

10. 한옥 유지관리용 저독성 목재보존제 개발

(1) 연구수행방법

| 연구범위 | 연구수행방법 (이론적·실험적 접근 방법) |
|--|--|
| <ul style="list-style-type: none"> 한옥 유지관리용 환경친화형 목재보존제의 개발 및 생물효력 검증 | <ul style="list-style-type: none"> 디노테프란, 프로피코나졸, IPBC 등 생물 생육저해 성분을 선정, 최적의 조성 비율을 선별하기 위하여 33종 약제 합성 합성 약제에 대하여 PDA 및 펠렛시험을 거쳐 최적의 합성 약제를 1차 선별한 후 이어서 JIS, JWSA 규격에 따라 목재에 대한 방부효력, 방공팡이효력, 방미(흰개미)효력을 평가 |
| <ul style="list-style-type: none"> 한옥 구조부재용 집성목의 방부방충처리 기술 개발 및 강도성능 평가 | <ul style="list-style-type: none"> 방부, 방공팡이, 방미효력이 우수한 약제를 선별한 후 이들 약제가 집성재의 접착 성능에 미치는 영향 조사 소나무 시험편을 제작하여 약제처리한 후 참여기업인 경민산업(주)에서 실제 집성재 제조에 사용하고 있는 레조르시놀계 접착제를 분양받아 집성재 시험체를 제조 집성재 시험체로부터 KS F 3022(목재집성재) 규격에 준하여 강도시험용 시험편을 절취하여 전단접착력 시험 실시 |
| <ul style="list-style-type: none"> 개발 보존제의 비생물적 성능 검증 및 사용 매뉴얼 작성 | <ul style="list-style-type: none"> KS M 1701 및 국립산림과학원고시 시험방법에 따라 철부식성과 흡습성을 조사하여 기존의 목재방부제와 비교 조사 |
| <ul style="list-style-type: none"> 방부방충처리 집성재의 생물열화 저항성 검증 | <ul style="list-style-type: none"> JIS K 1571(목재보존제의 도포시험 방법) 시험방법에 따라 집성재의 방부 및 흰개미 방제 성능 조사 |

(2) 연구개발내용

■ 한옥 유지관리용 목재보존제 개발

-연구목표

한옥 목재부재의 유지관리에 적합한 저독성이며 목재 부재를 오염(착색)시키지 않는 새로운 목재보존제의 개발

-연구내용

.저독성 목재보존제의 합성

약제 조성

- 주성분 : 디노테프란+IPBC+아졸계화합물
- 첨가제 : 계면활성제, 지방족계용제, 소포제(소량)
- 제형 : 유제(乳劑), 물로 50배 희석하여 사용
- 용도 : 목부처리용, 토양처리용

약제 조성 비율

| 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 |

-생물적 효력 검증

방부효력

.PDA 배지를 이용한 1차 약제 시험에서 균사 생장 억제효력이 인정된 12종을 선발하였다. 이 약제를 JIS K 1571의 시험규격에 준하여 표면처리 방부효력을 조사하였다. 방부효력 시험균은 PDA 배지 시험에 사용한 균주를 그대로 사용하였다. 시험 결과 선발된 12종의 약제 모두 표면처리에 의해서는 방부효력이 인정되지 않았다. 규격에서의 방부효력 인정 중량감소율은 3% 이하이나 이번 시험에서 12종의 약제는 2종의 공시 시험균에 대해서 약 19 ~ 45%의 높은 중량감소율을 보였다. 목재 시험편을 이용한 방부효력 시험 결과를 아래에 나타냈다. 공시균의 균사가 무처리 및 약제 처리 시험편 모두 완전하게 피복하고 있는 것을 알 수 있다. 이것은 처리 약제가 균사의 생장 억제 효과를 나타내지 못했기 때문이다.

