)	35.4(6.5)
	4 (21/07/01)	57.1(9.8)	43.2(7.6)

2.4. 변재변색균의 매개충 조사

매 평가시 수피천공충(bark beetle)과 생재가해충류의 가해여부를 조사하였으며, 가능한 이들의 성충 포획을 시도하였다.

3. 결과 및 고찰

4월 중순에 실시된 1차 평가에서는 두 수종 원목에서 모두 변색의 흔적을 전혀 발견할 수 없었으나 5월 중순의 2차 평가부터 변색 발생을 확인할 수 있었다. 잣나무 원목은 변색이 비교적 심하였으나 소나무 원목의 변색은 이때까지는 심하지 않았다(Table 2). Table 3에서 볼 수 있듯이 4월과 5월의 온도, 상대습

Table 3. Monthly weather conditions at test sites in 2001.*¹

Month	Site 1 (Bongwha)			Site 2 (Gapyoung)		
	Temp. (°C)	RH (%)	Precip. (mm)	Temp. (°C)	RH (%)	Precip. (mm)
Mar.	4.0(-5.1, 11.2) ²	51.0(37.9, 70.1)	13.2	4.2(-3.2, 11.4)	57.9(40.5, 85.1)	10.2
Apr.	12.1(6.1, 16.8)	45.1(26.6, 65.1)	18.0	12.6(5.7, 19.8)	51.7(39.8, 77.5)	16.0
May	17.9(11.8, 21.2)	56.0(30.1, 88.4)	15.0	18.7(14.6, 22.6)	60.2(50.4, 74.8)	14.5
Jun.	21.3(17.4, 24.2)	69.9(39.5, 92.5)	258.0	22.5(18.7, 26.1)	70.5(51.9, 91.5)	170.0

¹ Data were provided by Korea Meteorological Administration.

² Values are means of each month; average monthly maxima and minima are in parentheses.

도, 강우량이 두 지역, 즉 경상북도 봉화와 경기도 가평간에 큰 차이가 없었기 때문에 5월 중순 평가시 두 수종간에 초기 변색 발생 정도가 상이한 것은 기상조건의 차이 때문이 아니라 두 수종간의 변색 예민도 차이에 기인한다고 사료된다. 이상의 결과에 의하면 소나무 원목은 최대로 5월 중순까지는 변재변색의 큰 위험없이 저목할 수 있으나 잣나무 원목은 5월 이전에 제재를 하지 않으면 원목의 변색이 문제가 됨을 알 수 있었다.

6월 중순 평가부터는 소나무 원목에서 변색의 방사방향 침투는 잣나무 원목에서보다 깊는데도 불구하고 % 변색율은 낮았는데, 이는 두 수종간에 변재부 두께와 변색 형태가 상이하기 때문이다. 변색의 방사방향 침투깊이는 시간의 경과하면서 최종적으로 변재와 심재의 경계까지 도달하는데, 소나무가 잣나무에 비하여 변재부 두께가 두껍기 때문에 변색이 많이 진행된 6월 중순 평가부터는 % 변색율에 관계없이 변색의 방사방향 침투가 깊어지게 된다. 또한 변색의 침투깊이가 깊은 소나무의 % 변색율이 잣나무보다 낮은 이유는 Fig. 1에서 볼 수 있듯이 소나무의 경우는 변색이 원판에서 부분적으로 발생하나 잣나무의 경우는 변색이 원판 전면에 걸쳐 발생하기 때문이다. 두 수종간의 이러한 변색 형태 차이는 Yang(2000)의 보고와 마찬가지로 변재변색균의 종류에 따른 접선방향과 방사방향 성장속도 차이에 기인한다고 사료된다. 즉 잣나무의 주요 변재변색균은 접선방향 생장이 매우 용이하게 진행되나 소나무의 주요 균은 접선방향 생장이 제한되기 때문이라 할 수 있다.

소나무와 잣나무 공히 원목의 변재변색은 중형변색

Fig. 1. Difference in sapstain pattern observed on disc of Japanese red pine (top) and Korean pine (bottom).

Fig. 2. Pine bark beetle (*Tomicus piniperda*).

으로 판정되었는데, 5월 중순 평가부터 수피 하부에서 수피천공충의 가해 흔적이 발견되었다. 그리고 7월 중순 평가에서는 수피천공충의 탈출공이 다수 관찰되었으며, 포획된 성충의 동정 결과 소나무와 잣나무의 충형변색을 야기하는 수피천공충은 소나무좀(*Tomicus piniperda*)으로 확인되었다(Fig. 2). Table 4는 평가시 채취된 원판 내부의 변색 끝 부분에서 채취된 소형 칩으로부터 분리된 변색원인균의 종류를 보여주는데, 변색의 주는 Ophiostomatoid fungi에 의한 변재변색이었다(Fig. 3). 원목에서 수피가 벗겨진 부분과 양 목구멍에서는 6월 중순 평가까지는 변색이 관찰되지 않았는데, 이는 대기의 온도가 변색원인균

