목재공학 32(2): 82~89, 2004
Mokchae Konghak 32(2): 82~89, 2004

산업 부산물을 이용하여 제조한 플루오르화합물계 목재 방미제의 특성(II)*1
- 분리 균주에 대한 목재 방미효력 및 야외 효력 평가 -

이 종 신*2†

Characteristics of Fluoride-based Anti-stain Chemicals Made from Industrial By-product (II)*1
-Fungicidal Effectiveness against Isolated Fungi Through Laboratory Evaluation and Field Evaluation-

Jong-Shin Lee*2†

요 약

선행 연구에서 보존 균주에 대하여 우수한 목재 방미효력을 나타내는 2종의 플루오르화합물계 약제(RNF-3, RNF-4)를 선발하였다. 본 연구에서는 이들 약제의 실용화 가능성을 검토하기 위하여 야외 분리 균주를 이용한 목재 방미효력 시험 및 침엽수 제재목 생산 현장에서의 야외 시험을 실시하였다.

플루오르와 구리 성분을 함유한 합성 약제 RNF-3은 PDA 배지 상에서 16종의 분리 균주에 대하여 높은 생장 억제 효력을 발휘하였다. 또한 소나무, 잣나무 및 라디에타소나무 시험편에서도 농도 2% 이상 처리에서 분리 균주의 생장이 이루어지지 않음으로써 목재 방미효력 또한 우수한 것으로 밝혀졌다. 한편 플루오르 성분만을 함유한 RNF-4의 경우에는 농도 2% 이상 처리에서도 PDA 배지 및 목재 시험편에서 균사의 생장이 이루어짐으로써 RNF-3에 비하여 분리균에 대한 효력이 떨어지는 것으로 나타났다. 라디에타소나무 판재를 이용한 현장 야외 시험에서도 농도 2%의 RNF-3 수용액에 침지 처리한 처리구는 균류에 의한 표면오염이 발생하지 않고 건전한 외관을 유지하고 있어 높은 목재 방미효력이 인정되었다. 이들 결과로부터 RNF-3은 침엽수 제재목의 표면오염 방지를 위한 국산 목재 방미제로써 사용이 가능할 것으로 판단되었다.

* 1 접수 2004년 2월 5일, 채택 2004년 3월 13일
본 연구는 한국과학재단 특정기초연구(2000-2-317-002-2) 지원으로 수행되었음
* 2 충남대학교 농업생명과학대학 College of Agriculture and Life Sciences, Chungnam National University, Daejeon 305-764, Korea
† 주저자(corresponding author) : 이종신(e-mail: lee_js@cnu.ac.kr)

ABSTRACT

Two kinds of chemicals (RNF-3 and RNF-4) with high anti-mold effectiveness against stored fungi causing fungal discoloration was selected from among the six kinds of fluoride-based chemicals in the preceding study. In this study, the anti-mold test using 16 species fungi isolated from the softwood lumbers which were fungal discolored and field test in the sawmill was carried out to prove the feasibility for practical using of selected chemicals.

For the isolated fungi, the RNF-3 consist of F and Cu showed high mycelial growth control in the PDA medium and fungicidal effectiveness in the japanese red pine (*Pinus densiflora*), korean pine (*Pinus koraiensis*) and radiata pine (*Pinus radiata*) when the concentration was 2% or more. However the RNF-4 consist of F only was not effective compared with RNF-3 because of mycelial growth in the PDA medium and wood treated with 2% or more chemical solution. The RNF-3 also showed a strong anti-mold effectiveness because there was no fungal discoloration for the radiata pine boards treated by 2% and 10 min. soaking in the field test. These results mean that RNF-3 can be used as domestic anti-stain chemicals for prevention of fungal discoloration of the softwood lumber

Keywords: Anti-stain chemicals, Fungal discoloration, Fungicidal effectiveness, Fluoride, Softwood