| 약제 명 | 중량감소율(Mean±SD, %) | |
|------|----------------------|---------------------|
| | Fomitopsis palustris | Trametes versicolor |
| A-f | 22.4± 4.3 | 23.5±13.3 |
| B-a | 21.8± 6.2 | 20.3± 5.5 |
| B-c | 21.0± 3.9 | 11.9± 3.8 |
| B-e | 19.6± 3.3 | 24.4±13.0 |
| C-b | 23.5± 3.2 | 23.0± 6.6 |
| C-e | 24.8±15.0 | 13.7± 6.2 |
| D-f | 25.4± 9.3 | 12.8± 3.7 |
| E-a | 26.1± 6.1 | 28.2± 9.0 |
| E-b | 22.1± 4.1 | 16.1± 5.3 |
| E-e | 23.8± 4.4 | 20.9±13.1 |
| E-g | 21.7± 4.3 | 16.9±11.9 |
| E-h | 21.6± 5.3 | 19.2± 9.7 |
| 무처리 | 24.0± 6.2 | 40.2± 8.4 |

방공팡이 효력

.33종의 약제 중에서 목재부후균과 곰팡이에 공히 함께 우수한 생장 억제력을 보인 12종의 약제를 선발하여 목재 시험편을 이용한 방공팡이 효력을 조사하였다. 목재를 이용한 시험에는 공시균으로 JWP A 규격의 공시균으로 규정되어 있는 *Aspergillus niger*, *Aureobasidium pullulans*, *Penicillium funiculosum*, *Tricoderma viride*, *Rhizopus nigricans* 5종을 이용하였다.

| 약제 번호 | 균종 별 평균 평가치 | | | | | S (평균 평가치 합계) | D (피해치) |
|-------|-------------|----|-----|-----|-----|------------------|------------|
| | A1 | A2 | A3 | A4 | A5 | | |
| A-f | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| B-a | 2.3 | 3 | 1 | 1.8 | 1 | 9.1 | 0.7 |
| B-c | 0 | 0 | 0 | 2.7 | 0 | 2.7 | 0.2 |
| B-e | 0 | 0 | 0 | 0.7 | 0 | 0.7 | 0.1 |
| C-b | 2.3 | 3 | 1 | 3 | 0.8 | 10.1 | 0.8 |
| C-e | 1.8 | 3 | 0.8 | 2.2 | 0.7 | 8.5 | 0.7 |
| D-f | 0 | 0 | 0 | 0.3 | 0 | 0.3 | 0.02 |
| E-a | 0 | 0 | 0 | 0.3 | 0 | 0.3 | 0.02 |
| E-b | 2.2 | 1 | 2.5 | 3 | 1.2 | 9.9 | 0.8 |
| E-e | 0 | 0 | 0 | 0.7 | 0 | 0.7 | 0.1 |
| E-g | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| E-h | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| 무처리 | 3 | 3 | 0.5 | 3 | 3 | 12.5 | |
| 용매처리 | 3 | 3 | 2.5 | 3 | 2.5 | 14 | |

.JWPA 시험 규격에 따라 방공팡이 효력을 피해치를 산출하여 표에 나타냈다. 표에서 피해치가 0에 가까울수록 방공팡이 효력이 우수한 것을 의미한다. 12종류의 약제 중에서 피해치가 0인 A-f, E-g, E-h가 방공팡이 약제로 개발할 수 있는 가능성이 높은 것으로 나타났다. 특히 약제 번호 E-g와 E-h에서 우수한 방공팡이 효력을 보인 것은 약제 조성분 중에 수목에서 추출한 환경친화형이며 저독성인 정향 추출액을 함유하고 있기 때문인 것으로 파악되었다.

