

# 시멘트와 황토의 혼합 비율에 따른 건축 재료에서의 곰팡이 성장 속도 비교

연구자: 김유선, 고다혜, 김가나,  
김소연, 문지민, 선예슬, 장진화

## 《 초 록 》

현대 한옥은 균열 방지를 위해 황토에 시멘트를 배합한 황토몰탈을 미장재로 이용한다. 매체에서는 황토몰탈의 항균성과 환경 친화적 측면을 선전하고 있지만, 한옥 구조의 특성 상 손이 닿지 않는 서까래에 곰팡이가 빈번하게 발생한다. 국가한옥센터의 '한옥 인식 및 수요특성 조사'에 따르면 이러한 유지 비용 발생으로 한옥에 거주하고 싶지 않다는 응답이 존재한다. 따라서 본 연구에서는 황토, 황토몰탈, 시멘트에서의 곰팡이 성장 속도와 양상을 비교하여 건축 재료의 항곰팡이 성능을 평가하고, 천연 항곰팡이제와의 조합을 통해 은평 한옥마을 주민들에게 항곰팡이 가이드라인을 제시하고자 한다. 균주는 집곰팡이 *penicillium chrysogenum*을 이용하였으며, 곰팡이 성장은 황토, 황토몰탈, 시멘트를 pda 배지에 부착하여 최적온도에서 배양하며 5단계의 mold index로 평가하였다. mold index는 건축재료만 부착한 plate에서 4단계, 피톤치드와 황토몰탈에서 2단계, 마조람과 황토몰탈에서 3단계로 나타났다. 따라서 건축재료 자체의 항곰팡이능이 존재한다고 보기 어려우며, clear zone이 형성되고 colony 수가 적은 plate와 같이 피톤치드를 천연 살균제로 제안하고자 한다.

## 목 차

I. 서론 .....	03
1. 연구 동기 .....	03
2. 연구 목적 .....	03
II. 이론적 배경 .....	03
1. 황토, 황토 몰탈, 시멘트의 화학적 조성 .....	03
2. penicillium chrysogenum .....	04
3. 한옥에서의 곰팡이 발아 실태 조사 .....	04
III. 연구 방법 .....	04
1. 연구내용 및 방법 .....	04
IV. 결과 및 고찰 .....	05
1. 실험 결과 .....	05
2. 결과 해석 .....	05
V. 결론 및 제언 .....	06
1. 결론 및 제언 .....	06
VI. 참고 문헌 .....	07

# I. 서론

## 1. 연구 동기

의·식·주는 인간 삶의 가장 기본적인 욕구로 그 중 주거의 기능은 인간생활의 기본적인 욕구를 충족하는 수단이자 사회적 자본 형성의 기초를 제공함으로써 삶의 질을 결정하는 매우 중요한 요인이다. 주거만족은 주거욕구의 충족정도를 주택에 대한 기대감, 열망, 경험 등에 비추어 비교함으로써 현재의 거주상태에 대하여 내리는 평가결과를 의미한다. (1) 한옥국가센터에서 진행한 대국민 한옥 인식 및 수요특성 조사에 따르면 2013년부터 2021년까지 한옥에 대해 지속적으로 호감은 나타나고 있고 2021년에는 1200명 중 68.2%가 향후 한옥에 거주할 의향이 있다고 답하며 2013년 대비 10.7%가 증가한 모습을 보였다. 2021년을 기준으로 한옥에 거주하고 싶은 가장 큰 이유로 '개방적인 구조(28.6%)'와 '친환경적이고 건강에 이로움(27.0%)'이 대표적이었다. (2) 이에 따라 본 연구에서는 은평한옥의 특징적인 건축소재 중 하나인 황토몰탈을 중심으로 다른 일반 한옥의 황토와 대중적인 거주공간인 아파트의 시멘트와 비교하여 거주자에게 미치는 보건적 이점에 대해 알아보려고 하였다.

## 2. 연구 목적

균열 방지를 목적으로 천연 황토에 시멘트를 혼합한 황토몰탈과 전통 가옥의 주된 건축재료인 천연황토, 현대식 건물의 미장재인 시멘트에서의 곰팡이 성장 속도와 양상을 비교하여 황토몰탈의 항곰팡이 성능을 확인하고자 한다.