1. 서 론

목재 자원이 부족하여 국내 목재 수요의 90% 이상을 수입에 의존하고 있는 우리 나라의 지난 수년간 원목 수입 현황을 살펴보면 1980년대에는 주로 열대산 활엽수가 수입되어 원목 수입량의 약 73%를 차지하였으며 온대산 침엽수는 약 24.6%에 지나지 않았다(임업연구원, 1997). 그러나 매년 온대산 침엽수 원목 수입량이 점차 증가하여 2002년도에 이르러서는 총 원목 수입량 중에서 활엽수는 8%에 지나지 않고 온대산 침엽수가 92%에 이르렀으며 뉴질랜드산 라디에타소나무가 수입 침엽수 원목의 59.3%를 차지하였다(2003, 임업연구원). 수입산 라디에타소나무를 비롯하여 국내산 소나무나 잣나무와 같은 소나무류는 자낭균류 및 불완전균류에 의한 변재 변색 및 표면 오염이 심하게 발생하는 대표적인 수종들이며 변색 및 오염은 침엽수 제재목의 상품가치를 저하시키는 주요 원인이 되고 있다. 앞으로 침엽수의 사용량이 증가할 것으로 예상됨에 따라 고부가가치의 제재목 생산을 위해서 변재 변색 및 표면 오염에 의한 재질열화는 시급히 해결해야 할 문제가 되고 있다. 저자는 이를 해결하고자 저가의 국내산 목재 방미제 개발에 목적을 두고 산업부산물을 활용하여 합성한 6종의 플루오르화합물계 약제에 대하여 보존 균주를 대상으로 목재 방미효력을 조사한 후 효력이 우수한 2종의 약제를 선발하였다(이, 2004). 그러나 선발된 약제를 실용화하기 위해서는 보존 균주 이외에도 침엽수 제재목 생산 현장에서 변색 및 오염을 발생시키고 있는 균류에 대한 효력 및 야외에서의 효력 재현성을 확인해야할 필요가 있다.

본 연구에서는 변색 및 오염이 발생한 소나무, 잣나무 및 라디에타소나무 제재목으로부터 분리·동정한 9속 16종의 분리 균주에 대한 방미효력시험 및 침엽수 제재목 생산현장에서의 야외 효력 시험을 실시하여 선발한 약제의 실용화 가능성을 검토하였다.

2. 재료 및 방법

2.1. 공시재료

2.1.1. 공시목재

합성 약제의 방미효력 시험을 위해서 前報(이, 2004)와 동일한 목재 수종 및 치수의 시험편을 사용

Table 1. Species and culture period in PDA medium of test fungi

Species	Culture period(days)	Species	Culture period(days)
Trichoderma viride	3	*Penicillium expansum*	21
Trichoderma aureoviride	3	*Penicillium frequentans*	21
Trichoderma harzianum	3	*Penicillium verruculosum*	21
Trichoderma koningii	3	*Aspergillus fumigatus*	20
Trichoderma pseudokoningii	3	*Fusarium moniliforme*	5
Alternaria alternata	8	*Graphium ulmi*	20
Alternaria teniuissima	9	*Mucor* sp.	21
Rhizopus stolonifer	2	*Verticillium* sp.	14

하였다. 또한 제재목 생산 현장에서의 방미효력 재현성 시험에는 현장에서 생산되고 있는 파렛트 제작용 라디에타소나무(*Pinus radiata*) 판재(폭 9 cm, 두께 2 cm, 길이 490 cm)를 사용하였다.

2.1.2. 공시약제

6종의 합성 약제 중에서 前報(이, 2004)에서 목재 방미효력이 우수한 것으로 밝혀진 RNF-3과 RNF-4를 사용하였다.

