

네오니코치드계 목재보존제의 방곰팡이 효력^{*1}

이동흡^{*2} · 이종신^{*3†}

Anti-mold Effectiveness of Neonicochid type wood preservative

Dong Heub Lee^{*2} · Jong Shin Lee^{*3†}

^{*1} 접수 2013년 5월 2일, 채택 2013년 6월 10일

본 연구는 국토해양부 첨단도시개발사업의 연구비지원(10첨단도시 B01)에 의해 수행되었음

^{*2} 국립산림과학원 Korea Forest Research Institute. Seoul 130-712. Korea.

^{*3} 충남대학교 환경소재공학과 Department of Biobased Materials. Chungnam National University. Daejeon 305-764. Korea.

† 주저자(corresponding author) : 이종신(e-mail: lee_js@cnu.ac.kr)

요 약

국내산 저독성 목재보존제를 개발하기 위하여 저독성 살충제인 디노테프란과 살균제인 IPBC 및 프로피코나졸, 그리고 인체에 유해하지 않으며 살균력을 가지고 있는 정향오일을 일정 비율로 혼합하여 27종의 약제를 제조하였다. PDA 배지와 목재 시험편을 사용하여 이들 약제의 방곰팡이 효력을 조사하였다.

용제와 유화제는 방곰팡이 효력을 보이지 않아 조제 약제의 방곰팡이 효력은 4종의 유효성분에 의해 발현되는 것으로 판단하였다. PDA 배지 시험에서 비교적 높은 균사 생장 억제력을 보인 것은 IPBC의 함유 비율이 높은 약제였으며, 프로피코나졸은 IPBC에 비하여 상대적으로 낮은 방곰팡이 효력을 나타냈다. 많은 약제들이 PDA 배지 시험에서는 비교적 높은 균사 생장 저해성을 보였으나 목재 시험편 시험에서는 방곰팡이 효력을 나타내지 못했다. PDA 배지와 목재 시험편 시험에서 모두 완벽한 방곰팡이 효력을 나타낸 것은 3종에 불과하였으며 디노테프란과 IPBC로 구성된 약제와 여기에 정향 오일을 첨가한 약제뿐이었다.

ABSTRACT

To development of the low toxic preservatives, we prepared 28 kinds of chemicals using dinotefuran of low toxic insecticide, IPBC and propiconazol of fungicide, and clove oil has fungicidal activity, but is harmless to humans. It was conducted to investigate the inhibitory effectiveness of mycelial growth and anti-mold effectiveness to treated PDA medium and wood specimen with prepared chemicals.

It was not showed anti-mold effectiveness that solvent and emulsifier form preservatives. Therefor, we thought that only four component, dinotefuran, IPBC, propiconazol and clove oil, has anti-mold effectiveness. In the PDA medium test, the preservative which has much IPBC showed high anti-mold effectiveness. By the wood specimen test, it was known that many prepared preservatives which showed good inhibitory effectiveness of mycelial growth in the PDA medium test, have not anti-mold effectiveness. Of all prepared preservatives in this study, only three preservatives containing dinotefuran and IPBC, or adding clove oil appeared the excellent anti-mold effectiveness.

Keywords: anti-mold effectiveness, dinotefuran, IPBC, propiconazol, clove oil

1. 서 론

건축용재 및 토목용재로 많이 사용되고 있는 침엽수 제재목에서 발생하는 미생물 열화현상에는 부후와 변색 및 표면오염이 대표적이다. 이들 열화현상은 관여하는 미생물에 따라 피해 양상이 다르게 나타나며, 부후현상의 경우에는 목재의 강도적 손실을 초래하기 때문에 매우 중대하게 다루어지고 이를 방지하기 위하여 많은 종류의 목재 목재방부제가 개발되어 처리되고 있다. 이에 반하여 목재의 변재변색과 표면오염의 경우에는 목재의 강도손상 보다는 제재목과 같은 제품의 외관적 가치만을 저하시키기 때문에 그동안 소홀히 다루어져 온 것이 사실이다. 특히 표면오염의 경우에는 여름 장마철 고온 다습한 시기에 침엽수 제재목에 발생하는 막대한 피해현상으로 일부의 제재목 생산 현장에서는 이를 방지하기 위하여 공업용 락스 처리와 같은 검증되지 않은 방법으로 제재목을 처리하고 있어 2차 피해에 대한 우려의 목소리가 나오고 있다. 공업용 락스 이외에도 제지산업에서 사용하고 있는 slime 방지제를 제재목의 곰팡이 발생 방지를 위하여 대체 약제로 사용하기도 하고 외국에서 개발된 방곰팡이 약제를 사용하기도 하나 가격 문제로 인하여 사용을 기피하고 있다.