살균제의 화학 성분인 차아염소산나트륨은 신체 점막에 닿아 차아염소산, 암모니아로 분해되어 독성을 띤다. 따라서 천연 항균제로 알려져 있는 피톤치드와 마조람을 이용하여 황토몰탈과의 조합으로 은평 한옥마을 주민들에게 천연 집곰팡이 살균 가이드라인을 제시하고자 한다.

# II. 이론적 배경

## 1. 황토, 황토 몰탈, 시멘트의 화학적 조성

황토는 그 구성 성분 중 0.02~0.05mm 크기의 입자를 무게비 기준 50% 가량 가지며 조립질과 중립질의 먼지를 포함하는 퇴적물이다. 이외에도 0.005mm 이하의 점토 크기 입자 약 5~10%를 포함하고 있으며, 탄산칼슘에 의해 느슨하게 교결되어 있다. 황토의 화학 조성은 50~60%의 실리카( $\text{SiO}_2$ ), 8~12%의 알루미나( $\text{Al}_2\text{O}_3$ ), 2~4%의 산화철( $\text{Fe}_2\text{O}_3$ ), 0.8~1.1%의 산화철( $\text{FeO}$ ), 약 0.5%의 이산화티탄( $\text{TiO}_2$ )과 산화망간( $\text{MnO}$ ), 4~16%의 석회( $\text{CaO}$ ), 2~6%의 산화마그네슘( $\text{MgO}$ )의 비율로 가장 흔하게 나타난다. (3) 이는 지역에 따라 변화하며 우리나라의 경우 43~76%의 실리카( $\text{SiO}_2$ ), 13~24%의 알루미나( $\text{Al}_2\text{O}_3$ ),

2~12%의 산화철( $Fe_2O_3$ ), 0.5~2.9%의 산화마그네슘( $MgO$ ) 비율로 구성되어 있다. (4) 시멘트는 물과 같은 액체로 반죽하며 교착제 등으로 사용할 수 있는 무기질 물질을 의미한다. 시멘트는 석회( $CaO$ ), 실리카( $SiO_2$ ), 알루미나( $Al_2O_3$ ) 등으로 이루어져 있다. (5) 황토 몰탈은 황토와 시멘트(석고)를 혼합한 물질로, 주로 황토를 원료로 하는 건축 현장에서 많이 사용된다.

## 2. penicillium chrysogenum

습기 찬 집 내부에서 주로 서식하는 곰팡이다.(6)다른 penicillium family와 유사하게 푸른 색을 띠기도 하고, 아이보리 색상을 띠기도 하기 때문에 색만으로는 구별할 수 없다. 항생제 penicilin의 주 원료가 되기도 하나, 사람에게 작용하는 주요 알레르기 항원 중 하나이다.(7)

## 3. 한옥에서의 곰팡이 발아 실태

한옥은 기와, 기둥, 서까래, 마루, 창호 등 내부와 외부 구조가 복잡하고 목재를 많이 사용하기 때문에 곰팡이가 생기지 않도록 꾸준한 관리가 필요한 구조물이다. 특히 은평 한옥 마을에도 다수 존재하는 현대식 한옥의 경우, 자연재료에 다양한 재료가 혼합 시공되어 전통 한옥에는 존재하지 않았던 곰팡이들이 다양하게 발생할 수 있어 더욱 유지관리가 중요하다. 곰팡이 전문 청소 업체에 따르면 한옥은 관리를 조금만 미흡하게 하더라도 쉽게 곰팡이가 발생할 수 있는 환경이고 복잡한 구조를 가지고 있기에 곰팡이 제거가 까다롭다고 한다.

