

濕熱氣候下建材防黴性能評估之研究



內政部建築研究所自行研究報告

中華民國 97 年 10 月



PG9710-0127

097301070000G2007

濕熱氣候下建材防黴性能評估之研究

研究人員：羅時麒、姚志廷




內政部建築研究所自行研究報告

中華民國 97 年 10 月



ARCHITECTURE AND BUILDING RESEARCH INSTITUTE
MINISTRY OF THE INTERIOR
RESEARCH PROJECT REPORT

Assessment of mold-resistance
performance for building materials in
humid subtropical zone



BY

LO SHIH CHI

YAU JYH TYNG

October, 2008



目次

表次	III
圖次	V
摘要	VII
第一章 緒論.....	1
第一節 研究緣起與背景	1
第二節 研究目的	3
第三節 研究流程	4
第四節 預期成果	6
第二章 文獻回顧與探討.....	7
第一節 室內空氣污染物之來源與特性	7
第二節 黴菌之生長條件及危害	11
第三節 台灣濕熱氣候下建材之黴菌生長問題	14
第四節 健康綠建材之低逸散與防黴性能評估	18
第五節 國外建材標章防黴性能評估之發展	24
第三章 國內外建材防黴性能檢驗方法分析.....	27
第一節 織品防黴試驗與評估	27
第二節 建材防黴性能評估	34
第三節 防黴抗菌劑的作用機制	39
第四節 台灣室內常見的黴菌	41
第四章 綠建材之防黴性能測試及增列評定可行性分析 .	47
第一節 試驗樣品與配置	48
第二節 試驗方法	50

第三節 試驗結果.....	53
第四節 增列防黴性能評定項目之可行性分析.....	57
第五章 結論與建議.....	63
第一節 結論.....	63
第二節 建議.....	65
附錄一、期初審查意見及回應.....	67
附錄二、期中審查意見及回應.....	71
參考書目.....	77



表次

表 2-1 環保署公告「室內空氣品質標準建議值」	8
表 2-2 主要室內環境污染物之分類	9
表 2-3 國內裝修建材類別	10
表 2-4 台灣各氣象站月平均相對濕度統計表	15
表 2-5 台灣各氣象站月平均降雨日數統計表	16
表 2-6 台灣各氣象站月平均氣溫統計表	17
表 2-7 健康綠建材評定範圍與基準	22
表 3-1 不同防黴試驗方法測試環境比較	28
表 3-2 不同防黴試驗方法分級及菌種比較	28
表 3-3 使用黴菌種類比較	30
表 3-4 抗黴等級分級	38
表 3-5 黴菌出現比例及相對濕度	42
表 3-6 各國黴菌出現比例比較表	43
表 3-7 不同建材所出現之黴菌	45
表 4-1 實驗配置表	49
表 4-2 試驗結果	56
表 4-3 國內試驗機構防黴性能檢測之費用與標準	60
表 4-4 增列防黴性能評定項目之可行性分析比較	62



圖次

圖 1-1 研究流程	5
圖 2-1 黴菌產生分生孢子進行無性生殖的周期	11
圖 3.1 暈圈法試驗結果	31
圖 3.2 青黴菌培養	35
圖 3.3 黴菌生長曲線	36
圖 3.4 Greenguard十種建材防黴測試結果	37
圖 3.5 防黴劑防黴機制	40
圖 4.1 高壓滅菌釜	52
圖 4.2 恆溫培養箱	52
圖 4.3 菌落計數器	52
圖 4.4 顯微鏡	52
圖 4.5 合板試驗結果	54
圖 4.6 填縫劑試驗結果	55



摘 要

關鍵詞：健康綠建材、防黴性能、真菌

一、研究緣起

台灣地處亞熱帶氣候區，具有海島型氣候之高溫高濕的特性，隨著建築物之使用年限增長、使用維護不當，常有牆壁滲水或建築物通風不良之情形，造成室內環境潮濕，極易孳生黴菌。散佈在室內空氣中之黴菌孢子，落在裝修材料及傢俱表面孳生，可能造成建築物、建材、傢俱的損害，亦可能引起人體過敏、皮膚病等健康危害，因此，為維護國人的居住健康，應加強室內環境與裝修材料之防黴性能評估。

二、研究方法及過程

本研究首先蒐集國內外建材防黴性能之評估機制、相關檢驗方法、研發現況等文獻，再進行國內外各種建材黴菌生長檢驗方法之比較分析，探討建材防黴性能評估之可行性。其次，為建立我國健康綠建材標章之防黴性能評估基準，進行適合濕熱氣候下之建材防黴性能檢驗方法調查，例如溫度、溼度、菌種選擇、培養時間等，並依實驗設計方法選擇國內常用之裝修建材進行黴菌生長實驗，以評估國內常用之裝修建材之防黴性能。

三、重要發現

我國位處高溫高濕之環亞熱帶氣候區域，適合各種微生物的生長與繁衍，再加上人口密度偏高，居住環境的健康議題，相較於其他國家，更顯重要與迫切。本研究針對我國特殊之地理環境與氣候特性，進行建材防黴性能之相關資料蒐集與試驗，重要結論如下：

建材防黴性能具可客觀評定之特性，未來可採自願性方式納入健康建材評估項目中進行評定。

建材防黴性能評估以青黴 (Penicillium) 菌屬為檢測指標，為適當且可行之作法。

實驗研究發現有機合板及填縫劑之防黴性能較無機建材為差，有必要增加防黴性能評估。

四、主要建議事項

根據本研究之文獻調查及實驗結果，提出下列具體建議，以下分別從立即可行的建議、及中長期建議加以列舉：

立即可行建議—建議健康綠建材標章增列防黴性能為「選擇」評定項目，並採自願性方式進行評定。

主辦機關：內政部建築研究所

協辦機關：

中長期之建議—建議針對建築材料，著手研擬防黴試驗及防黴性能評估之相關國家標準。

主辦機關：經濟部標準檢驗局

協辦機關：內政部建築研究所

中長期之建議—建議未來能進行跨領域的整合研究，深入探討微生物的生長與抑制機理，及其對建材及對人體健康的影響。

主辦機關：內政部建築研究所

協辦機關：行政院環境保護署、行政院衛生署

ABSTRACT

Keywords: Healthy green building material, Performance of mold-resistance, Fungi

Taiwan is located in the humid subtropical climate zone and surrounded by the sea. The indoor environment of buildings is typically prone to being moist. It can also be easier for the fungus to grow in the condition of leakiness and stuffiness, accompanied with inappropriate use and poor maintenance of buildings. If the fungus spores spread out in the air to fall on building materials and grow on their surfaces, the materials and furnishings would be damaged and the skin disease possibly occurred. Therefore, the purpose of this study is to strengthen the assessment of mold-resistance performance of building materials and to preserve the human health in indoor environment.

The study first reviewed the references including regulations, management systems, and measure methods on mold-resistance performance of building materials, and then compared the measure method of fungi growth in different materials, followed by the feasibility of mold-resistance assessment analyzed. Second, the mold-resistance performance of building materials was used to assess the feasibility under the humid subtropical climate. Finally, a series of fungi growth experiments based on the experiment design method to assess the mold-resistance performance of different building materials were performed.

The health issue of mold-resistance performance has already been one of the urgent issues for evaluating living environment in Taiwan. Based on the above analysis results, the important findings of this study are concluded as follows:

1. The assessment of mold-resistance performance is an objective method. So, such an evaluation item can be further incorporated in healthy green building materials label voluntarily.
2. The *Penicillium* can be used to be an indicator to measure the mold-resistance performance of building materials and proves to be feasible.
3. The mold-resistance performance of wood boards and silica is less than that of other inorganic building materials. These building materials can be involved in the pilot mold-resistance assessment.

The immediate and long-term suggestions of this study are proposed as follows:

1. For immediate suggestion: Planning to increase the item of mold-resistance assessment should be incorporated in healthy green building materials label voluntarily by the Architecture and Building Research Institute, Ministry of the interior (ABRI, MOI).
2. For long-term suggestion:
 - a. Planning to establish the CNS standards of test method and measure assessment of different building materials conducted by the Bureau of Standards, Metrology & Inspection, Ministry of Economic Affairs.
 - b. Planning to carry out the integrated research of the microorganism growth, control principle and the effect of fungi growth on human health conducted by the ABRI, MOI.

第一章 緒論

第一節 研究緣起與背景

台灣地處亞熱帶氣候區，具有海島型氣候之高溫高濕的特性，因建築設計不良或建材選用不當等因素，隨著建築物之使用年限增長、使用維護不當，常有牆壁滲水或建築物通風不良之情形，造成室內環境潮濕，極易孳生黴菌(為真菌的一支)。散佈在室內空氣中之黴菌孢子，可能產生室內環境危害問題，除落在裝修材料及傢俱表面孳生，可能造成建築物、建材、傢俱的損害外，亦可能引起人體過敏、皮膚病等健康危害，增加居住者的健康風險，因此，為維護國人的居住健康，應加強室內環境與裝修材料之防黴性能評估。

為維護室內空氣品質，在室內空氣污染源管制方面，行政院環保署 2005 年公告「室內空氣品質建議值」，包括：二氧化碳、一氧化碳、甲醛、總揮發性有機化合物、細菌、真菌、粒徑小於十微米的懸浮微粒、粒徑小於二點五微米的懸浮微粒、臭氧及溫度等 10 項空氣污染物。該建議值除管制甲醛及 TVOC 等化學逸散物外，並管制生物性之污染物，規定真菌(Fungi)之最高限值為 1000 CFU/m³。內政部建築研究除已將室內環境指標納入「綠建築標章」評估體系，鼓勵室內裝修材料採用低逸散性綠建材外，並以甲醛及 TVOC 之逸散速率基準評定「健康綠建材標章」，同時內政部營建署已完成綠建材的法制化作業，將綠建材使用率納入「建築技術規則」。

在台灣亞熱帶高溫高濕氣候特性下，室內環境之黴菌曝露量與裝修建材之黴菌生長問題相當顯而易見，然而，現行「健康綠建材標章」之評估項目尚未針對本土亞熱帶高溫高濕之黴菌生長問題進行評定。考量我國亞熱帶高溫高濕氣候之防黴需求，同時基於建材防黴性能已成為許多健康綠建材生產廠商的重要訴求，亟需檢討現行「健康綠建材標章」是否增列防黴性能評估項目，以解決室內裝