방공팡이 효력 시험 결과, 출전 : 3차년도 중간보고서

A1 : Aspergillus niger, A2 : Aureobasidium pullulans,

A3 : Penicillium funiculosum, A4 : Tricoderma viride, A5 : Rhizopus nigricans

흰개미 방제 효력

.33종의 합성 약제 중에서 방공팡이 효력이 우수한 12종의 약제를 선발하여 목재 시험편에 표면처리 한 후 흰개미 방제 효력시험을 실시하였다. 그 결과 방공팡이 효력이 우수하였던 약제번호 A-a와 정향을 함유한 E-g와 E-h가 흰개미에 대해서도 우수한 방제효과를 나타냈다. 목재 시험편 시험은 약제를 목재에 표면 도포처리 한 후 흰개미(일흰개미와 병정흰개미 200마리)를 방사하여 7일 경과한 후에 흰개미의 생존 마리수를 조사하는 방식으로 하였으며 이 방법은 JIS K 1571 시험방법에 따른 것이다.

목재 시험편 시험에서 흰개미 사출율(출전 : 3차년도 중간보고서)

| 구분 | 무처리 | 약제 번호 | | | | | | | | | | | |
|--------|-----|-------|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|
| | | A-f | B-a | B-c | B-e | C-b | C-e | D-f | E-a | E-b | E-e | E-g | E-h |
| 사출율(%) | 0 | 97 | 100 | 100 | 17 | 100 | 100 | 100 | 11 | 35 | 100 | 100 | 100 |

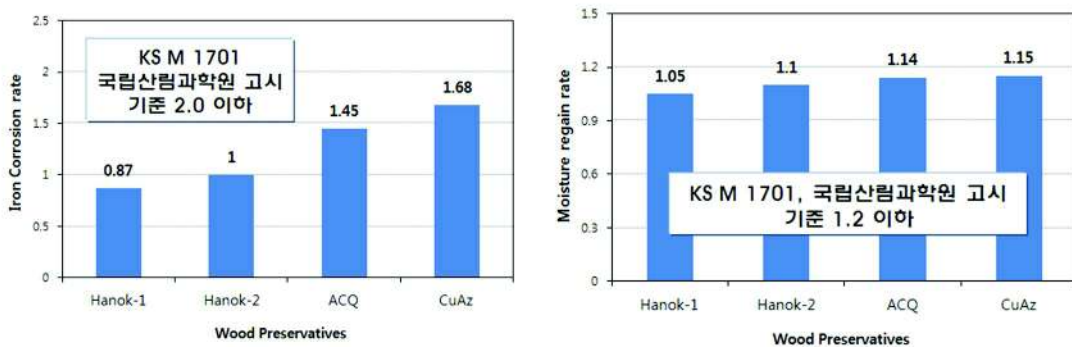
- 목재 시험편을 이용한 흰개미 방제시험에서 100% 사출율을 보인 약제 중에서 정향을 함유한 약제 번호 E-g와 E-h에 대하여 추가적으로 토양 처리 시험을 실시하였다. 그 결과 흰개미는 약제 처리 토양층을 전혀 천공하지 못하고 흰개미 투입 7일 후에 200마리 모두 사멸하였다.

-목재보존제의 비생물적 성능 검증

철부식성과 흡습성

.3차년도에 개발하여 특허 출원한 한옥유지관리용 저독성 목재보존제(네오티코치드계)의 철부식성과 흡습성을 KS M 170 시험 규격에 따라 조사하여 기존의 목재방부제(ACQ, CUAZ)과 비교하였다.

.아래 그래프에서도 알 수 있듯이 개발 보존제의 철부식성과 흡습성은 KS와 국립산림과학원 고시의 품질 기준을 만족시켰으며 상용 목재방부제 ACQ와 CUAZ에 비하여 낮은 철부식비와 흡습비를 나타내 성능의 우수성이 입증되었다.