2.1.3. 공시균

전국 7개 지역의 제재목 생산 현장에서 변재 변색 및 표면 오염이 발생한 소나무(*Pinus densiflora*), 잣나무(*Pinus koraiensis*), 라디에타소나무 제재목으로부터 분리·동정(이, 2002)한 Table 1의 9속 16종(표면 오염균 8속 15종, 변재 변색균 1속 1종)을 공시균으로 사용하여 합성약제의 균류 생장 저해성 및 목재 방미효력을 조사하였다.

2.2. 실험방법

2.2.1. 합성 약제의 분리 균주에 대한 생장 저해성 및 목재 방미효력 조사

前報(이, 2004)와 동일한 방법으로 실시하였으며 다만, 합성약제의 분리 균주에 대한 생장 저해성 조사를 위해 PDA배지에서의 배양기간은 Table 1과 같다.

2.2.2. 합성 약제의 야외 효력 평가

대전 공업단지 내에 소재한 제재목 생산업체를 선정하여 야외 시험을 실시하였으며 기간은 제재목에서 미생물에 의한 표면오염이 가장 심하게 발생하는 장마철이 끼어있는 2002년 7월 24일부터 8월 25일까지 1개월간으로 하였다. 약제는 실험실적 방법을 통하여 가장 방미효력이 우수한 것으로 밝혀진 RNF-3를 사용하였으며 현장에 설치한 내산성 금속탱크(가로 2 m, 세로 7 m, 깊이 1.8 m)에 농도 2% 수용액을 도입한 후 제재 직후의 라디에타소나무 판재 250매 묶음을 10분간 침지 처리하였다. 처리한 판재 묶음을 무처리 판재 묶음과 함께 일반 제재목 적재 장소와 동일한 환경조건을 갖는 현장에 1개월간 방치한 후 판재 표면에서의 균류의 발생상태를 무처리구와 비교하여 방미효과를 평가하였다. 다만 이들 판재 묶음은 시험 기간 중에 강우에는 직접 노출되지 않고 통풍은 이루어질 수 있도록 하기 위하여 위 부분만을 지붕으로 가려 주었다.

3. 결과 및 고찰

3.1. 분리 균주에 대한 약제의 생장 억제 효과

무처리 및 약제 처리 PDA 배지에서 일정 배양기간 동안 분리 균주의 생장량을 Table 2. 균사의 생

Table 2. Mycerial growth of test fungi in PDA medium treated with synthesized chemical, RNF-3 and RNF-4

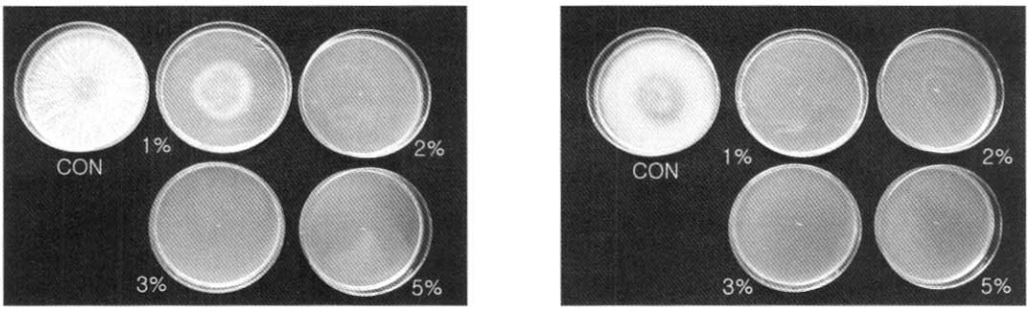
Chemicals and conc. (%)		Diameter of colony(mm)							
		T. viride	*T. aureoviride*	*T. harzianum*	*T. koningii*	*T. pseudokoningii*	*A. alternata*	*A. teniuissima*	*R. stolonifer*
Control		85.0	85.0	85.0	85.0	85.0	85.0	85.0	85.0
RNF-3	1	43.7	2.7	0	0	0	0	0	0
	2	0	0	0	0	0	0	0	0
	3	0	0	0	0	0	0	0	0
	5	0	0	0	0	0	0	0	0
RNF-4	1	69.6	11.5	53.4	52.7	23.8	0	2.4	0
	2	23.7	3.9	5.4	43.1	4.3	2.3	0	0
	3	3.1	0	0	2.9	0	0	0	0
	5	0	0	0	0	0	0	0	0