폐자원을 활용하여 저가의 국내산 방곰팡이제를 개발하기 위하여 이 (2004)는 전자부품 세정 후에 회수되는 플루오르화암모늄의 목재 방곰팡이제로의 활용 가능성을 검토하였다. 무기염과 반응시켜 6종류의 플루오르화합물계 약제를 합성하고 방곰팡이효력을 검증한 후 플루오르화구리의 우수한 방곰팡이 성능을 구명하여 보고하였다. 그러나 우수한 성능을 가지고 있음에도 불구하고 최근 불산가스 누출에 의한 사고에서도 알 수 있듯이 플루오르화화합물의 취급의 어려움으로 실용화에 이르지 못하였다.

본 연구에서는 인체 및 환경에 친화적인 저독성의 새로운 목재보존제 개발에 목표를 두고 농업 분야에서 저독성 살충 및 살균제로 알려져 있으며, 현재 목재방부제로도 일부 사용되고 있는 디노테프란, IPBC, 프로피코나졸과 함께 인체 유해성이 전혀 없으며 살균력을 가지고 있는 정향오일을 일정 비율로 조제한 약제를 제조한 후 목재 방곰팡이 효력을 조사하였다.

2. 재료 및 방법

2.1 실험재료

목재 시험편은 소나무 변재부로부터 크기 20(너비)×3(두께)×50(길이)mm의 시험편을 채취하여 사용하였다.

방곰팡이 효력을 조사하기 위한 신규 목재보존제에 함유되어 있는 성분과 그 조성 비율은 Table 1과 같으며, 4종의 유효 성분(디노테프란, IPBC, 프로피코나졸, 정향)의 비율을 각각 달리하여 총 29종의 약제를 조제하였다. 약제 조제 시에 용제는 N-메틸-2-피롤리돈(N-methylpyrrolidone, NMP), 유화제는 폴리옥시에틸렌 p-t-옥틸페닐에테르(TX-100)를 각각 사용하였다. 조제한 약제 중량 당 0.1%의 소포제(CA-220L)를 첨가하여 시험에 사용하였다.

신규 목재보존제의 방곰팡이 효력 측정을 위한 시험균은 *Aspergillus niger*(*A. niger*), *Penicillium funiculosum*(*P. funiculosum*), *Aureobasidium pullulans*(*A. pullulans*), *Rhizopus*

nigricans(*R. nigricans*), *Tricoderma viride*(*T. viride*)의 5종을 국립산림과학원 목재보존연구실로부터 분양받아 사용하였다.

Table 1. Chemical component and ratio of test preservative.

Component	Weight ratio
Dinotefuran	0~5
3-iodo-2-propynyl butyl carbamate (IPBC)	0~3
Propiconazole	0~3
Clove oil	0~2
Solvent	0~14
Emulsifier	1~19
Water	44~99

2.2 실험 방법

2.2.1 약제의 곰팡이 생장 저해성 조사

조성 비율을 달리하여 조제한 33종의 약제 중에서 곰팡이 생장 억제능력이 뛰어난 약제 조성 비율을 선별하기 위하여 PDA(Potato dextrose agar) 상에서의 균사 생장 시험을 실시하였다. 멸균한 플라스틱 페트리 디쉬(87×15mm) 1장 당 시약급 PDA 배양액 20ml(Difco, 증류수 1ℓ에 39g 용해)를 무균적으로 분주하여 고체 배지를 제조하였다.