修材料之黴菌生長對建築物、建材、傢俱等可能造成之危害，創造健康的室內居住環境。因此，本年度爰辦理「濕熱氣候下建材防黴性能評估之研究（以下簡稱本研究）」，實為刻不容緩之課題。



第二節 研究目的

在台灣亞熱帶高溫高濕氣候特性下，室內環境之黴菌曝露量與裝修建材之黴菌生長問題相當顯而易見，有關室內裝修材料之防黴性能評估標準，世界上大部分國家尚無標準，目前美國 Greenguard 標章已著手進行壁紙、黏著劑、地板等產品的防黴性能實驗基線，歐盟、日本亦進行建材防黴性能評估之相關研究。我國目前僅有適用於各類纖維及其製品之 CNS 2690(1975)纖維製品防黴性能檢驗法，其他建材尚無防黴性能檢驗法及評定基準。因此，本研究蒐集及參考各國相關建材防黴性能評估機制之文獻，進行現行「健康綠建材標章」是否增列防黴性能評估項目之檢討及可行性分析，俾供未來健康綠建材標章增修訂防黴性能評定項目之參考。

本研究之目的，說明如下：

1. 探討室內裝修材料及傢俱產品之黴菌生長問題及防黴性能。
2. 蒐集國內外建材防黴性能評估機制之相關文獻。
3. 調查適合濕熱氣候下之建材防黴性能檢驗方法。
4. 分析我國健康綠建材標章增列防黴性能評估項目之可行性。

第三節 研究流程

為釐清室內環境裝修建材之黴菌生長問題，本研究分析台灣本土之氣候特性、室內環境溫溼度特性、建材基質特性、黴菌生長特性等，以了解此問題之定位。本研究首先蒐集國內外建材防黴性能之評估機制、相關檢驗方法、研發現況等文獻，再進行國內外各種建材黴菌生長檢驗方法之比較分析，探討室內環境建材防黴性能評估之可行性。

其次，為建立我國健康綠建材標章之防黴性能評估基準，進行適合濕熱氣候下之建材防黴性能檢驗方法調查，例如溫度、溼度、菌種選擇、培養時間等，並依實驗設計方法選擇國內常用之裝修建材進行黴菌生長實驗，以評估國內常用之裝修建材之防黴性能。

最後，依台灣本土氣候環境特性及參酌美歐日等國最新發展趨勢，檢討現行健康綠建材標章增列防黴性能評估項目之可行性分析，以解決黴菌生長問題對建築物、建材、傢俱之危害，提出增修訂建議與策略，俾供參考。

本研究之研究方法如下，研究流程與步驟，詳圖 1-1 所示：

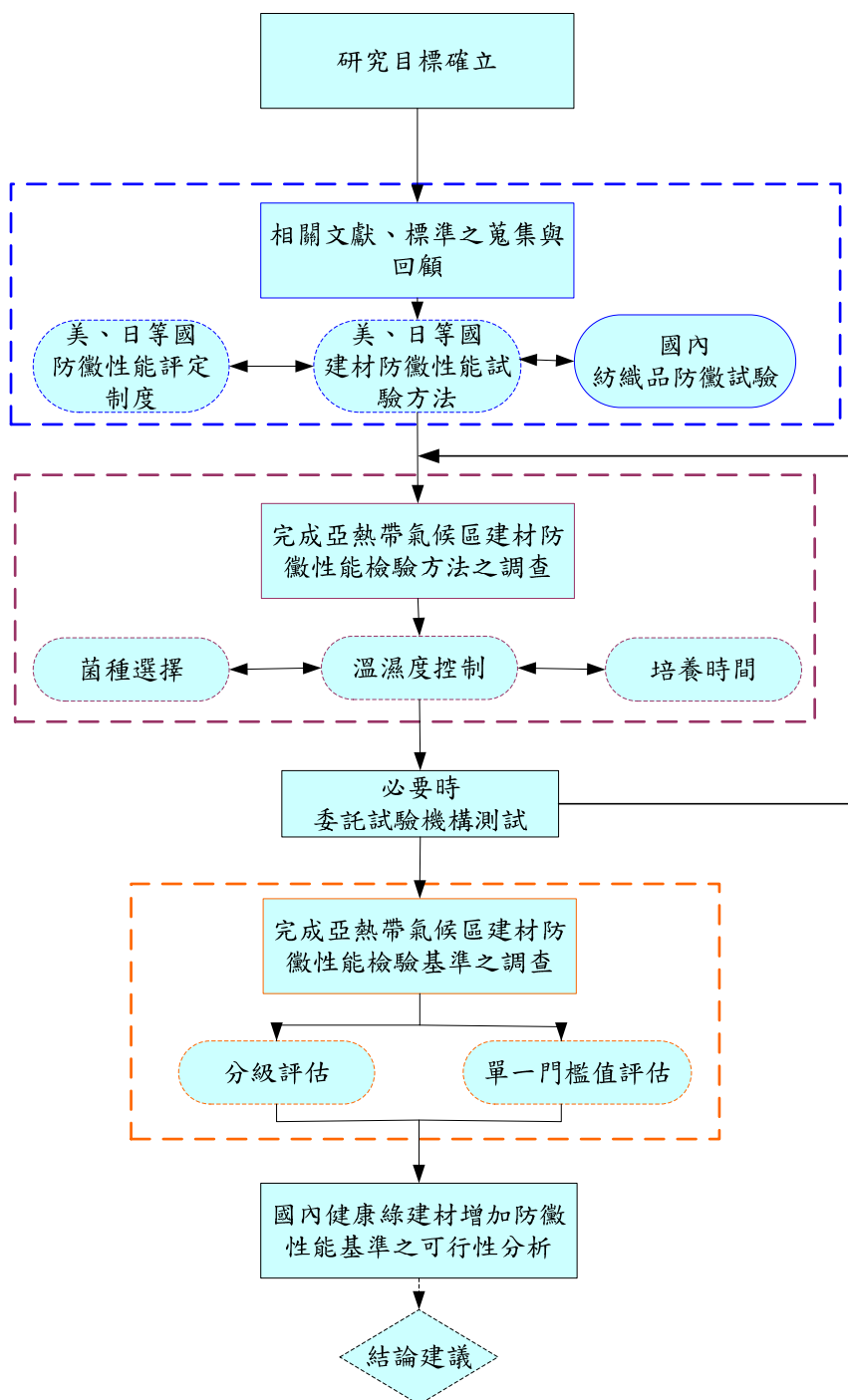


圖 1-1 研究流程

第四節 預期成果

本研究之預期成果，說明如下：

- 一、完成國內外建材之防黴性能研發機制文獻蒐集。
- 二、完成國內外建材防黴性能之相關規範標準蒐集。
- 三、完成適合濕熱氣候之建材防黴性能檢驗法調查。
- 四、完成我國健康綠建材標章增列防黴性能評定項目之可行性分析。



第二章 文獻回顧與探討

第一節 室內空氣污染物之來源與特性

現代人超過 90% 的時間生活於室內環境，室內環境的良窳直接影響室內人員的健康，隨著建築物朝向密閉化、空調化發展，導致居家環境通風不良，室內濕度長高於 70% 以上，在高溫高濕環境下極易助長黴菌生長，若具有過敏體質的人，極易受黴菌影響產生各種過敏症狀，這從台灣新生兒過敏症狀逐年上升的趨勢可印證。因此，室內空氣品質之黴菌生長及建材防黴議題，逐漸引起國內社會大眾之重視。

為降低室內環境之危害，世界衛生組織(WHO)自 2001 年進行跨國性「住宅與健康計畫」(Housing and health programme)，該計畫將住宅環境分成物理性、化學性、生物性及社會性因子，並進行相關環境因子之調查與診斷，期讓建築物成為健康建築(Healthy buildings)，以保障室內人員之健康安全。我國室內空氣品質之管理，行政院環保署已擬訂提報「室內空氣品質管制法(草案)」，目前該法尚在審理中，該署並於民國 94 年 12 月 30 日公佈「室內空氣品質標準建議值」，包括二氧化碳(CO₂)、一氧化碳(CO)、甲醛(HCHO)、總揮發性有機化合物(TVOC)、細菌(Bacteria)、真菌(Fungi)、粒徑小於或等於 10 微米之懸浮微粒 (PM₁₀)、粒徑小於或等於 2.5 微米之懸浮微粒 (PM_{2.5})、臭氧及溫度等，如表 2-1 所示，其內容可區分為「物理性」、「化學性」及「生物性」等項目。

根據民眾聚會特性分 2 類場所適用不同寬嚴程度數值，第 1 類係對於室內空氣品質有特別需求場所採用較嚴格數值，包括學校及教育場所、兒童遊樂場所、醫療場所、老人或殘障照護場所等；第 2 類則係指一般大眾聚集之公共場所及辦公大樓，包括營業商場、交易市場、展覽場所、辦公大樓、地下街、大眾運輸工具及車站等室內場所。

表 2-1 環保署公告「室內空氣品質標準建議值」

項目	建議值			單位
	8 小時值	第 1 類	第 2 類	
二氧化碳 (CO ₂)	8 小時值	第 1 類	600	ppm (體積濃度百萬分之一)
		第 2 類	1000	
一氧化碳 (CO)	8 小時值	第 1 類	2	ppm
		第 2 類	9	
甲醛 (HCHO)	1 小時值		0.1	ppm
總揮發性有機化合物 (TVOC)	1 小時值		3	ppm
細菌(Bacteria)	最高值	第 1 類	500	CFU/m ³ (菌落數/立方公尺)
		第 2 類	1000	
真菌(Fungi)	最高值		1000	CFU/m ³
粒徑小於等於 10 微米 (μm) 之懸浮微粒 (PM ₁₀)	24 小時值	第 1 類	60	μg/m ³ (微克/立方公尺)
		第 2 類	150	
粒徑小於等於 2.5 微米 (μm) 之懸浮微粒 (PM _{2.5})	24 小時值		100	μg/m ³ (微克/立方公尺)
臭氧 (O ₃)	8 小時值	第 1 類	0.03	ppm(體積濃度百萬分之一)
		第 2 類	0.05	
溫度(Temperature)	1 小時值	第 1 類	15 至 28	°C (攝氏)