Table 2. Continued

Chemicals and conc. (%)		Diameter of colony(mm)							
		P. expansum	*P. frequentans*	*P. verruculosum*	*A. fumigatus*	*F. moniliforme*	*G. ulmi*	*Mucor sp.*	*Verticillium sp.*
Control		62.3	65.2	60.5	85.0	85.0	85.0	58.4	85.0
RNF-3	1	0	0	0	2.4	1.5	0	0	0
	2	0	0	0	0	0	0	0	0
	3	0	0	0	0	0	0	0	0
	5	0	0	0	0	0	0	0	0
RNF-4	1	8.4	2.6	1.6	0	46.7	11.9	0	0
	2	0	0	0	0	8.4	4.8	0	0
	3	0	0	0	0	0	0	0	0
	5	0	0	0	0	0	0	0	0

Note: The data is the mean of 3 replicates.

장 상태를 Fig. 1에 각각 나타냈다. 각 분리 균주의 생장 활력을 조사한 결과 무처리 배지에서 콜로니 직경 85 mm(petri dish 내경)까지 생장하는데 *R. stolonifer* 2일, 5종의 *Trichoderma*속 3일, *F. moniliforme* 5일, 그 밖의 균종이 8~20일이 소요되는 등 균종에 따라 상이한 생장력을 보였으며 *R. stolonifer*와 *Trichoderma* 속이 분리 균주 중에서 가장 빠른 생장속도를 나타냈다. 한편 *Penicillium*속의 3종과 *Mucor*. sp는 가장 낮은 생장력을 보여 21일간 배양했음에도 무처리 배지에서 콜로니 직경이 각각 60.5~65.2 mm와 58.4 mm에 불과하여 이 시점에서 배양을 종료하고 생장 억제 효과를 평가하였다. 이들 분리 균주의 생장력



(A) (B)

Fig. 1. Mycelial growth of T. viride(A) and R. stolonifer(B) in PDA medium treated with synthesized chemical, RNF-3.

을 자료(Domsch 등, 1980)와 비교한 결과 거의 유사하였다.

합성 약제의 분리 균주에 대한 생장억제 효과는 RNF-3의 경우 前報(이, 2004)에서 보고한 보존 균주에 대한 결과와 거의 일치하여 일부의 1% 처리구를 제외하고 균사의 생장이 전혀 진행되지 않아 매우 높은 균사 생장 억제효과를 가지고 있는 것으로 밝혀졌다. Fig. 1은 무처리 및 RNF-3을 처리한 PDA 배지에서의 *T. viride*(A)와 *R. stolonifer*(B)의 균사 생장 상태를 나타낸 것이다. 양 균주 모두 무처리 배지에서는 양호한 균사 생장이 이루어졌으나 *T. viride*의 농도 1% 처리 배지를 제외하고는 전혀 균사 생장이 진행되지 않은 것을 알 수 있다. 그러나 RNF-4의 경우에는 균종에 따라 상이한 효력을 보여 보존 균주에 대해서는 비교적 높은 생장 억제 효과를 나타냈으나(이, 2004) 분리 균주에 대해서는 전혀 다른 결과를 보였다. 즉, 2% 처리구에서 *T. viride*를 비롯한 분리 균주 7종의 균사 생장이 이루어졌을 뿐만 아니라 심지어 3% 처리구에서도 *T. viride*와 *T. koningii*의 균사 생장이 인정되어 RNF-3과 달리 균주에 대한 생장 억제 효력 범위가 좁아 약제의 성능이 떨어지는 것으로 밝혀졌다.