인 표면오염균과 변재변색균의 생육 적정온도로 상승되기 전에 수피가 벗겨진 부분과 목구멍의 함수율이 섬유포화점 미만으로 건조되었기 때문이라 판단된다. 그러나 장마철에 접어들면서 강우에 의한 재젖음으로 이들 부분의 함수율이 상승하면서 변색이 발생되었는데, *Trichoderma*속과 *Penicillium*속에 의한 표면오염이 주를 이루었다. 일반적으로 생재 상태의 소나무와 잣나무 원목을 가해하는 생재가해충류로 하늘소와 왕바구미가 알려져 있는데, 9월 중순 평가시 소나무 원목에서 왕바구미(*Sipalinus gigas*) 성충이 포획되었다. 그리고 장마철인 7월 중순 평가에서는 소나무 원목의 표면에 수피를 뚫고 목재부후균인 개떡버섯(*Tyromyces* sp.)과 치마버섯(*Schizophyllum commune*)의 자실체가 다수 발생함을 관찰할 수 있었다.

동절기에 벌채된 소나무와 잣나무 원목을 충형변색의 피해없이 무변색 상태로 이용하려면 늦어도 4월말 이전에는 제재하여 이용하여야 할 것이다. 만일 이들 원목을 5월 이후까지 저목하려면 수피천공충의 산란을 예방할 수 있는 조치를 취해야만 변색을 예방할 수 있다. 충형변색을 예방하기 위한 최상의 방법은 수피천공충의 산란을 위해 필요한 수피를 이들의 산란시

Fig. 3. Sapstain fungi isolated from stained wood of Japanese red pine and Korean pine logs. A: *Cytospora* sp.(×400), B: *Graphium penicillioides*(×200), C: *Graphium putredinis*(×400), D: *Graphium* sp.(×200), E: *Leptographium lundbergii*(×400), and F: *Sporothrix* sp.(×400).

Table 4. Fungal species isolated from sampled logs

Species	Sapstain fungi	Mold fungi
Japanese red pine	<i>Leptographium lundbergii</i> , <i>Graphium putredinis</i> , <i>Sporothrix</i> sp.	<i>Alternaria alternata</i> , <i>Cladosporium resine</i> , <i>Penicillium</i> spp., <i>Trichoderma</i> spp.
Korean pine	<i>Leptographium lundbergii</i> , <i>Graphium penicillioides</i> , <i>Graphium</i> sp.(white mycelium), <i>Cytospora</i> sp.	<i>Alternaria alternata</i> , <i>Penicillium</i> spp., <i>Trichoderma</i> spp. unidentified fungi

기인 3월 하순~4월 상순(임업연구원, 1991) 이전에 제거하는 것이다. 수피를 제거한 후에 노출되는 원목 표면의 함수율이 섬유포화점 미만으로 떨어질 때까지는 목구형 변색의 발생 위험이 있기 때문에 반드시 적절한 방미처리가 수반되어야 한다. 그러나 현실적으로는 저목중인 원목의 수피 제거가 불가능하기 때문에 벌채 후 원목의 표면과 목구면에 적절한 방충제(예를 들어, 클로로피리포스)와 방미제의 혼합약제를 분무해주는 방법이 원목의 장기간 저목시 충형변색과 목구형 변색을 동시에 예방할 수 있는 최상의 방법이라 본다. 방미 또는 방충처리에 의한 원목가격의 상승 요인이 없지 않지만 변색 원목의 가격 하락을 고려할 때, 처리비용에 대한 부담은 그리 크지 않다고 할 수 있다.

4. 결 론

소나무 원목은 최대 5월 중순까지는 변재변색의 큰 위험없이 저목할 수 있으나 잣나무 원목은 5월 이전에 재제를 하지 않으면 원목의 변색이 문제가 됨을

알 수 있었다. 소나무와 잣나무 원목의 변재변색은 거의 전적으로 수피천공충인 소나무좀에 의해 매개되는 충형변색이었으며, 변재변색을 야기하는 주요 원인균은 Ophiostomatoid균이었다. 변색의 정도는 소나무보다 잣나무에서 훨씬 심하였으며, 장마철에 접어들면서 저목중에 소나무 원목에서 개떡버섯과 치마버섯의 자실체를 다수 관찰할 수 있었다.

참 고 문 헌

- Harrington, T. C. 1981. Cycloheximide sensitivity as a taxonomic character in *Ceratocystis*. *Mycologia* 72: 1123~1129.
- Seifert, K. A. and B. T. Grylls. 1992. A survey of the sapstaining fungi of Canada. Report of Forintek Canada Corp. Ottawa, Canada. 31 p.
- Yang, D.-Q. 2000. Staining ability of various sapstaining fungi on Jack pine short log sections. *Forest Products Journal* 51(2): 73~76.
- 산림청 임업연구원. 1991. 수목병해충도감. p. 424.