(資料來源：行政院環保署，民國 94 年 12 月 30 日)

造成室內空氣品質不良的污染物很多，依其特性可區分為「化學性」、「物理性」及「生物性」等，詳如表 2-2 所示，這些污染物經由吸入、食入、或吸收、代謝過程，對人體健康造成影響。就化學性污染物而言，目前國人關注之室內空氣污染物以化學性污染物為主，尤其品質不良之室內裝修材料，例如地毯、瓷磚、地板、壁飾，詳如表

2-3 所示，常會含有各種有毒氣體而污染室內空氣，以及品質不良之傢俱，例如桌椅等常含有黏著劑、油漆、染料等。不同的建材具有不同的甲醛 (formaldehyde) 及揮發性有機物質，例如油漆刺鼻的味道大約需要三、四天可以散去，而合板中的甲醛可能持續逸散數年之久。

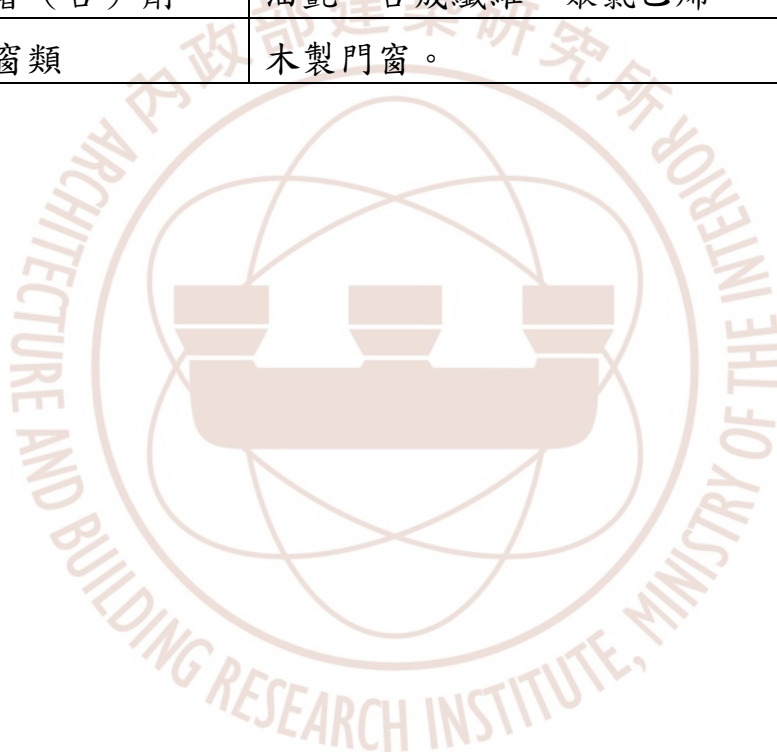
就生物性之影響因子而言，紀碧芳(2003)曾整理相關文獻，說明潮濕的室內環境與居住者的呼吸道症狀及過敏性疾病有關，而潮濕的室內環境之所以導致這些健康危害，可能是因為潮濕的環境可促使室內環境中的微生物例如塵蟎、細菌及黴菌的生長更為旺盛(Peat *et al*, 1998； Harving *et al*, 1993)而引起。

表 2-2 主要室內環境污染物之分類

大類	次類別	項目
化學性	無機物	氣狀、液狀、固狀
	有機物	化合物如甲醛、VOCs、大氣污染物
物理性	變性	溫度、溼度、音環境、光環境
	不變性	電磁波
生物性	動物	蟲
	植物	花粉
	微生物	細菌、真菌、病毒
	其他	人體毛髮

表 2-3 國內裝修建材類別

1	地板類	地毯、PVC 地磚、木質地板、架高地板。
2	牆壁類	合板、夾板、纖維板、石膏板、壁紙、防音材。
3	天花板	礦纖天花板、玻纖天花板、夾板。
4	填縫劑與油灰類	矽利康、環氧樹脂。
5	塗料類	油漆等各式水性、油性粉刷塗料。
6	接著（合）劑	油氈、合成纖維、聚氣乙烯。
7	門窗類	木製門窗。



第二節 黴菌之生長條件及危害

2.2.1 黴菌之定義

何謂黴菌(Molds)? 黴菌是屬於微生物的一種，微生物依大小與特性可分為: 濾過性病毒、細菌、放射菌、真菌(黴菌)及藻類等五類，黴菌為真菌(Fungi)的一支，細胞核具有核膜，屬於真核細胞，它們的進化階段比細菌高，大部分屬於好氣性菌類，在無氧狀態下無法生存。現有已被命名的黴菌，種類高達20萬種以上，性喜溫暖(20~30°C)、潮濕(相對濕度70~90%)，在溫濕環境下，常以環境中微量的有機污垢為營養源，而持續生長繁殖。

黴菌是由細長的菌絲組成，組成菌絲的細胞，有的細胞和細胞間有分隔，如青黴菌、麴菌；有的細胞和細胞間沒有橫隔，如毛黴菌、水黴菌。黴菌產生分生孢子進行無性生殖，生殖周期詳圖2-1。黴菌的細胞裡不含葉綠素，因此不能自己製造養分，必須附生在別的動植物，或其排泄物、遺體上面，靠分解這些物體來取得養分(廖芳陞，2007)。

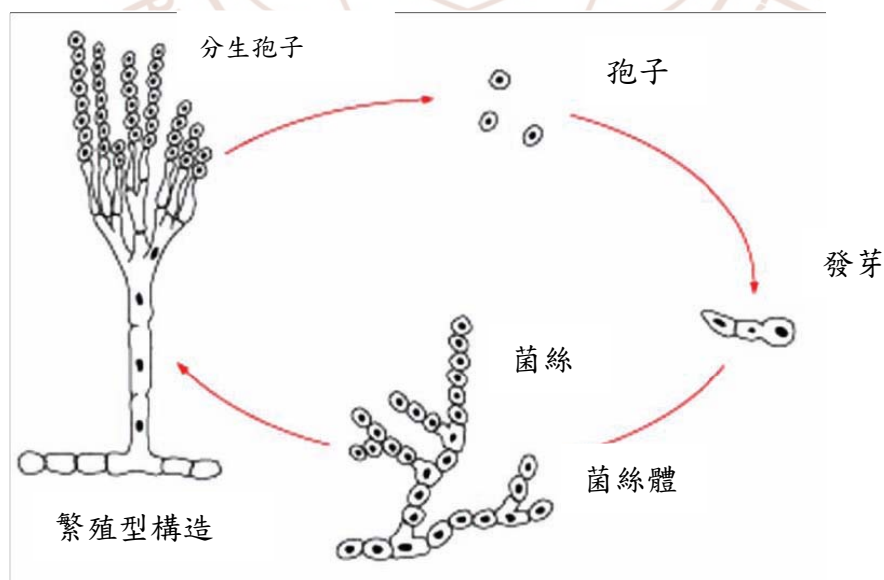


圖2-1 黴菌產生分生孢子進行無性生殖的周期
(資料來源: 廖芳陞, 2007)

黴菌的顏色是由孢子或裝孢子的袋子顏色來決定，建築物或建材上常見的黴菌，說明如下：

1. 青黴菌屬：青黴菌常生長在麵包、皮革、果皮和衣類上，約有一百五十多種。孢子呈青綠色，因此稱為青黴菌。青黴菌在自然界常被發現於潮濕環境之各種建材中，美國Greenguard標章即選擇青黴菌作為建材防黴試驗菌種。另外，青黴菌可以產生抗生素（或稱盤尼西林），是現代重要的抗生素藥物。
2. 黑黴菌：在居家環境內外黑黴菌最常窩藏在家具、牆壁、磁磚隙縫、冰箱襯墊等地方。
3. 木黴菌：在紙張、木材中常發現有白色、乳白色及綠色的木黴菌，此類黴菌會產生纖維分解酵素，使紙張、木材變質；此菌亦可棲息於空調、冷氣機中，隨冷氣四處飛散，可引起過敏。
4. 腐黴菌：住家牆壁發現將壁紙污染成紫紅色的黴菌，是為腐黴菌。

2.2.2 黴菌之生長條件

影響黴菌生長之條件，主要包括溫度、濕度及營養三項因子，黴菌的孢子在空氣中飄浮著，隨時會附生到各種東西上，當生長的條件適合時，就會從孢子長出菌絲進行繁殖。

就溫度而言，黴菌適合生長在氣溫 15-20 °C，台灣室內環境溫度大多數介於15°C-30°C之間，很適合黴菌生長。

就濕度而言，由於室內環境中的濕度會受到溫度的影響，而且黴菌可由不同的途徑獲取生長所需的水分；或利用假根吸收基質中的水分，或由空氣中獲得水分，因此，不同種類的黴菌其生長對於水分的需求不同，從文獻(紀碧芳，2003)得知，各類黴菌其生長時最理想的相對濕度是91% -96% 之間 (Vujanovic, 2001)。適合黴菌生長的相對濕度範圍則為75% -95% (Lacey *et al.*, 1994)，一般而言環境中的相對濕度愈低時黴菌的生長狀態愈差(Ezeonu *et al.*, 1994)。

就營養而言，一般黴菌生長所需的養分，只需要能提供黴菌生長

的碳源(Carbon source)存在即可。碳源可來自於食物、材料、皮革等物質；由於適合黴菌生長之條件範圍相當寬闊，因此，在我們日常生活環境中黴菌可能是無所不在的，尤其是高溫高濕的環境越是適合黴菌生長。

2.2.3 黴菌之危害

黴菌對於環境有淨化作用，在醫藥用品及發酵食品的製造上有其特定功能。但是室內環境中黴菌生長，對建築物、建材、及家具等通常會造成一定程度的損害，不但影響建築物美觀，更可能因此導致過敏或感染疾病，影響居住者之身體健康。說明如下：