29종의 조제 약제 원액을 수도수로 50배 희석한 약제 수용액을 고화된 PDA 고체 배지의 표면에 균일하게 2ml씩 분주하여 약제가 배지 중에 침투되도록 클린벤치 내에서 무균적으로 1주일간 방치하였다. 약제 처리 PDA 배지 중앙에 시험균을 각각 접종한 후 온도 26±1℃, 상대 습도 90±5%의 항온항습기 내에서 시험균종 별로 2~21일간(무처리 배지에서 시험균 균사의 콜로니 직경이 페트리 디쉬 내경 85mm까지 성장하는 기간) 배양하며 균사의 콜로니 직경을 측정하여 조제 약제의 시험균에 대한 생장 저해성을 조사하였다. 조사 결과에 기초하여 방곰팡이 효력 가능성이 높은 최적의 약제 성분 조합 비율을 선별하였으며, 시험은 각 조건 별로 3반복 실시하였다.

2.2.2 약제의 목재 방곰팡이 효력

33종의 조제 약제 중에서 PDA 배지에서 우수한 곰팡이 생장 저해성을 보인 12종을 선별하여 목재에서의 방곰팡이 효력 발현성을 확인하였다. 선별 약제를 PDA 배지 시험에서와 동일하게 원액을 50배로 희석한 다음 목재 시험편에 처리하였으며 약제 처리 방법, 시험 균주의 포자현탁액 제조 및 접종, 방곰팡이 효력 시험 및 평가 등은 (사)일본목재보존협회 규격 제2호(1995)에 준하여 실시하였으며 평가 방법은 다음과 같다. 시험은 각 조건 별로 6반복 하였다.

① 평가치(육안적 평가)

0 : 시험편에 시험균의 생육이 전혀 나타나지 않음

1 : 시험편의 측면에서만 시험균의 생육이 나타남

2 : 시험편의 위 표면 1/3 이하의 면적에서 시험균의 생육이 나타남

3 : 시험편의 위 표면 1/3 이상의 면적에서 시험균의 생육이 나타남

② 평균 평가치(A)

$$A = \frac{a_1 + a_2 + a_3 + a_4 + a_5 + a_6}{6}$$

여기서 $a_1, a_2 \dots a_6$ 은 각 시험편의 평가치

③ 평균 평가치의 합계(S)

$$S = A_1 + A_2 + A_3 + A_4 + A_5$$

여기서 $A_1, A_2 \dots A_5$ 는 시험균 5 균종의 각각의 평균 평가치

④ 피해치(D)

$$D = \frac{S_I}{S_0} \times 100$$

여기서 S_0 과 S_I 은 각각 무처리 시험편과 처리 시험편의 평균 평가치의 합계

3. 결과 및 고찰

3.1 약제의 PDA 배지에서의 곰팡이 생장 저해성

무처리 및 33종의 약제를 처리한 PDA 배지에서의 5종의 시험균의 군사 생장량을 Table 1에 나타냈다. 시험균의 생장활력을 조사한 결과, 무처리 배지에서 5종의 시험균은 각각 다른 생장 속도를 보였다. *A. niger*는 20일, *A. pullulans*는 15일, *R. nigricans*는 2일, *T. viride*는 3일이 각각 소요되어 이(2004)와 Domsch 등(1980)의 보고와 거의 일치하는 결과를 보여 시험에 사용한 시험균의 활력 저하는 없는 것으로 판단되었다. 이들 4 균종과는 달리 *P. funiculosum*은 21일 동안 배양하였음에도 불구하고 콜로니 직경 약 57mm까지 밖에 생장하지 않아 배양을 중단하고 이 기간을 기준으로 하여 무처리 및 처리 배지에서의 군사 생장속도를 평가, 비교하였다. *P. funiculosum*은 다른 시험균에 비하여 군사의 생장속도가 비교적 느린 것으로 확인되었다(Domsch, 1980).

유효성분의 함유량을 달리하여 조제한 29종 약제의 시험균에 대한 생장 저해성을 조사한 결과를 Table 2에 나타냈다. 먼저 유화제(Table 2의 약제 26) 또는 유화제와 용제(약제 24)만을 함유한 약제에서의 군사 생장력을 조사한 결과, 무처리에 가까운 경향을 보여 예상했던 대로 유화제와 용제 처리에서는 효력이 거의 인정되지 않았다. 그 밖에 4종류의 주요 유효성분의 함유량을 달리하여 조제한 약제 27종의 시험균에 대한 군사 생장 억제력은 *T. viride*에서 가장 좋았으며 *R. nigricans*에서 가장 불량하였다. 그 밖에 *A. pullulans*, *P. funicullosum*, *A. niger*순으로 많은 종류의 조합 약제에서 생장이 이루어지지 않았다.