3.2. 분리 균주에 대한 약제의 목재 방미효력

국내에서 변재 변색 및 표면 오염이 가장 심하게 발생하는 소나무, 잣나무 및 라디에타소나무 시험편을 이용하여 약제의 분리 균주에 대한 목재 방미효력을 조사하였다. Fig. 2는 표면오염이 발생한 제재목으로부터 현장에서 분리한 16종의 분리 균주 중에서 분리비율이 가장 높았던(이, 2002) *T. viride*의 무처리 및 RNF-3 약제 처리 잣나무 시험편에서의 발생상태를 나타낸 것이다. 무처리 시험편에서는 전면에 걸쳐 균 생장이 이루어져 전형적인 짙은 녹색의 포자가 형성되어 있는 것을 육안으로 쉽게 확인할 수 있었다. 그러나 농도 2~5% 처리구의 경우 목재 시험편 아래의 배지 표면에는 포자가 형성되어 있으나 시험편에서는 균사 생장 및 포자 형성이 전혀 이루어지지 않고 건전한 상태의 목재 표면을 유지하고 있어 RNF-3가 목재 방미효력이 우수함을 확

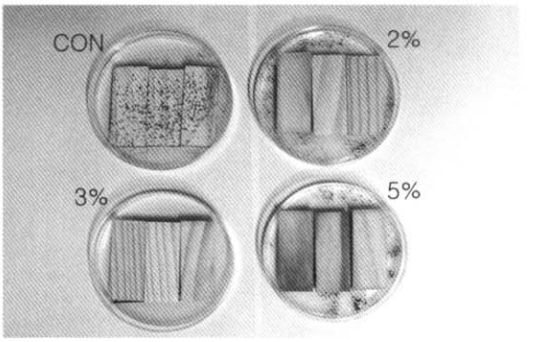


Fig. 2. Fungal discoloration of T. viride on korean pine specimens treated with synthesized chemical, RNF-3.