1. 對建築物的影響：

建築物會因為黴菌生長，使得各種材料變質、劣化而失去原有性能，例如，混凝土牆面常因水氣滲透產生壁癌，金屬類材質也會發黴，油漆、壁紙、木材、纖維、皮革類材料因黴菌生長發黴，相機的鏡頭亦會產生黴菌。至於一般人認為塑膠不會腐壞，但實際上塑膠卻是黴菌的最愛。在住宅的浴室、粉刷壁面、磁磚縫隙、衣櫥背面、壁櫥內、衣服等，到處都會發黴。

2. 對人體健康的影響：

黴菌引發人體病變分為感染、中毒及過敏三種，透過空氣中浮游菌、孢子或黴菌的代謝物，經由口或食物、接觸進入體內累積發病，嚴重者損害體內器官、神經功能，導致癌症。台灣氣候高濕高熱氣候是適合黴菌生長的好環境，飄浮在空氣中的黴菌孢子或代謝物，及以黴菌為主食的塵蟎，最易成為人類的過敏原，可能引發支氣管哮喘、過敏性蕁麻疹、過敏性鼻炎等過敏症狀。1999年雪瑞(David Sherris)醫師在梅約醫學中心發表研究，93%的慢性鼻竇炎感染患者是因為對黴菌過敏。台灣的研究也發現，黴菌是造成中老年人過敏發作的主因，約占37%。

第三節 台灣濕熱氣候下建材之黴菌生長問題

室內環境中黴菌的生長常會受到室外氣候的影響，多數黴菌孢子喜歡在乾燥多雲的氣候裡傳播，因此，美國受黴菌生長影響的高峰時間是在7~10月，冬天寒冷的天氣反而會讓黴菌暫時消失一陣。但較溫暖的地區，通常一年四季都可見到黴菌的蹤影。

一般而言，適合人體的相對濕度是60%左右，然而台灣地處亞熱帶氣候區，具有海島型氣候之高溫高濕的特性，根據中央氣象局統計，台灣各地年平均相對濕度均超過為75%，台北郊區甚至高達90%，詳表2-4，濕度相當高，適合黴菌生長。其原因與台灣多雨之氣候有關，這從台灣許多地區一年有超過一半時間在下雨得知，台北郊區甚至高達200天以上，詳表2-5，下雨機率頻繁，造成高相對濕度之現象。在氣溫方面，台灣各地年平均氣溫為16-25°C，以台北而言4-11月之平均氣溫皆超過20°C，詳表2-6，溫度相當暖和，適合黴菌生長。因此，台灣高溫高濕氣候，非常適合黴菌生長，從3~12月常是黴菌大量生長的季節。

相對黴菌的大量生長節，台灣地區每年三、四月間孩童氣喘發作比例特別高，這從孩童氣喘的盛行率有逐年增加的趨勢可知。因此，居住者對室內環境中黴菌生長之情形是不可忽視的。紀碧芳(2003)曾調查裝修建材上的黴菌種類，家戶之裝修建材中檢測出黴菌生長之部位為天花板及牆面，檢測出的菌種包括Aspergillus、Alternaria、Cladosporium、Fusarium、Paecilomyces、Penicillium、Non-sporulating等，出現頻率最高之菌屬是Cladosporium其次是Non-sporulating，至於需水性較高之黴菌種類只有A. fumigatus、A. versicolor生長，約有9%的樣本有這些黴菌生長。

表 2-4 台灣各氣象站月平均相對濕度統計表 (單位:百分比)

地名	一月	二月	三月	四月	五月	六月	七月	八月	九月	十月	十一月	十二月	平均	統計期間
淡水	83	84	85	83	83	82	78	78	78	78	79	80	80	1971-2000
鞍部	93	93	92	89	90	88	86	88	90	92	93	92	90	1971-2000
台北	79	82	81	79	80	79	74	76	77	77	77	77	78	1971-2000
竹子湖	88	89	88	87	87	87	84	84	85	87	88	88	86	1971-2000
基隆	81	83	84	82	82	80	75	77	79	79	79	79	80	1971-2000
彭佳嶼	80	82	85	86	88	89	87	87	84	81	79	78	83	1971-2000
花蓮	77	79	80	80	82	82	79	79	79	78	76	75	78	1971-2000
蘇澳	81	82	83	82	83	82	78	79	80	82	82	80	81	1971-2000
宜蘭	84	85	85	85	86	85	81	82	84	86	86	84	84	1971-2000
東吉島	82	84	84	84	87	88	87	88	85	81	81	80	84	1971-2000
澎湖	81	82	83	83	85	87	85	86	81	78	78	79	82	1971-2000
台南	78	79	77	77	78	80	79	82	79	77	77	77	78	1971-1998
高雄	75	75	75	77	79	81	80	82	80	78	75	75	77	1971-2000
嘉義	82	83	84	84	85	82	80	84	85	84	81	80	82	1971-2000
台中	76	78	78	78	80	80	77	79	77	75	74	74	77	1971-2000
阿里山	81	85	82	85	90	90	90	93	91	88	84	80	86	1971-2000
大武	72	74	75	76	79	79	78	80	79	74	72	71	75	1971-2000
玉山	69	78	80	82	85	83	79	84	80	74	68	66	77	1971-2000
新竹	79	80	83	81	80	78	76	78	76	77	76	77	78	1991-2000
恆春	73	74	74	75	79	84	83	84	80	74	71	71	76	1971-2000
成功	77	79	81	83	84	85	82	82	81	78	77	75	80	1971-2000
蘭嶼	87	89	90	91	92	93	92	92	91	89	88	86	90	1971-2000
日月潭	77	81	82	84	86	86	85	87	85	83	80	77	82	1971-2000
台東	73	75	75	77	79	79	77	78	77	74	72	71	75	1971-2000
梧棲	78	80	80	79	80	80	77	79	77	75	75	76	78	1971-2000

(資料來源：中央氣象局 <http://www.cwb.gov.tw/>)

表 2-5 台灣各氣象站月平均降雨日數統計表 (單位:天)

地名	一月	二月	三月	四月	五月	六月	七月	八月	九月	十月	十一月	十二月	合計	統計期間
淡水	17	16	17	14	15	12	9	11	12	13	14	13	163	1971-2000
鞍部	23	21	21	17	18	14	11	13	16	20	22	22	218	1971-2000
台北	15	15	16	15	16	15	12	14	13	12	14	13	170	1971-2000
竹子湖	20	18	18	15	16	14	10	13	15	19	21	20	199	1971-2000
基隆	21	20	21	17	19	14	9	12	15	18	20	20	206	1971-2000
彭佳嶼	18	18	19	15	16	11	7	10	12	12	15	15	168	1971-2000
花蓮	15	16	16	16	18	13	8	11	13	14	13	12	165	1971-2000
蘇澳	21	21	21	17	19	14	10	12	17	20	20	21	213	1971-2000
宜蘭	19	19	19	16	20	15	10	13	16	20	21	19	207	1971-2000
東吉島	4	4	5	6	8	11	8	10	6	2	3	2	69	1971-2000
澎湖	6	8	9	9	10	11	8	10	6	3	4	5	89	1971-2000
台南	5	6	5	7	10	13	13	17	9	3	3	3	94	1971-1998
高雄	4	4	4	6	9	14	14	17	10	4	3	3	92	1971-2000
嘉義	5	7	7	8	11	14	15	18	10	4	3	4	106	1971-2000
台中	7	10	12	11	13	15	13	15	8	4	4	5	117	1971-2000
阿里山	8	10	11	13	20	21	21	23	19	12	7	7	172	1971-2000
大武	14	13	12	12	15	16	13	16	17	15	12	11	166	1971-2000
玉山	8	8	8	14	21	19	18	21	17	13	9	6	162	1971-2000
新竹	10	14	14	13	12	10	8	11	8	6	5	8	119	1991-2000
恆春	8	7	5	6	11	17	16	19	16	11	7	6	129	1971-2000
成功	16	16	15	15	18	13	9	12	15	16	15	14	174	1971-2000
蘭嶼	23	21	17	15	17	16	15	17	20	20	21	22	224	1971-2000
日月潭	8	10	12	14	20	21	19	21	14	7	6	7	159	1971-2000
台東	10	11	10	12	15	13	10	12	14	11	9	8	135	1971-2000
梧棲	6	10	11	11	11	11	9	11	6	2	3	4	95	1971-2000

(資料來源：中央氣象局 <http://www.cwb.gov.tw/>)

表 2-6 台灣各氣象站月平均氣溫統計表 (單位:攝氏度)