개발 목재보존제의 철부식성(좌)과 흡습성(우)

-목재보존제의 사용매뉴얼 작성

사용 매뉴얼 내용 구성

.약제의 성상과 주요성분 및 비율

.생물 효력 범위(공팡이, 흰개미)

.공팡이 및 흰개미 방제를 위한 원액의 희석배수와 방제 시기

.목재 및 토양처리 방법(목재 : 분무 또는 도포법, 토양 : 줄 또는 면살포법)

.공팡이와 흰개미에 의한 주요 피해 부위

-방부방충처리 집성재 제조기술 개발

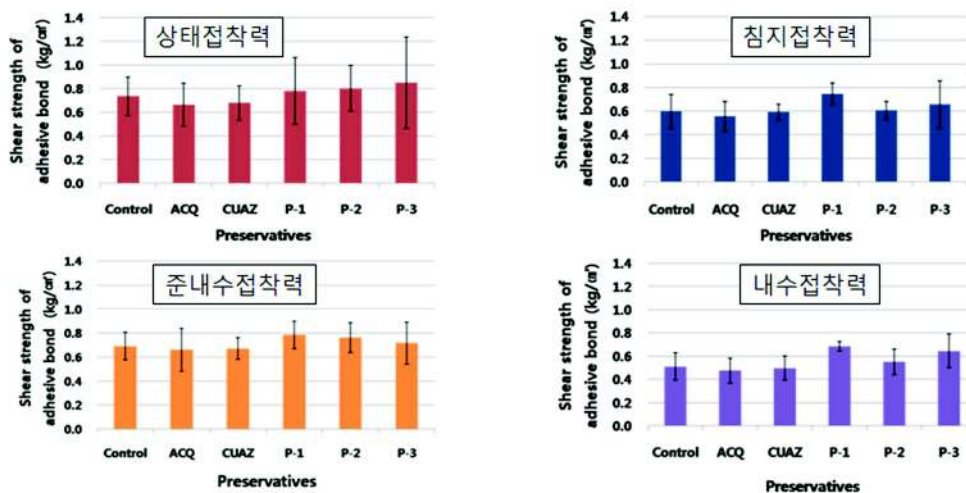
목재보존제 처리 집성재의 제조

.국내산 소나무 시험체에 선발된 3종(우수한 방공팡이와 흰개미 방제성능을 나타낸 약제)의 약제를 표면 도포처리(도포량 266g/m²)한 후 참여기업인 경민산업(주)에서 집성재 제조에 사용하고 있는 레조르시놀계 접착제를 도포(도포량 300g/m²)하여 집성재 시험체를 제작하였다. 제조 조건은 각각 압체 압력 12kg/cm², 압체 시간 20시간으로 하였으며 제조한 시험체는 상온에서 3일간 양생시킨 후 접착력 시험에 사용하였다. 목재방부제로 개발되어 국내에서 가장 많이 사용하고 있는 ACQ와 CUAZ 목재방부제를 동일하게 소나무 시험체에 도포처리한 후 집성목을 제조하여 개발된 약제와의 강도적 성질을 비교하였다.

집성재의 강도성능 평가

.제조한 약제처리 집성재에 대하여 KS F 3022(집성판)와 2106(목재 접착제품의 침지박리 시험)의 시험방법에 따라 4종의 전단접착력을 측정하였다.

.개발 약제로 처리한 집성재는 4종의 모든 접착력 시험에서 상용의 목재방부제 ACQ나 CUAZ에 비하여 우수한 전단접착력을 보였으며 KS 품질기준 0.4kg/cm²을 충족시켜 처리한 약제한 집성재의 접착력 저하는 초래하지 않는 것으로 밝혀졌다.