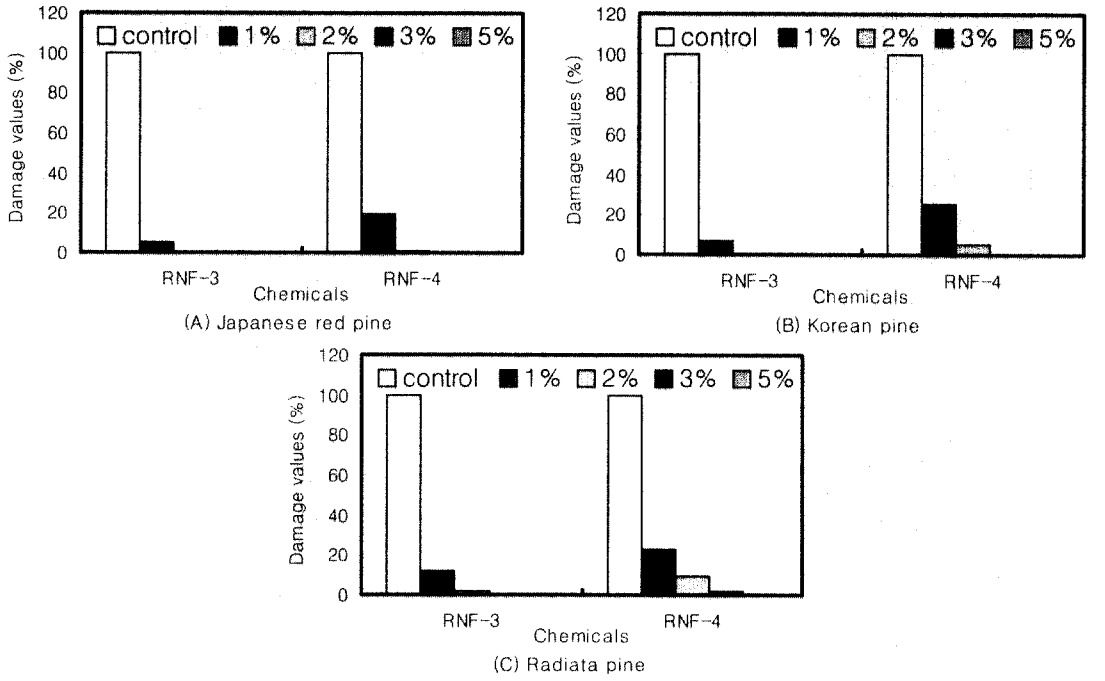


Fig. 3. Fungicidal effectiveness against test fungi of wood treated with synthesized chemicals.

인할 수 있었다. 무처리 및 약제 처리 시험편 표면에서 *T. viride*를 비롯한 16종의 분리 균주 발생 상태를 종합적으로 평가하여 산출한 피해치를 목재 수종 별로 Fig. 3에 나타냈다. 무처리 시험편에서는 목재 수종에 관계없이 모든 분리 균주가 시험편 표면 전체에 걸쳐 발생하여 피해치가 100%에 달함으로써 높은 균사의 생장활력이 인정되었다. 분리 균주 중에서 유일하게 변재 변색균인 *G. ulmi*도 무처리 시험편 표면에서 양호한 균사의 생장을 보였다.

RNF-3을 처리한 시험편 중에서 처리 농도 1%의 경우에는 목재 수종 별로 약 5~12%의 피해치를 나타냄으로써 시험편에서 분리 균주의 발생이 인정되어 방미효력 발현 농도에는 이르지 못하는 것으로 밝혀졌다. 그러나 농도 2% 이상을 처리하였을 경우에는 피해치 1.6%를 보인 라디에타소나무의 2% 처리구를 제외하고 소나무 및 잣나무의 모든 시험편에서는 분리 균주의 발생이 전혀 이루어지지 않아 RNF-3의 매우 높은 목재 방미효력이 인정되었다. 라디에타소나무의 2% 처리구에서 1.6%의 피해치가 발생한 것은 일부의 시험편 측면에서 *T. viride*, *T. koningii*, 및 *R. stolonifer*의 균사가 발생하여 나타난 결과이며 이들 3종 이외의 다른 분리 균주의 생장은 전혀 보이지 않았다. 이와 같은 결과는 前報(이, 2004)의 보존 균주에 대한 목재 방미효력 결과와 일치하고 있으며 따라서 RNF-3을 국산 목재 방미제로 개발할 필요성이 있을 것으로 판단된다.

합성 약제 RNF-4는 RNF-3에 비하여 목재 방미효력이 다소 떨어지는 경향을 보였다. 농도 1%를 처리하였을 경우 목재 수종 별로 *T. viride*를 비롯하여 8~13종의 분리 균주가 시험편의 측면뿐만 아니라 위 표면에도 발생하여 피해치가 약 20~26%에 달했다. 농도 2% 처리구의 경우 소나무 시험편에서는 거의 피해가 발생하지 않았으나 잣나무 및 라디에타소나무 시험편에서 각각 약 5%와 9%의 피해치를 보이고 또한 농도 3% 처리에서는 라디에타소나무 시험편에서 약 2%의 피해치가 발생하는 등 전체적으로 RNF-3에 비하여 목재 방미효력이 낮은 것으로 나타났다.