地名	一月	二月	三月	四月	五月	六月	七月	八月	九月	十月	十一月	十二月	平均	統計期間
淡水	15.1	15.3	17.3	21.2	24.3	27.0	28.8	28.5	26.7	23.7	20.4	17.0	22.1	1971-2000
鞍部	9.8	10.3	12.8	16.4	19.2	21.9	23.2	22.6	20.8	17.8	14.5	11.3	16.7	1971-2000
台北	15.8	16.0	18.0	21.8	24.7	27.4	29.3	28.9	27.1	24.4	20.9	17.5	22.7	1971-2000
竹子湖	11.7	12.2	14.6	18.1	20.9	23.5	24.8	24.5	22.7	19.8	16.4	13.3	18.5	1971-2000
基隆	15.8	15.8	17.6	21.1	24.2	27.1	29.0	28.6	26.8	24.0	20.8	17.6	22.4	1971-2000
彭佳嶼	15.6	15.5	17.3	20.4	23.3	26.1	28.1	27.8	26.3	23.7	20.4	17.4	21.8	1971-2000
花蓮	17.8	18.0	20.1	22.7	24.9	27.1	28.4	28.0	26.7	24.6	21.9	19.2	23.3	1971-2000
蘇澳	16.3	16.5	18.7	21.4	24.2	26.9	28.5	28.1	26.4	23.7	20.8	17.6	22.4	1971-2000
宜蘭	16.0	16.4	18.7	21.6	24.2	26.7	28.4	28.0	26.2	23.4	20.2	17.3	22.3	1971-2000
東吉島	17.4	17.7	20.1	23.1	25.4	27.2	28.1	27.8	27.0	25.1	22.2	19.2	23.4	1971-2000
澎湖	16.7	16.8	19.4	23.0	25.6	27.6	28.7	28.5	27.7	25.4	22.1	18.7	23.4	1971-2000
台南	17.3	18.2	21.0	24.5	27.1	28.4	29.0	28.4	28.0	25.8	22.3	18.7	24.1	1971-1998
高雄	18.8	19.7	22.3	25.2	27.2	28.4	28.9	28.3	27.9	26.4	23.4	20.2	24.7	1971-2000
嘉義	16.1	16.8	19.4	22.9	25.5	27.6	28.4	27.8	26.7	24.3	20.9	17.4	22.8	1971-2000
台中	16.2	16.8	19.4	23.0	25.7	27.5	28.5	28.0	27.2	24.9	21.4	17.8	23.0	1971-2000
阿里山	5.7	6.7	9.0	11.1	12.6	14.0	14.2	14.0	13.3	12.0	9.8	7.1	10.8	1971-2000
大武	20.1	20.6	22.6	24.7	26.5	28.0	28.6	28.1	27.2	26.0	23.7	21.3	24.8	1971-2000
玉山	-1.5	-1.1	1.0	3.3	5.5	7.0	7.7	7.5	7.0	6.3	3.9	0.7	3.9	1971-2000
新竹	15.3	15.3	17.6	21.5	24.4	27.4	28.7	28.3	26.6	23.8	21.0	17.8	22.3	1991-2000
恆春	20.6	21.1	23.1	25.2	26.9	27.9	28.3	27.9	27.4	26.3	24.0	21.6	25.0	1971-2000
成功	18.8	19.1	21.0	23.2	25.2	27.1	28.1	27.8	26.8	25.0	22.5	19.9	23.7	1971-2000
蘭嶼	18.4	18.8	20.4	22.4	24.2	25.6	26.2	25.9	25.2	23.7	21.5	19.3	22.6	1971-2000
日月潭	14.1	14.7	16.9	19.3	21.0	22.2	22.9	22.5	22.1	20.8	18.2	15.3	19.2	1971-2000
台東	19.2	19.6	21.7	24.0	26.0	27.7	28.7	28.4	27.3	25.6	23.0	20.4	24.3	1971-2000
梧棲	15.9	15.8	18.4	22.3	25.3	27.8	29.0	28.7	27.3	24.4	21.1	17.6	22.8	1971-2000

(資料來源：中央氣象局 <http://www.cwb.gov.tw/>)

第四節 健康綠建材之低逸散與防黴性能評估

2.4.1 綠建材標章之發展現況

「綠建材標章制度」是依據行政院民國 90 年核定實施之「綠建築推動方案」辦理，所謂綠建材係指：在原料採取、產品製造、應用過程和再生利用循環中，對地球環境負荷最小、對人體健康無害的建材。國內綠建材標章制度依此意涵，規劃四大範疇，包括考量建材資源採取與製造階段之「生態綠建材」、建材使用對人體無害之「健康綠建材」、廢棄物再利用之「再生綠建材」及提昇建材防音、透水等性能之「高性能綠建材」。93 年 7 月綠建材標章正式上路，受理建材申請案件，首批評定項目為健康及再生兩類綠建材標章，94 年則針對另兩類：高性能與生態綠建材標章，進行評定基準的研擬與審核制度的建立，配合檢測實驗室的建置完成，開放此兩類標章的審核與核發。為健全綠建材標章制度的完整性，今年將持續增加受理的建材種類，以符市場上建材多元化之現況，提昇國內建材產業之整體品質，並與國際營建市場接軌。

截至本(97)年 7 月 30 日止，計核發 132 標章（98 件健康、1 件生態、12 件再生與 21 件高性能），包含 92 家廠商共 1033 種產品（380 種裝修塗料、56 種木質地板、63 種木質板類、92 種石膏板、71 種無機板類、2 種有機板類、1 種地毯類、3 種膠合劑類、2 種填縫劑、11 種隔音門、窗、牆系統、3 種樓板緩衝材、28 種高壓混凝土地磚、51 種 PVC 地磚、1 種 PVC 地毯類、2 種吸音材料系統與 194 種透水磚、73 種陶瓷面磚）。

在綠建材的法制化方面，「建築技術規則」建築設計施工編中有關綠建材之規定，已於今年 7 月 1 日施行，其規定內容為：「供公眾

使用建築物及經內政部認定有必要之非供公眾使用建築物之室內裝修材料及樓地板面材料應採用綠建材，其使用率應達室內裝修材料及樓地板面材料總面積百分之五以上」，藉由強制規定建築材料使用符合生態性、再生性、環保性、健康性及高性能之建材，可確保室內環境的舒適性及健康性，並減少建材生產過程對於資源的耗用，最終達成促進國內相關建材產業升級與轉型的目標。內政部於民國 93 年 3 月 10 日台內營字第 0930082325 號令修正「建築技術規則」建築設計施工編部份條文，增訂第十七章「綠建築」，本章共有六節，條文從 298 到 323 條，共增修訂建築基地綠化、建築基地保水、建築節能、雨水及生活雜排水回收利用、綠構造與綠建材等六大規定。為避免造成營建相關產業過大的衝擊，該專章採先發佈分階段實施方式辦理。民國 94 年 1 月 1 日先實施綠化、保水、及建築節能等三項；綠建材部分，則於民國 95 年 7 月 1 日實施。綠建材相關條文如下：

第二百九十八條 本章規定之適用範圍如左：

- 六、綠建材：指第二百九十九條第十二款之建材；其適用範圍為供公眾使用建築物及經內政部認定有必要之非供公眾使用建築物。

第二百九十九條 本章用詞定義如左：

- 十二、綠建材：指經中央主管建築機關認可符合生態性、再生性、環保性、健康性及高性能之建材。

第三百二十一條 建築物之室內裝修材料及樓地板面材料應採用綠建材，其使用率應達室內裝修材料及樓地板面材料總面積百分之五以上。

第三百二十二條 綠建材材料之構成，應符合左列規定之一：

- 一、塑橡膠類再生品：塑橡膠再生品的原料須全部為國內回收塑橡膠，回收塑橡膠不得含有行政院環境保護署公告之毒性化學物質。
- 二、建築用隔熱材料：建築用的隔熱材料其產品及製程中不得使用蒙特婁議定書之管制物質且不得含有環保署公告之毒性化學物質。
- 三、水性塗料：不得含有甲醛、鹵性溶劑、汞、鉛、鎘、六價鉻、砷及銻等重金屬，且不得使用三酚基錫(TPT)與三丁基錫(TBT)。
- 四、回收木材再生品：產品須為回收木材加工再生之產物。
- 五、資源化磚類建材：資源化磚類建材包括陶、瓷、磚、瓦等需經窯燒之建材。其廢料混合攙配之總和使用比率須等於或超過單一廢料攙配比率。
- 六、資源回收再利用建材：資源回收再利用建材係指不經窯燒而回收料摻配比率超過一定比率製成之產品。
- 七、其他經中央主管建築機關認可之建材。

第三百二十三條 綠建築構造及綠建材之係數及使用率計算，應依設計技術規範辦理。

前項綠建築構造及綠建材設計技術規範，由中央主管建築機關定之。

2.4.2 現行健康綠建材標章之評估要項

我國綠建材目前分為四大類，分別為「健康綠建材」、「生態綠建材」、「再生綠建材」、「高性能綠建材」，與室內空氣品質較為相關的為健康綠建材。健康綠建材即對人體健康不會造成危害的建材，換言之，健康綠建材為低逸散、低污染、低臭氣、低生理危害特性之建築材料。過去對建材之健康性較缺乏管制，在長期直接且暴露在高風險值之室內環境，加上空調換氣不穩定、對室內環境品質未加重視等因素，造成國人健康極大危害。健康綠建材能改善生活環境、提高室內環境品質，同時產品不得損害人體健康，並具有多功能化之使用價值。

針對室內建材與裝修材料進行「人體危害程度」的評估，目前以「低甲醛」及「低揮發性有機化合物」逸散為評估指標。由於建築裝修建材種類繁多，不僅裝修過程有乾式、濕式之分，對於材質之厚度、種類之差異，均有對應的試驗方法及程序，所以健康綠建材測試過程中，對於不同種類的建築材料亦具有不同的分析條件及不同的參數。目前健康綠建材優先針對「木質板類建材」及「塗料類建材」測試。健康綠建材之指標性污染物測試，優先以甲醛（HCHO）及總揮發性有機化合物（TVOC：苯、甲苯、對二甲苯、間二甲苯、鄰二甲苯及乙苯）為試驗污染物，健康綠建材規範甲醛與總揮發性有機物質之評估基準，如表 2-7。

表 2-7 健康綠建材評定範圍與基準

一、甲醛 (HCHO)		
材料類別	性能水準(逸散效率)	說明
木質板類、塗料類	$<0.08 \text{ mg} / \text{m}^2 \cdot \text{hr}$	建材樣本置於環控箱中試驗建材逸散量，量測甲醛濃度達穩定狀態時之逸散率。
二、總揮發性有機物質 (TVOC)		
材料類別	性能水準(逸散效率)	說明
木質板類、塗料類	$<0.19 \text{ mg} / \text{m}^2 \cdot \text{hr}$	建材樣本置於環控箱中試驗逸散量，量測總揮發性有機物質(TVOC)濃度達穩定狀態時之逸散率。
測試機構：經綠建材審查委員會認可之實驗室		
<p>注意事項：</p> <p>1. 測試方法依據內政部建研所標準測試法，計劃編號 MOIS901014，測試時間達 48 小時或已達到評估基準值(甲醛$<0.08 \text{ mg} / \text{m}^2 \cdot \text{hr}$，總揮發性有機物質$<0.19 \text{ mg} / \text{m}^2 \cdot \text{hr}$)者即可停止測試。</p> <p>2. 總揮發性有機物質化合物評估：苯、甲苯、對二甲苯、間二甲苯、鄰二甲苯、乙苯。</p>		

2.4.3 建材之防黴性能評估

在台灣亞熱帶高溫高濕氣候特性下，室內環境之黴菌曝露量與裝修建材之黴菌生長問題相當顯而易見，我國有關室內裝修材料之防黴性能評估標準，目前尚無標準，僅有適用於各類纖維及其製品之 CNS 2690(1975)纖維製品防黴性能檢驗法，其他建材尚無防黴性能檢驗法及評定基準。CNS 2690(1975)所用之菌種包括青黴菌屬 (Penicillium)、曲黴菌等 7 種 ATCC (American Type Culture Collection) 菌。