27종의 조제 약제에 함유되어 있는 주요 유효 성분(Dinotefuran, IPBC, Propiconazol, Clove)의 함유 비율 별로 군사 생장억제력을 비교하였다. 먼저 디노테프란, IPBC, 프로피코나졸 중에서 어느 한 성분만을 함유하였을 경우에는 IPBC(약제 21) 또는 프로피코나졸(약제 22) 함유 약제에서 디노테프란만을 함유 약제(약제 23)에 비하여 양호한 경향을 보였다.

Table 2. Mycelial growth of test fungi on PDA medium treated with prepared preservatives.

Prepared Preservatives	Diameter of colony (mm)				
	<i>A. niger</i>	<i>P. funiculosus</i>	<i>A. pullulans</i>	<i>R. nigricans</i>	<i>T. viride</i>
Control	85.0±0.0	56.9±3.2	85.0±0.0	85.0±0.0	85.0±0.0
1	45.3±3.1	41.3±5.6	38.7±6.4	52.8±7.8	43.0±4.2
2	33.9±4.3	28.7±4.2	43.7±3.6	63.9±7.7	33.7±5.8
3	22.8±2.4	28.5±3.6	41.3±8.6	27.2±3.2	20.8±7.2
4	29.4±2.2	17.7±2.7	2.6±2.2	45.6±6.2	26.6±4.4
5	7.4±1.9	4.7±1.8	11.6±3.1	39.6±4.6	21.7±3.8
6	3.5±2.1	1.9±2.0	2.3±1.4	5.8±4.5	2.9±2.4
7	8.3±3.0	8.1±5.2	50.8±5.8	58.2±7.6	0.0±0.0
8	5.6±2.2	4.3±3.7	17.2±2.4	28.9±4.6	0.0±0.0
9	11.2±2.2	12.4±2.8	51.4±6.4	57.1±8.8	2.7±3.8
10	0.0±0.0	8.7±1.9	46.9±8.2	55.4±5.6	0.0±0.0
11	2.7±1.0	0.0±0.0	4.4±1.1	9.2±2.1	0.0±0.0
12	0.0±0.0	2.4±2.2	3.1±2.2	6.3±8.4	0.0±0.0
13	0.0±0.0	0.0±0.0	7.7±2.3	1.9±1.1	0.0±0.0
14	0.0±0.0	0.0±0.0	28.8±9.1	52.1±2.5	0.0±0.0
15	1.5±1.0	1.5±1.2	9.5±3.3	7.5±3.7	0.0±0.0
16	1.6±1.1	1.4±0.8	9.8±4.5	25.7±5.2	0.0±0.0
17	0.0±0.0	2.4±1.0	6.5±2.3	9.1±1.4	0.0±0.0
18	0.0±0.0	20.0±7.2	27.6±2.3	17.0±3.7	0.0±0.0
19	21.8±2.3	16.9±2.3	6.2±3.7	10.2±2.8	5.0±2.9
20	3.2±2.0	0.0±0.0	4.0±2.1	2.2±2.6	0.0±0.0
21	0.0±0.0	8.7±1.8	9.5±1.4	3.5±2.7	4.8±0.7
22	6.8±1.1	0.0±0.0	2.4±2.1	8.7±1.8	0.0±0.0
23	13.1±1.8	40.1±6.2	21.5±8.6	36.8±6.4	23.2±2.1
24	78.6±2.1	43.2±10.3	73.4±5.2	69.4±5.2	68.6±3.7
25	0.0±0.0	0.0±0.0	7.1±1.7	2.7±1.8	0.0±0.0
26	80.3±3.7	52.3±7.8	67.8±8.6	72.5±4.2	70.1±2.9
27	0.0±2.6	2.5±2.1	0.0±0.0	2.1±2.2	0.0±0.0
28	1.7±0.8	0.0±0.0	2.1±1.1	3.1±1.2	0.0±0.0
29	3.1±2.7	2.0±6.4	2.8±3.2	16.5±3.4	0.0±0.0