# Ⅲ. 연구 방법

## 1. 연구내용 및 방법

### 1) 시편의 제작

황토, 황토몰탈, 시멘트 가루와 물을 가루 2: 물 1 비율로 혼합하여 점도가 있는 상태에서 5\*5cm 비율로 기름종이 위에 부착했다. 천연 항곰팡이제는 편백잎에서 추출한 피톤치드, 마조람 용액 각 10mL을 준비했다. 5개의 plate에 부착한 시료를 정리하면 다음 표와 같다.

plate 1	plate 2	plate 3	plate 4	plate 5
황토	황토몰탈	황토몰탈	황토몰탈	시멘트
x	x	피톤치드	마조람	x

<표1> 5개 plate의 시료 조합

### 2) 항곰팡이 실험

곰팡이 저해 성능은 ASTM G-21의 방법으로 측정했다. 배지의 조성은 다음과 같다. (생물자원센터에서 발송한 문서의 배지 제작 방식을 따랐다.) 껌질을 깔고 싹을 완전히 제거한 감자 300g을 증류수 500ml와 약불에서 30분 삶는다. 삶은 감자 물을 거르고 증류수와 혼합해 총 1L의 감자 용액을 제작한다. 감자 용액에 glucose 20g, agar 15g을 혼합

하고 물중탕 하여 15분 가열한다. 가열한 용액을 실온에서 식히고 하단층은 오토클레이브에 120°C로 15분 멸균하여 PDA 배지를 제작한다. 곰팡이 균주는 KCTC에서 분양받은 penicillium chrysogenum 동결건조 샘플을 이용했다. 활성화시킨 균주를 0.5ml 씩 배지에 접종한 후, 중앙 부분에 시편을 부착하여 인큐베이터 24°C에서 곰팡이 생장을 5일간 관찰했다.

observed mold growth	index (rating)
No Growth	0
Trace of Growth (less than 10% coverage)	1
Light Growth (10~30% coverage)	2
Medium Growth (30~60% coverage)	3
Heavy Growth (60~100% coverage)	4

<표2> ASTM G-21의 mold index 0~4

곰팡이 발생 면적 측정은 image J 프로그램에서 plate의 지름을 10cm로 설정한 후 진행했다.

## IV. 결과 및 고찰

### 1. 실험 결과

mold index	plate 1	plate 2	plate 3	plate 4	plate 5
1일차	0	0	0	0	0
2일차	1	1	1	1	1
3일차	2	2	1	1	2
4일차	2	3	2	2	4
5일차	4	4	2	3	4

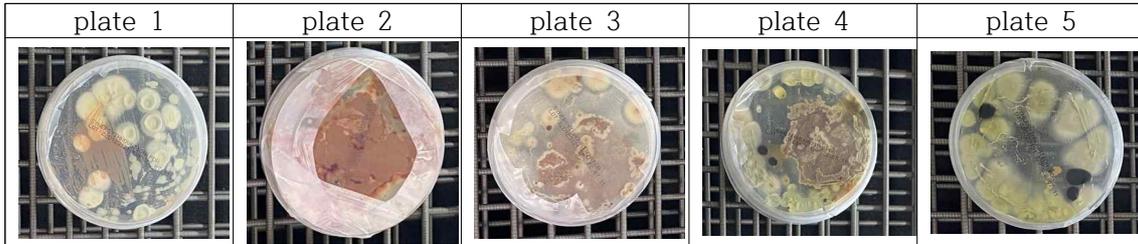
<표3> 5일 간 관찰한 plate 5개의 mold index

#### 1) 황토, 황토몰탈, 시멘트의 곰팡이 성장 속도와 양상

plate 1,2,5에서 곰팡이 배양 48시간 경과 이후로 colony 10개 이상이 발생했다. plate 5에서 발생한 검은 곰팡이는 penicillium chrysogenum이 성숙한 것으로 확인된다. 5일차 관찰 결과를 기준으로 mold index는 heavy growth에 해당하는 4단계이고 coverage rate는 plate1 < plate 5 < plate 2 순서로 나타난다. plate 1과 2의 황토, 황토몰탈 시료는 배지에 일부 녹아버린 것을 관찰할 수 있다. plate 2의 경우에는 곰팡이가 시료 전체를 뒤덮었기 때문에 앞, 뒷면이 모두 흰색으로 관찰되었다.