紀碧芳(2003) 調查裝修建材上的黴菌種類，建立一個簡易的評

估居家黴菌生長程度的方法，研究對象為居家環境中疑似有黴菌生長之家戶，所採集之黴菌樣本包括室內、室外空氣樣本及由裝修建材表面括取得來之表面樣本。並以菌落數、菌落面積、建材濕度評估後所得的分數與空氣中黴菌濃度進行回歸分析。該研究所建立應用於有潮濕問題存在（*A. versicolor*為潮濕指標性黴菌）時評估室內空氣黴菌生長的評估方法。



第五節 國外建材標章防黴性能評估之發展概況

自 1977 年德國率先提出藍天使標章後，25 年來世界各國的建材與環保標章評估日臻完善。除藍天使標章外，目前世界上尚有許多綠建材相關標章如：芬蘭建材逸散等級(Emission Class for Building material)、丹麥的室內氣候標章(Indoor Climate Label)、德國環保與建材的標章、北歐環保標章、歐盟生態標章、美國綠建材相關評估制度、日本環保標章與住宅性能評估標準—JIS、JAS 對建材甲醛濃度之逸散量規定、加拿大環保標章、中國大陸的中國環境標誌等。這些制度所列出之建材評估項目，都能作為建材標章等級或管制規範。

歐盟國家現有環保標章執行單位中，已開放綠建材產品項目者計有歐盟 27 國共同推動之花卉標章(EU Flower)、北歐五國共同推動之天鵝標章(Nordic Environment Label)、德國藍天使標章、荷蘭生態標章等。另歐盟國家現有環境宣告執行單位中，已開放具綠建材產品項目者計有瑞典環境管理協會(SEMA)、挪威企業與工業協會(NHO)、五風國際顧問公司(Five Winds)德國分公司等(均屬全球性環境宣告網路組織(GEDNet)會員)。另其他與建材產品環境宣告相關之計畫有芬蘭建築資訊基金會(RTS)、法國標準組織(AFNOR)、荷蘭環境相關建築產品計畫(MRPI)、瑞士工程與建築師協會(SIA)、英國建築材料環境資訊計畫(BRE)等。

有關室內裝修材料之防黴性能評估標準，世界上大部分國家尚無標準，目前美國 Greenguard 標章已著手進行壁紙、黏著劑、地板等產品的防黴性能實驗基線，歐盟、日本亦進行建材防黴性能評估之相關研究：

1. 美國

有關裝修材料之防黴性能評估標準，美國尚無標準。適用各類合成聚合物及製品之防黴效力評估，美國測試暨材料協會 ASTM G21 標準(Standard Practice for Determining Resistance of Synthetic Polymeric Materials to Fungi)，採用位於馬里蘭洲之非營利性組織美國菌種保存中心 ATCC (American Type Culture Collection) 之混合菌種。

2004 美國 Greenguard 開始研究建材及傢俱之防黴抗菌性能，測試方法以 ASTM D 6329-98 (2003) 靜態環境箱法評估室內材料之微生物生長能力 (Standard Guide for Developing Methodology for Evaluating the Ability of Indoor Materials to Support Microbial Growth Using Static Environmental Chambers)。Greenguard 進行兩個階段的防黴抗菌研究，第一個階段為期 9 個月，目的是要建立各種產品的實驗基線 (baseline)，採用短密青黴菌(Penicillium brevicompactum)單一菌種，依黴菌生長之菌落數分為 5 級。第二個階段測試不同種類的建材，有 10 個建材廠商參與測試包括壁紙、黏著劑、地板、隔間牆等。通過產品測試的廠商，Greenguard 及公告給消費大眾。

2. 歐盟

室內環境之污染物包括「甲醛」及「揮發性有機化合物」等化學物之逸散外，生物性污染物之危害亦很嚴重，歐盟之法國 Centre Scientifique et Technique du Bâtiment (CSTB)之研究健康建材之評估要項，除「甲醛」及「揮發性有機化合物」外，生物性及放射性之污染物亦是重要因子(Maupetit et al.)。

有關裝修材料之防黴性能檢驗方法，目前歐盟沒有相關標準，

法國 CSTB 研發之黴菌檢驗方法之程序，採用 EN ISO 846 塑膠之微生物之評估(Plastics-Evaluation of the action of micro organisms, 1997) ，菌種選擇短密青黴菌(Penicillium brevicompactum) 、 Cladosporium sphaerospermum、黑黴菌(Aspergillus niger)等 3 種菌，防黴性能分為 3 級。

3. 日本

日本建築研究所 (Building Research Institute) 進行材料之防黴性能研究，以目視或顯微鏡判定，考量溫度、溼度、甲醛逸散量及時間等因子，觀察建材在 25°C 不同濕度(85、95%)下黴菌菌絲之成長變化，材料之防黴性能分為 4 級。



第三章 國內外建材防黴性能檢驗方法分析

第一節 織品防黴試驗與評估

3.1.1 防黴試驗標準及比較

防黴抗菌是紡織品重要的性能指標之一，過去相關的試驗方法均是以紡織品做為對象，近年來，塑膠製品及室內建材之防黴抗菌效能亦逐漸受到重視。抗菌性的測試方法中，發展較早的是日本和美國，最有代表性且應用較廣的是美國的美國紡織染色家和化學家協會試驗法，(AATCC ,American Association of

Textile Chemists and Colorists)和日本的工業標準。另中國大陸於1992年頒布了紡織行業標準FZ/T01021-1992《織物抗菌性能試驗方法》，1996年頒布了國家標準GB15979-2002《一次性使用衛生用品衛生標準》。但是抗菌性能評估的方法和標準還遠未作到系統、統一、規範，尤其是抗菌紡織品的性能評估和產品規範還有許多問題不明確，只能做到簡單的定性檢測。在台灣，業者較常使用的檢測方法為CNS 2690（纖維製品防黴性能檢驗法）、JIS-Z2911（防黴效力評估）、ASTM-G21（合成聚合材料防黴性測定）等三種，其黴菌培養天數、溫度、濕度，略有差異。詳如表3.1、3.2所示。

表 3.1 不同防黴試驗方法測試環境比較

標準	培養天數	溫度	濕度
CNS 2690 纖維製品防黴性能檢驗法	14 天	28±2°C	無規定
JIS-Z2911 防黴效力評估 (以纖維製品作比較)	14 天	28±2°C	約 95-99%
ASTM-G21 聚合物材料防黴性測定	28 天	28-30°C	大於 85

表 3.2 不同防黴試驗方法分級及菌種比較

標準	分級	菌種
CNS 2690 纖維製品防黴性能檢驗法	甲乙丙 共 3 級	7 種菌
JIS-Z2911 防黴效力評估	0-2 共 3 級	10 種菌
ASTM-G21 合成聚合物材料防黴性測定	0-4 共 5 級	5 種菌

3.1.2 防黴試驗菌種之選擇

由於自然界中微生物(microorganism)種類非常多，絕大多數的微生物對人類和動植物是無害的，甚至是有益和必需的。但是也有小部分的微生物可以引起人類和動植物的病害。因而在進行抗菌性能的評估中，菌種的選擇必須具有科學性和代表性。在選擇菌種上，必須考量該菌是否是常見的菌種、是否容易培養、有助於確保實驗的可靠度、一致性、再現性、成長個速度是否快速有利觀察等因素，常見測試菌株包括細菌和真菌。在細菌中主要用：金黃色葡萄球菌 (Staphylococcus aureus, ATCC 6538)、大腸桿菌(Escherichia coli, ATCC 8739、ATCC 11229)、綠膿桿菌 (Pseudomonas aeruginosa, ATCC

9027)、白色念珠菌 (*Candida albicans*, ATCC 10231)、肺炎菌 (*Klebsiella pneumoniae*, ATCC 4352) 等；在真菌中主要用黴菌(黑麴黴菌 *Aspergillus niger*, ATCC 6275)、球毛殼黴(*Chaetomium globosum*, ATCC 6205)等。CNS 2690、JIS-Z2911、ASTM-G21，其採用之黴菌種類各有異同，比較詳如表 3.3 所示



表 3.3 使用黴菌種類比較

	ASTM G21	CNS 2690	JIS z2911
黑黴 (<i>Aspergillus Niger</i>) ATCC 9642	✓		
嗜松青黴 (<i>Penicillium Pinophilum</i>)	✓		
球毛殼 (<i>Chaetomium globosum</i>)	✓		
綠黏帚黴 (<i>Gliocladium Virens</i>)	✓		
出芽短梗黴 (<i>Aureobasidium Pullulans</i>)	✓		
黑麴黴菌 (<i>Aspergillus niger</i>) ATCC 6275		✓	✓
球毛殼黴 (<i>Chaetomium globosum</i>)		✓	✓
疣孢漆斑菌 (<i>Myrothecium verrucaria</i>)		✓	✓
綠色木黴 (<i>Trichoderma lignorum</i>)		✓	
橘青黴 (<i>Penicillium citrinum</i>)		✓	✓
刺黑黴菌 (<i>Memnoniella. echinata</i>)		✓	
棒狀麴菌 (<i>Aspergillus clavatus</i>)		✓	

3.1.3 防黴性能評估

國內對於防黴抗菌之檢測方法之發展，仍未臻健全，不僅不能符合業者之需要，也尚難與國際接軌。國外相關紡織品抗菌性能的測試分為定量測試方法和定性測試方法，以定量測試方法最為重要。目前紡織品抗菌性能定量測試方法及標準主要以美國 AATCC 100 (菌數測定法) 試驗法為主等。定量測試方法包括織物的消毒、接種測試菌、菌培養、對殘留的菌落計數等。該法的優點是定量、準確、客觀，缺點是時間長、費用高。定性測試方法主要有美國 AATCC 90 及 JIS Z2911 等。定性測試方法包括在織物上接種測試菌和用肉眼觀察織物上微生物生長情況。優點是費用低，速度快，缺點是不能定量測定抗菌活性，結果不準確。這些方法中大多數都存在一定的局限性，各種方法的測定結果之間沒有嚴格的可比性。而且各自的優缺點十分明顯，以下是對幾種常用抗菌測試方法的介紹：