약제 처리 집성재의 전단접착력

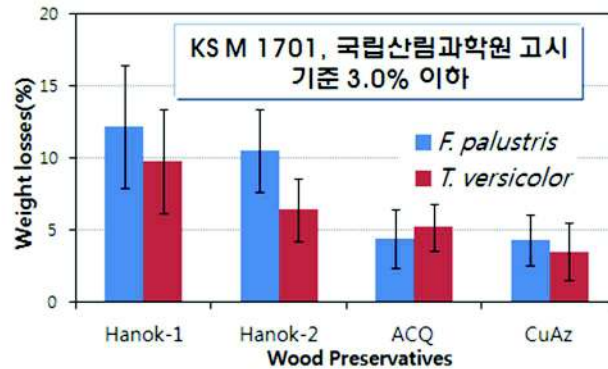
-집성재의 생물적 효력 검증

.개발한 한옥유지관리용 목재보존제를 라미나(판재)에 도포처리한 다음 접착하여 제조한 집성재의 방부효력과 흰개미 방제 효력을 JIS 1571 규격에 준하여 조사하고 국내에서 가장 많이 목재방부처리에 사용하고 있는 ACQ와 CUAZ과 비교하였다.

.개발한 보존제를 처리한 집성재의 방부효력은 중량감소율이 평균 최고 12.2%에서 최저 6.4%를 나타내 기준치인 3.0% 보다 높아 방부효력은 다소 떨어지는 것으로 밝혀졌다. 기존 2종의 방부제(ACQ, CUAZ)

도 기준을 충족시키지 못하여 목재부후균에 대한 효력은 도포처리가 아닌 가압주입처리를 해야 할 것으로 판단되었다.

방공팡이 효력과 흰개미 방제효력이 우수한 것으로 3차년도에 밝혀진 3종의 약제를 처리하여 제조한 집성재에서도 동일한 결과가 나타나 개발 보존제의 우수한 흰개미 방제효력이 입증되었다.



약제처리 집성재의 방부성능



| 구분 | 무처리 | 한옥유지관리용 목재보존제 | | |
|--------|-----|---------------|---------|---------|
| | | Hanok-1 | Hanok-2 | Hanok-3 |
| 사충율(%) | 0 | 100 | 100 | 100 |

약제처리 집성재의 흰개미 방제시험 및 사충율

(3) 연구개발결과

| 연 차 | 연구 내용 | 연구 결과 |
|--------------|----------------------------|---|
| 3차 년 도 | 3-3 한옥 유지관리 매뉴얼 개발 (충남대학교) | <ul style="list-style-type: none"> 유효성분 조성비 별로 총 33종의 약제 조제 약제 특징 : 무색투명하여 처리 목재의 오염(착색)이 없어 한옥 목재 부재 처리에 적합, 경구독성(LD 50) 2804mg/kg(rat)으로 저독성 곰팡이와 흰개미 방제 성능이 매우 우수한 것으로 판명됨 부후균에 대한 방부성능은 품질기준에 미달하여 약제의 도포처리는 부적합한 것으로 나타남 우수한 방의(흰개미) 성능에 따라 흰개미 방제 유화성 목재보존제로 특허 출원 |
| | 방부방충처리 집성목의 제조 및 강도성능 평가 | <ul style="list-style-type: none"> 국산 소나무 제재목을 이용하여 개발된 약제 중에서 생물효력이 우수한 11종의 약제를 도포 처리한 후 집성목을 제조 전단접착력을 비교한 결과 약제 무처리 및 기존의 목재방부제(ACQ, CUAZ)를 처리하여 제조한 집성목에 비해 우수한 강도성능을 보여 개발된 약제의 집성목에 대한 강도저하 현상은 초래하지 않는 것으로 판명됨 |
| 4차 년 도 | 3-2 한옥 유지관리 매뉴얼 개발 (충남대학교) | <ul style="list-style-type: none"> 개발 보존제의 철부식성, 흡습성 모두 KS M 1701의 성능기준에 적합함 사용 매뉴얼: 흰개미의 습성, 피해사례, 침입 및 이동경로, 유효성분 소개, 처리방법, 취급 시 주의 사항 등으로 구성됨 |
| | 방부방충처리 집성재의 생물열화 저항성 검증 | <ul style="list-style-type: none"> 개발 집성재의 흰개미 방제 성능은 품질기준을 충족 집성재의 부후균에 대한 방부성능은 기준에 미달하여 약제의 도포처리는 부적합한 것으로 판명됨 |