IPBC나 프로피코나졸은 현재 목재방부제의 성분으로 유용하게 사용되고 있어 그 효력은 이미 인정되고 있다. 그러나 3종의 약제 모두는 5종의 시험균에 대하여 완전한 군사 생장 억제력을 보이지는 못했다. 유효 성분 4종 중에서 디노테프란의 함유량을 일정하게 하고 IPBC의 비율을 증가시켰을 경우(약제 1~6, 프로피코나졸과 정향은 함유되어 있지 않음)에는 IPBC의 함유량이 증가할 수록 시험균 모두에 대해서 높은 생장 억제력을 나타냈다(약제 6). 한편 디노테프란의 함유량은 일정하게 유지하고 프로피코나졸의 비율을 증가시켰을 경

우(약제 7~12, IPBC와 정향은 함유되어 있지 않음)에도 동일한 경향을 나타내 프로피코나졸의 함유량이 많은 약제에서 높은 균사 생장 저해성을 보였다. 정향을 제외하고 3종의 유효 성분만을 함유하였을 경우(약제 13~20)에는 3종의 유효성분 함유량이 가장 많은 약제에서 매우 우수한 균사 생장 효과가 나타났다(약제 20). 유효성분 4종을 모두 함유한 조합 약제(약제 27~29)에서는 유효성분 3종(디노테프란, IPBC, 프로피코나졸) 모두를 함유한 조합 약제(번호 20)에 비하여 거의 완벽한 균사 생장 억제력을 보여 정향의 효력 상승 효과가 인정되었다(약제 27, 28). 그러나 정향을 함유한 상태에서 프로피코나졸을 함유량을 증가시켰을 경우에는 조합 약제의 효력, 특히 *R. nigricans*에 대한 균사 생장 억제력이 떨어지는 것으로 나타나 의외의 결과를 보였으며, 앞으로 이에 대해서는 좀 더 검토가 필요할 것으로 판단되었다(약제 29).

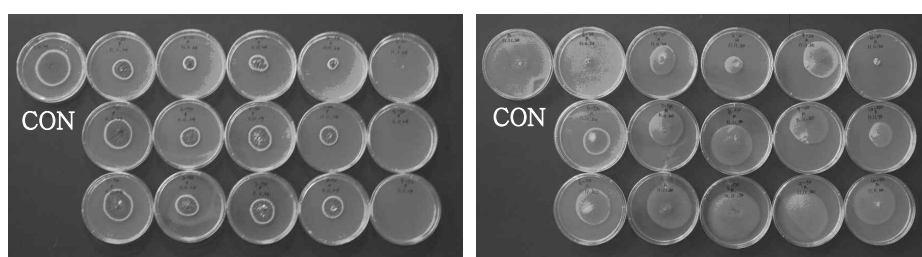


Fig. 1. Mycelial growth of *P. funiculosum* (left) and *R. nigricans* (right) on PDA medium treated with prepared preservatives.

Fig. 1은 시험균 중에서 균사 생장이 가장 빠른 *R. nigricans*와 비교적 균사 생장이 느린 *P. funiculosum*의 무처리 및 각종 조제 약제를 처리한 PDA 배지 상에서의 콜로니 형성 상태를 나타낸 것이다. 서로 다른 크기의 콜로니 크기를 보여 조제 약제 별로 균사 생장 저해성이 서로 다를 수 있다.

PDA 배지를 이용한 조제 약제의 균사 생장 저해성을 조사한 후, 목재 방곰팡이 약제로 사용이 가능할 것으로 예상되는 약제를 선발하였다. 선발 기준은 시험균 4종 모두에서 시험기간 중에 콜로니의 직경 성장이 평균 10mm 이하인 것으로 하였고 이 기준에 따라 12종의 약제가 선발되었다.