1. AATCC-90 試驗法

AATCC-90 試驗法又稱暈圈試驗法，是用於抗菌劑篩選的抗菌效力快速定性方法，原理是：在瓊脂培養基上接種試驗菌，再緊貼試樣，于 37°C 下培養 24h 後，用放大鏡觀察菌類繁殖情況和試樣周圍無菌區的暈圈 (圖 3.1) 大小，與對照樣的試驗情況比較。此法一次能處理大量的試樣，操作較簡單，時間短。但也存在一些問題，如雖然規定了在一定時間內培養試驗菌液，但是菌液濃度卻沒有明確的規定。

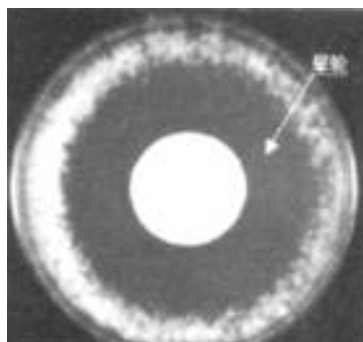


圖 3.1 暈圈法試驗結果

資料來源：紡織導報，2006，(3):50-59

2. AATCC-90 試驗改良法

AATCC-90 試驗法改良之一(噴霧法)是在培養後的試樣噴灑一定量 TNT 試劑，肉眼觀察試樣上菌的生長情況。其發色原理為 TNT 試劑因試驗菌的琥珀酸脫氫酶的作用被還原，生成不溶紅色色素而顯紅色，從而達到判定抗菌性的目的。該種方法的優點就是無論試樣是否有抑菌圈形成，只要平板上有細菌生長，就會顯出紅色。

3. AATCC-100 試驗法

AATCC-100 是一種容量定量分析方法，適用於抗菌紡織品抗菌率的評價。目前是國外使用較廣泛的抗菌性測試法之一。該法原理為：在待測試樣和對照試樣上接種測試菌，分別加入一定量中和液，強烈振蕩將菌洗出，以稀釋菌液濃度，與對照樣相比計算織物上細菌減少的百分率。

4. AATCC-30

AATCC-30 是對紡織材料抗黴菌和抗腐爛性能的評估。確定了紡織材料抵抗黴菌和耐腐爛的性能，以評定殺菌劑對紡織材料抗菌性能的有效性[18]。分為土埋法、瓊脂平板法及濕度瓶法等三種方法。

5. AATCC-147

又稱平行劃線法，是對紡織品抗菌效力的半定量實驗方法，可相對快速和方便地定性測試經抗菌整理的紡織材料的抗菌性能，可用來確定具有可擴散抗菌劑的紡織品的抗菌能力。替代了繁瑣的 AATCC-100。AATCC-147 應用於紡織材料的抗菌整理的評定，是對紡織材料抗菌性能的半定量分析。AATCC-147 法是將一定量的培養液(內含一定數目的金黃色葡萄球菌等細菌的孢子)滴加於盛有營養瓊脂平板的培養皿中，使其在瓊脂表面形成五條平行的條紋，然後將樣品垂直放于這些培養液條紋上，並輕輕擠壓，使其與瓊脂表面緊密接觸，在一定的溫度下放置一定時間。此法是用與樣品接觸的條紋周圍的抑菌區的寬度來表徵織物的抗菌能力。



第二節 建材防黴性能評估

3.2.1 ASTM D 6329-98

由於一些建材和室內設備可能因為高溫高濕，而導致黴菌等微生物的滋長，這些黴菌不但可能危害人體健康，也可能加速各種建材及家具設備的劣化。因此，建築設計及選購相關建材產品，都必須格外注意建材和家具防黴抗菌的議題。ASTM D 6329-98 (Standard Guide for Developing Methodology for Evaluating the Ability of Indoor Materials to Support Microbial Growth Using Static Environmental Chambers, 2003) 便是一個用來評估室內建材防黴能力的試驗方法，這個方法是要客觀的量化建材的防黴性能，而且對於各類的建築材料所進行的試驗都能有令人滿意的可靠度與再現性 (reproducibility)。此試驗方法係將樣品和瓦特曼紙濾紙(Whatman Filter paper)植入經過計量的黴菌孢子，研究所採用的孢子是屬於青黴菌屬之短密青黴 (*Penicillium brevicompactum*)，詳圖3.2所示，該類黴菌最常滋生於高溫高濕的建築物室內。

其中初始的一組試驗做為對照組，以瞭解樣品在一個小時內的變化狀況。另外的試驗樣品控制在95%的相對濕度、25°C下培養，持續三週，三週後所蔓延的黴菌面積、數量就可以決定材料抗黴的等級。抗黴的等級分成五個等級，等級一是對機的抗黴能力，亦即易受黴菌感染，等級五是抗黴能力最佳的。這個試驗的對象為全新的材料，而不適用於已安裝、風化或腐蝕的材料。也因此，這個試驗嚴格說不保證材料使用後的防黴性能，因為這部分與安裝及修改、材料的老化。本方法採用單一的菌種，而不使用混合物的幾個菌種，而選擇青黴菌

類有兩個主要原因：一、青黴菌在自然界常被發現於潮濕的各種建材中，它是室內環境中最典型的菌種。他幾乎分佈於自然界中的各個角落，包括土壤、腐壞的物體上、潮濕的牆體上，有灰塵的地板、沙發、寢具等。二、青黴菌相對而言容易培養，這有助於確保實驗的可靠度、一致性、再現性。三、3. 青黴菌只會在樣品上繁殖，不會擴展到樣品以外的地方，且其繁殖形狀有助於量化其繁衍的面積。四、青黴菌大約只要四天就可以形成菌落以便計算量化。五、青黴菌對於不同的材料有不同的反應，且其反應符合一般預期的結果，例如較潮濕的材料較易滋長。



圖3.2 青黴菌培養

資料來源：Final Report on the Greenguard Pilot Study of Microbial Resistance, Greenguard 2006

3.2.2 美國Greenguard建材防黴性能評定

Greenguard針對建材防黴性能，進行過兩個階段的研究，第一個階段為9個月，目的是要建立各種產品的實驗基線（baseline），確認並選擇試驗菌種、黴菌的密度、黴菌的成長曲線，並且確認不同材料有不同的反應第一階段的試驗也確認實驗的再現性與一致性，此

外，第二個階段為期一年，用以測試不同種類的建材。Greenguard 已經完成這兩階段的研究，以評估這個方法的效力，其中有10個建材廠商參與測試包括壁紙、黏著劑、地板、隔間牆等。通過產品測試的廠商，Greenguard及公告給消費大眾。

至於試驗時間的部分，由於經過不同的試驗，發現不同的材料，其菌落的成長曲線趨勢相近，且同樣在三週左右出現高原型的曲線（詳圖3.3所示）。對不同材料均出現這樣的趨勢對於實驗而言是極其重要的，因為不同材料量測時間均可訂在三週。經過先導性試驗（Pilot Study），可獲得一些結論，在控制條件下，黴菌菌落三週可以達到 $6.95 \pm 0.49 \log$ (CFU)

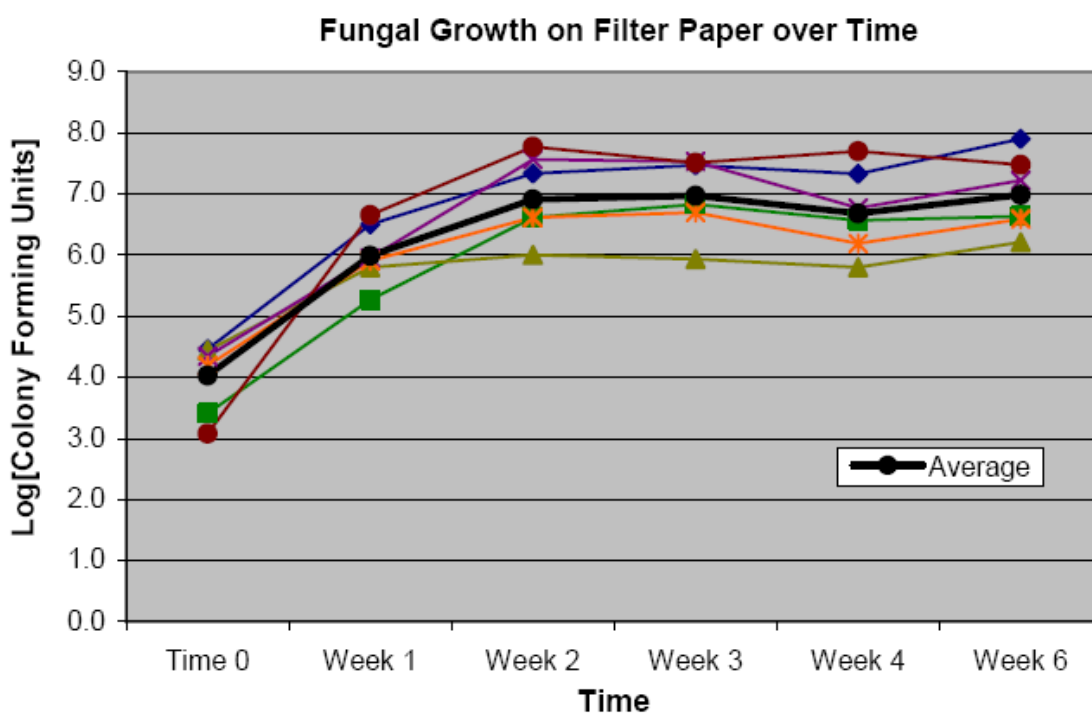


圖3.3 黴菌生長曲線

資料來源：Final Report on the Greenguard Pilot Study of Microbial Resistance, Greenguard 2006

在95%的濕度下進行三週實驗，是由於要在快速得到成果與精確

獲得結果間取得？95%的濕度適合黴菌在三週的時間內發展。他是一種加速試驗，模擬黴菌在極高濕度的情況下的發展狀況。而三週的時間是讓黴菌發展出菌落，而這個時間也是委託測試者可以接受的範圍。