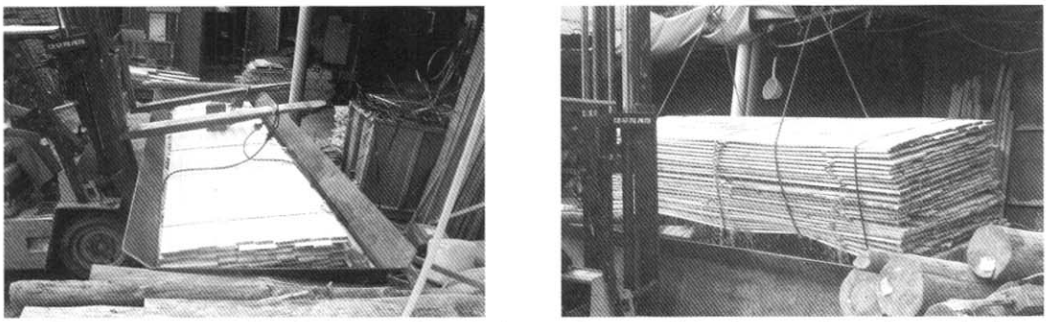
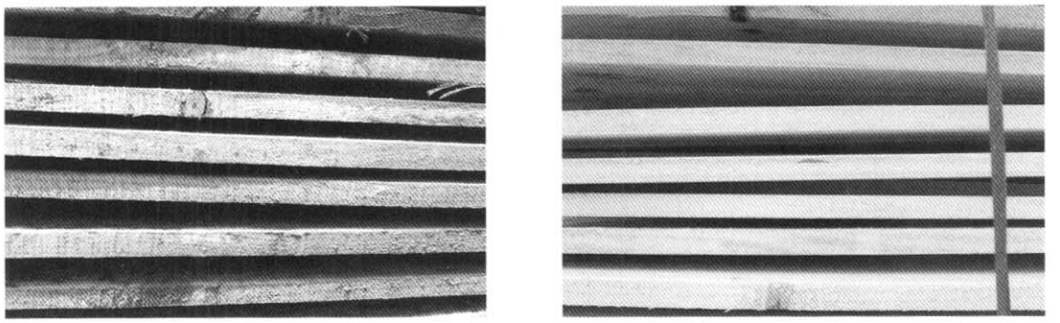


Fig. 4. Field treatment of radiata pine boards by soaking in 2% solution of synthesized chemical, RNF-3.



(A) (B)

Fig. 5. Appearance of untreated(A) and treated(B) radiata pine boards after field test for 1 month.

이와 같이 공시약제 중에서 RNF-3의 경우 前報(이, 2004)의 보존 균주 뿐만 아니라 분리 균주에 대해서도 우수한 목재 방미효력을 가지고 있으나 RNF-4의 경우에는 분리 균주에 대한 방미효력이 다소 떨어지는 것으로 밝혀졌다. 약제 RNF-3은 주성분으로 항균성이 있는 플루오르와 함께 목재 가해 미생물에 대하여 높은 살균력을 나타내 수용성 목재 방부제의 주요 구성 성분인 구리(日本木材保存協會, 1982)를 함유하고 있어 이들 성분의 상승 효과에 의하여 보존 균주에 비해 약제에 대한 내성이 강한 것으로 알려진 분리 균주(能谷 등, 1999)에 대해서도 높은 목재 방미효력을 발현한 것으로 판단된다. 한편 분리 균주 중에서 변재 변색균인 *G. ulmi*에 대해서도 RNF-3의 방제 효력이 인정되었으나 *G. ulmi*에 의한 변색은 일반적으로 제재 전의 원목 상태에서 발생하는 경우가 대부분이기 때문에 변재 변색 방제효력을 보다 명확하게 입증하기 위해서는 침엽수 원목을 이용한 추가적인 연구가 필요하다.

3.3. 약제의 야외 효력 평가

실험실적 평가에 의하여 목재 방미효력이 가장 우수한 것으로 밝혀진 RNF-3의 야외에서의 효력 재현성을 확인하기 위하여 제재목 생산 현장에서 야외시험을 실시하였다(Fig. 4). 야외 시험 기간 중의 기후 조건은 일일 평균 기온 25.2°C, 습도 78.5%, 총 강수량 379.4 mm, 총 강수일수 17일이었다.