3.2 약제의 목재 방곰팡이 효력

PDA 배지 시험에서 선발된 약제의 목재에 대한 방곰팡이 효력을 명확하게 밝히기 위하여 목재 시험편을 이용한 방곰팡이 효력 시험을 실시하고, 그 결과를 Fig. 2에 나타냈다. 목재의 방곰팡이 약제로 실용화되기 위해서는 균종에 관계없이 효력 범위가 넓어야 하고 처리한 목재에서는 곰팡이 발생이 전혀 없어야 한다. 5종의 시험균주에 대한 무처리 및 약제 처리 목재 시험편이 나타내는 효력 평가치를 구한 후 무처리와의 관계에 의하여 피해치를 산출하였다. 무처리 시험편에서는 전면에 걸쳐 시험에 사용한 5균주의 균사가 완전히 발생하여 피해치 100%를 나타냈으며, 이것은 시험에 사용한 균주들의 활력이 정상적이라는 것을 의미하기도 한다. 약제 처리 목재 시험편의 방곰팡이 효력을 비교하면, 10% 이상의 피해치를 나타낸 시험편은 약제를 구성하고 있는 4종의 주요 유효 성분(Table 1 참조) 중에서 정향 오일을 함유하지 않은 약제로 처리한 시험편이다.

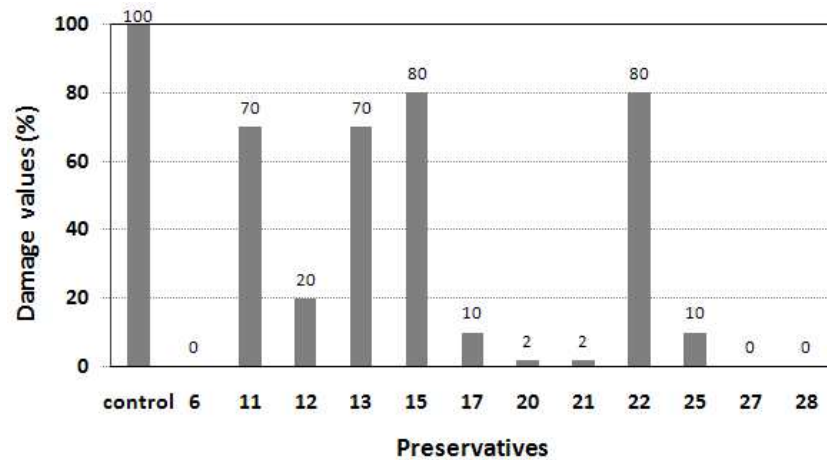


Fig. 2. Fungicidal effectiveness against test fungi of wood specimens treated with selected preservatives from PDA test.

그리고 정향 오일을 제외한 3종의 유효 성분 중에서도 IPBC의 함유량이 적은 약제로 처리한 시험편에서 비교적 높은 피해치를 나타냈다. 2%의 비교적 낮은 피해치를 나타낸 시험편은 정향을 제외한 3종의 유효성분 함유량이 동일하거나 IPBC 만을 함유한 약제로 처리한 시험편으로 IPBC의 높은 방곰팡이 효력이 인정되었다. 한편, 5종의 시험균의 생육이 전혀 인정되지 않아 피해치 0인 시험편은 디노테프란과 IPBC 만을 함유한 약제 또는 여기에 정향 오일을 첨가한 약제로 처리한 시험편으로 약제 조제에 사용한 4종의 유효 성분 중에서 디노테프란, IPBC, 정향 오일이 PDA 배지에서와는 달리 목재에 대하여 높은 방곰팡이 효력을 가지고 있음을 알 수 있었다.

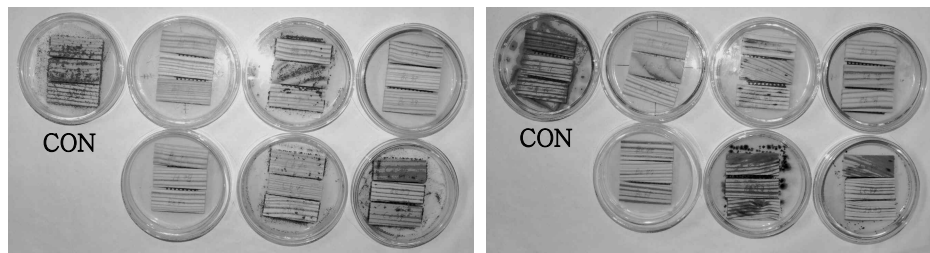


Fig. 3. Fungal discoloration by *A. niger* (left) and *A. pullulans* (right) in wood specimens treated with selected preservatives from PDA test.