## 2) 황토몰탈과 천연 항곰팡이제의 조합

plate 3과 4는 곰팡이 배양 48시간 경과 이후로 가장자리에서 colony가 발생하기 시작했으며, 실험 종료 후에도 황토몰탈 시편을 부착한 중앙에는 곰팡이가 자라지 않았다. 5일 차의 mold index는 2,3으로 단기간 관찰 결과로는 피톤치드의 항곰팡이 성능이 더 강력함을 알 수 있다. plate 4의 곰팡이는 초록색, 검은색으로 관찰되는 부분도 있으므로 plate 4에서 곰팡이가 더 빠르게 성숙했음을 알 수 있다.



<표 4> 곰팡이 배양 후 사진

## 2. 결과 해석

곰팡이의 성숙도와 관계없이 colony의 수와 발생 면적을 비교하면 plate 2>5>1>4>3 순이다. 단기간(5일)의 관찰 결과로는 plate 1,2,5와 plate 3,4의 곰팡이 발생 면적이 유의미한 coverage rate 차이를 보였다. 건축 재료 자체의 항곰팡이 성능은 없는 것으로 확인되었으며, 항곰팡이제를 투입함에 따라 중앙의 시료 부분에 성장 억제 구역이 생성된 것을 확인할 수 있다.

곰팡이의 성숙은 plate 4, 5에서 일어났는데, 이는 pda 배지 제작 과정에서 영양분이 불균일하게 혼합되었을 가능성을 고려하여 항곰팡이 성능을 평가하는 기준에서 제외하였다. plate 2에서 관찰되는 시료의 균열은 시료를 부착하는 과정에서 발생한 것이 아니므로 곰팡이의 성장에 의해 약해진 부분이 파손된 것으로 추정된다.

천연 항곰팡이제를 투입한 plate 3과 plate 4를 비교해 보면 plate3의 colony수가 더 적고 coverage rate도 적다. 피톤치드와 황토모르타르의 조합에서 가장 항곰팡이 능력이 뛰어나다는 결과를 알 수 있다.

# V. 결론 및 제언

## 1. 결론 및 제언

1) 5일 후 plate 1,2,5에서 모두 mold index가 heavy growth인 4단계에 해당하므로 황토, 황토몰탈, 시멘트 모두 건축재료 그 자체에는 항곰팡이 성능이 없다. 따라서 한옥마을 주민들에게 해당 건축자재에 필요한 곰팡이 및 균 처리 가이드라인을 통한 지속적 자재 보존방법을 마련할 필요가 있다.

2) 피톤치드는 천연 항균제로 널리 알려져 있으며, 황토몰탈과의 배합에서도 뛰어난 항곰팡이 성능을 보였다. 또한 한옥마을의 가로수는 편백나무를 다수 포함하고 있으므로 편백잎을 이용해 황토몰탈 미장재에서 번식하는 집곰팡이를 살균하는 방향으로 의견을 제시하고자 한다.

## VI. 참고 문헌

- (1) 정현 and 문상호. (2020). 주거환경이 주거만족도에 미치는 영향: 장기전세주택(SHift)과 민간전세주택의 비교를 중심으로. 국토연구, 107, 230
- (2) 국가 한옥 센터(2021.6.8.). 2021 대국민 한옥 인식 및 수요특성 조사 [홈페이지 게시 자료]. Retrieved from <https://www.hanokdb.kr/>
- (3) 황토(n.d.).네이버지식백과농식품백과사전. <https://terms.naver.com/>
- (4) 황진연, 장명익, 김준식, 조원모, 안병석, 강수원(2000). 우리나라 황토(풍화토)의 구성광물 및 화학성분. 한국광물학회지,13(3).155
- (5)시멘트(n.d).네이버지식백과 한국민족문화대백과. <https://terms.naver.com/>
- (6)Andersen, B., Frisvad, J. C., Søndergaard, I., Rasmussen, I. S., & Larsen, L. S. (2011). Associations between fungal species and water-damaged building materials. *Applied and environmental microbiology*, 77(12), 4180-4188.
- (7) de Hoog GS, Guarro J, Gené J, Figueras F (2000), *Atlas of Clinical Fungi*(2nd Edition), Utrecht: Centraalbureau voor Schimmelcultures