무처리 및 농도 2%의 RNF-3 수용액에 10분간 침지 처리한 라디에타소나무 판재의 야외시험 종료 후의 외관을 Fig. 5에 나타냈다. 무처리구에서는 시험에 사용한 250매의 모든 판재에서 *Trichoderma*속과 *Penicillium*속으로 추정되는 전형적인 청록색의 균

사 및 포자가 발생하여 재 표면이 심하게 오염된 것을 육안으로 확인할 수 있었다(Fig. 5의 (A)). 그러나 약제 처리구에서는 제재목 묶음의 하단에 위치한 몇 매의 판재에서만 부분적으로 균류의 발생이 관찰되었을 뿐 전체적으로 건전한 외관을 유지하고 있었다(Fig. 5의 (B)). 한편 처리구에서 일부분의 판재에 오염이 발생한 것은 지면에 가까운 관계로 강우 중에 빗물과의 접촉에 의하여 약제가 용탈되었기 때문이며 이를 방지하기 위해서는 앞으로 약제의 수분 용탈성 개선을 위한 추가적인 연구가 필요할 것으로 판단된다.

4. 결 론

보존 균주를 이용한 실험실적 방법을 통하여 우수한 목재 방미효력을 갖는 것으로 밝혀진 2종의 플루오르화합물계 약제(RNF-3, RNF-4)에 대하여 그 효력을 보다 명확하게 밝히고자 야외 분리 균주를 이용한 방미효력 시험 및 침엽수 제재목 생산 현장에서의 야외 시험을 실시한 결과 다음과 같은 결론을 얻었다.

1. RNF-3은 16종의 분리 균주에 대해서 높은 생장 억제 효력을 발휘하여 보존 균주에 대한 결과와 일치하였다. 그러나 RNF-4의 경우에는 보존 균주에 대해서와는 달리 분리 균주에 대한 생장 억제 효력은 떨어지는 것으로 나타났다.

2. 침엽수 3수종을 이용한 목재 방미효력 시험에 의하여 RNF-3의 분리 균주에 대한 우수한 방미효력이 확인되었으며 최적 처리 농도는 2% 이상인 것으로 판단되었다. 또한 목재 수종에 따른 방미효력의 차이는 거의 나타나지 않았다. 한편 RNF-4의 경우에는 동일한 처리 농도에서도 RNF-3에 비하여 균류 생장에 의한 피해치가 높게 나타나 분리 균주에 대한 목재 방미효력은 낮은 것으로 밝혀졌다.

3. 라디에타소나무 판재를 이용한 현장 야외 시험 결과 무처리구에서는 균류에 의한 표면오염이 심하게 발생하였으나 농도 2%의 RNF-3 수용액에 침지 처리한 처리구는 균류의 발생 없이 건전한 상태를 유지하고 있어 약제 처리효과를 육안으로 확인할 수 있었다. 따라서 RNF-3은 침엽수 제재목의 표면오염 방제를 위한 국내산 목재 방미제로 개발할 가치가 매우 높은 것으로 판단되었다.

참 고 문 헌

1. Domsch K. H., W. Games and T-H. Anderson. 1980. Compendium of soil fungi Vol. I. Academic press, London. pp. 94, 319, 563, 568, 707, 794, 797, 799, 803.
2. 能谷 元, 角田邦夫. 1999. 辺材変色菌*Graphium* sp.による輸入北米材の汚染とその防除. 木材學會誌 45(2): 164~170.
3. 日本木材保存協會. 1982. 木材保存學. 文教出版. 大阪. pp. 127.
4. 이종신. 2002. 과학재단 특정기초연구보고서. pp. 12~31.
5. 이종신. 2004. 산업 부산물을 이용하여 제조한 플루오르화합물계 목재 방미제의 특성 (I) - 보존 균주에 대한 목재 방미효력 및 철부식성과 흡습성-. 목재공학 32(2):
6. 임업연구원. 1997. 임업경제동향 연차보고서. pp. 66~67.
7. 임업연구원. 2003. 임업경제동향 2003/봄. pp. 61~70.