디노테프란은 곤충의 신경계에 작용하여 사멸시키는 네오티코치드계 살충제로 알려져 있으나 본 연구에서 곰팡이에도 생육저해 효과가 있음이 밝혀졌다. IPBC는 유기요오드계 살균제로 안전성이 높으며 항균력이 광범위하고 사람과 가축에 대해 안전성이 높아 목재 방곰팡이 및 방부제로 널리 사용되고 있는 약제로 본 연구에서도 높은 방곰팡이 효력을 보여 주었다. 한편, 정향 오일은 정향나무(*Eugenia caryophyllata*)의 꽃봉오리를 증류해서 얻는 오일로 오이게놀(eugenol)을 주성분으로 하고, 그 밖에 테르펜유, 바닐린, 에스테르류 등을 함유하고 있는 물질(長倉三郎 등, 1998)로 주성분인 오이게놀은 살균제나 방부제로 이용되는 것으로 알려져 있다(문성명, 1995). 오이게놀을 함유한 정향 오일이 목재를 가해하는 곰팡이

에 대해서도 높은 효력을 가지고 있음이 본 연구를 통해서 밝혀졌다.

Fig. 3은 목재를 이용한 약제의 방곰팡이효력 시험의 일부를 나타낸 것으로 무처리 시험편에서는 전면에 시험균의 군사가 만연하고 포자가 형성된 것을 확인할 수 있으며, 처리 시험편에서도 무처리와 동일한 경향을 보이는 것도 있으나 일부에서는 곰팡이 발생이 전혀 관찰되지 않고 건전한 상태를 유지하고 있어 높은 목재의 방곰팡이 효력을 가지고 있음을 알 수 있다.

4. 결 론

저독성 살충제인 디노테프란과 살균제인 IPBC 및 프로피코나졸, 그리고 인체에 유해하지 않으며 살균력을 가지고 있는 향신료인 정향오일을 일정 비율로 조제하여 27종의 새로운 목재보존제를 제조하였다. PDA 배지와 목재 시험편을 사용하여 이들 목재보존제들의 방곰팡이 효력을 조사하여 다음과 같은 결론을 얻었다.

1. 약제 제조에 사용한 용제와 유화제에서는 방곰팡이 효력이 인정되지 않아 조제 약제의 방곰팡이 효력은 4종의 유효성분에 의해 발현되는 것으로 판단하였다.

2. 용제와 유화제 만으로 구성된 약제를 제외한 27종의 PDA 배지 시험에서 비교적 높은 시험균의 군사 생장 억제력을 보인 것은 IPBC의 함유 비율이 높은 처리구였으며, 프로피코나졸은 IPBC에 비하여 상대적으로 방곰팡이 효력 발현에 기여도가 낮은 것으로 밝혀졌다.

3. 27종의 제조 약제 중에서 PDA 배지 시험에서 효력을 보인 것은 12종이었으나, 목재 시험편을 사용한 시험에서 완벽한 방곰팡이 효력을 나타낸 것은 3종에 불과하였다.

4. 시험균의 군사 생장이 전혀 진행되지 않아 피해치 0%를 보인 약제는 디노테프란과 IPBC로 구성된 약제와 여기에 정향 오일을 첨가한 약제로 앞으로 목재 방곰팡이 약제로 사용할 수 있을 것으로 판단되었다.

참고문헌

1. Domsch K. H., W. Games, and T-H Anderson. 1980. Compendium of soil fungi Vol. I. Academic press, London. pp. 100, 131, 570, 707, 803
2. 長倉三郎, 井口洋夫, 江澤 洋, 岩村 秀, 佐藤文隆, 久保亮五. 1998. 岩波理化學辭典. 岩波書店. 東京. pp. 179, 858.
3. 日本木材保存協會. 1995. 日本木材保存協會(JWPA)規格 第2号(No. 2). 木材用防かび劑の防かび効力試験方法.
4. 문성명. 1995. 화학약품대사전(상). 한국사전연구사. 서울. pp. 510
5. 이종신. 2004. 산업 부산물을 이용하여 제조한 플르오르화합물계 목재 방미제의 특성 (I) -목재 방미효력 및 철부식성과 흡습성-. 목재공학 32(2): 73~81.
6. 이종신. 2004. 산업 부산물을 이용하여 제조한 플르오르화합물계 목재 방미제의 특성 (II) -분리 균주에 대한 목재 방미효력 및 야외 효력 평가-. 목재공학 32(2): 82~89.