經過三週的試驗，黴菌菌落的發展狀況，不論是材料種類間的比較或是相同材料不同組間的比較，都符合預期的結果，這代表這個實驗可以區分出可抗黴和易受黴菌感染的材料之區別，青黴菌對於大多數的建材是一個有用的指標，然而，對於石材類建材，greenguard正在研究其他適當的菌種。

以評定系統而言，每類的產品例如壁紙，廉價天花板，隔間材料，紡織品，和木質裝修材料，可劃分出4個等級（詳表3.4所示），分級是依據聚落大小。另外Greenguard認為四個等級的分級應是適當的，且足以凸顯各種材料抗黴性能的差異，圖3.4顯示十種建材之抗黴等級。

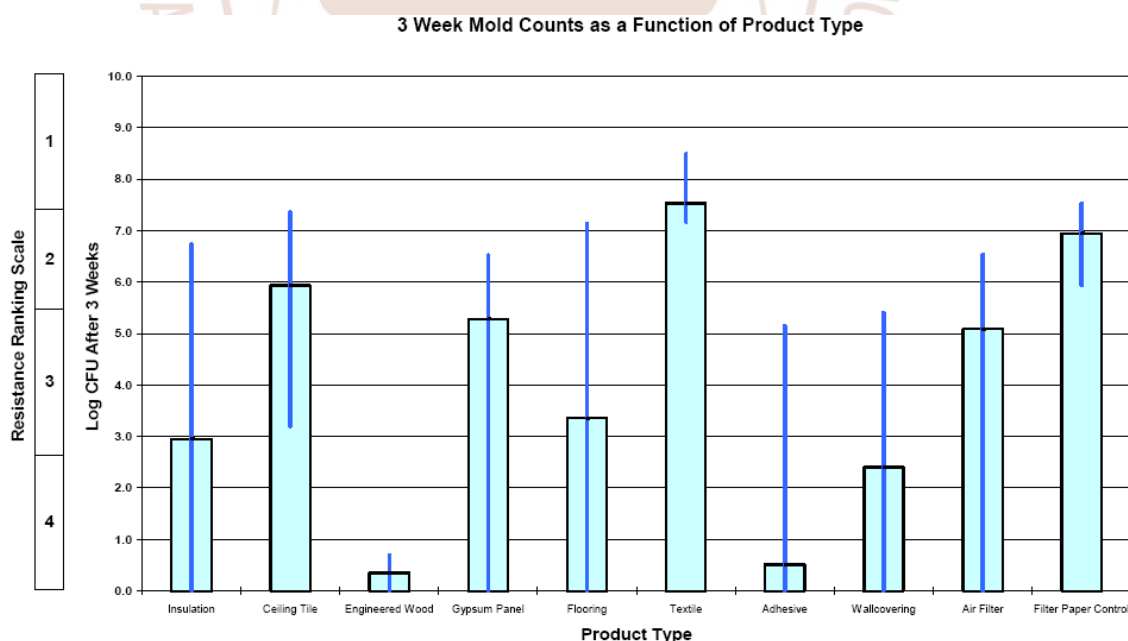


圖3.4 Greenguard十種建材防黴測試結果

資料來源：Final Report on the Greenguard Pilot Study of Microbial Resistance, Greenguard 2006

表3.4 抗黴等級分級

等級	名稱
1	不抗黴
2	輕微抗黴
3	中度抗黴
4	抗黴
5	高抗黴



第三節 防黴抗菌劑的作用機制

防黴抗菌劑的作用機制歸納起來有以下幾點：

(1) 阻礙菌體呼吸，病原菌在呼吸時要消耗糖類、碳水化合物，以釋放能量維持體內各種成分的合成和利用，而能量的貯存和轉化都是和高能磷酸鍵的形成和斷裂分不開的，若殺菌劑進入菌體後能與活性中心酶結合，並在一定時間內影響酶的活性，那麼能量代謝體系的運轉就會中斷，呼吸停止，菌體死亡。

(2) 干擾病原菌的生物合成，病原菌在生長、繁殖過程中需要許多特定的物質，以便形成新的細胞，若能破壞其中核酸的正常生成，也就等於破壞了產生酶的物質基礎，進而破壞病原菌的本身的生長和繁殖。

(3) 破壞細胞壁的形成，破壞細胞壁的形成或改變細胞膜的滲透能力都將使病原細胞置於死地。

(4) 阻礙類酯的合成，有些殺菌劑對醋酸酯基的奪取有阻礙作用，它的作用點是抑制菌體的類酯合成系統，以達到抗菌的目的。

抗菌劑根據其材料的不同，可分為有機抗菌劑和無機抗菌劑。有機抗菌劑存在耐熱性、安全性差等問題，且抗菌性能不佳；無機抗菌劑成功地克服了有機抗菌劑的上述缺點。大部分的金屬離子都有氧化抗菌作用，以強度大小區分為銀>汞>銅>鎘>鉻>鎳>鉛>鈷>鋅>鐵。沸石類之抗菌劑最為常見，沸石是含鹼金屬、鹼土金屬或稀土金屬之矽鋁酸鹽晶體結構，其晶體基本單元是以矽或鋁為中心，氧原子為四角之四面體(SiO₄及AlO₅)，因堆積方式之差異而形成各種不同的沸石；為平衡AlO₅-4所造成的電荷不均，則需以金屬離子電荷來

補足，而後用含Ag⁺等（Zn²⁺、Cu²⁺等）金屬離子的溶液處理，賦予其抗菌性能。在各種抗菌成分中，因晶體抗菌性沸石及銀型無機抗菌劑具有抗菌性能佳、安全且耐候性、耐光性強等特點，在紡織、建材、環保等領域得到了廣泛應用。防黴劑的作用機理，是基體表面的抗菌金屬離子改變細胞膜的滲透能力，從而殺滅病原體細胞。簡言之，抗菌劑上之抗菌金屬離子，離解生成的抗菌金屬離子透過擴散到達菌類細胞膜，並被細胞膜吸附著，細胞膜因此被破壞，致使細胞不能新陳代謝，或蛋白質架構被破壞，另外，有些金屬離子如銀離子對於微生物（細菌、黴菌、病毒）是具有毒性的。由於這些微量銀離子的存在，破壞了細胞的活動能力（防黴機制如圖3.5所示）。其餘類型之防黴抗菌藥劑如：酚類、次氯酸、醇類、醛類、氯酚類、醯胺類等，亦有類似效果。

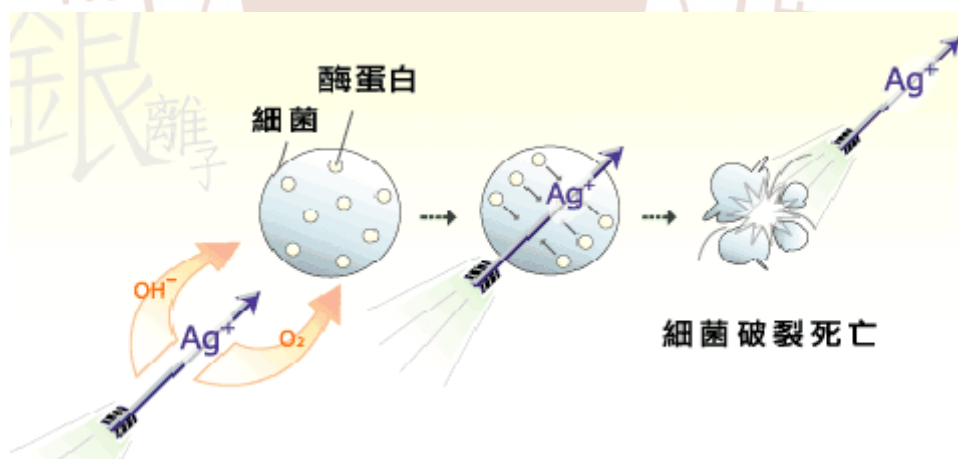


圖3.5 防黴劑防黴機制

圖片來源：

<http://activity.ntsec.gov.tw/activity/race-2/2005/pdf/120011-07.pdf>

第四節 台灣室內常見的黴菌

由於不同地區，環境、氣候條件不同，慣用的建材種類也不同，因此建材上常出現的黴菌種類亦有所不同，不同黴菌種類所造成之健康的危害程度不同，目前文獻中報告裝修建材及黴菌的相關研究多於北歐國家進行，其結果發現，在潮濕的建築內黴菌生長的主要基質之一的裝修建材上，最常檢測到的黴菌種類是*Penicillium*及*Aspergillus*，檢出率分別為68% 及56%，並且此兩種菌最常在木質材料上被檢測到。而在文獻中常對居住者健康造成嚴重損害的黴菌*Stachybotrys*其檢出率為19%，而且最常在石膏板上被檢測到，這是因為石膏板是孔隙較大、含容水分能力較強之裝修建材，而*Stachybotrys*則是生長時需水性比較高的黴菌種類。台灣地區因為氣候高溫，台灣地區不論是氣候條件或是裝修建材的使用均與北歐有不同。紀碧芳等（2003）曾針對台灣地區之45戶家庭中共有56個有觀察到黴菌生長的地方，收集表面樣本，所收集到的表面樣本中有41% 是由房間收集來的、30% 由客廳，其他則是由樓梯間、廚房、儲藏室等空間取得。而由混凝土直接塗覆水泥漆這類裝修建材其表面所生長的真菌種類包含：*Aspergillus*、*Alternaria*、*Cladosporium*、*Drechslera*、*Fusarium*、*Microsporium*、*Paecilomyces*、*Penicillium*、Non-sporulating、Yeast等，其中屬於文獻中常用以評估潮濕環境的潮濕指標性黴菌種類有*A. fumigatus*、*A. versicolor*、*Fusarium*等其出現比例僅佔9%。而木質材料上所生長的黴菌種類則有*Alternaria*及*Paecilomyces*兩種，而此兩種黴菌並不屬於潮濕指標性黴菌。由壁紙上所收集的表面樣本則有*Aspergillus*、

Cladosporium、*Drechslera*、*Penicillium*及Yeast等黴菌生長在其上，三件由壁紙上收集到的表面樣本，其中只有一件有潮濕指標性黴菌生長；該菌為*A. fumigatus*。至於塑膠材質則只有發現Yeast的蹤跡。

在該研究中各種黴菌於表面樣本中出現之比例，以及實際環境測量中各黴菌生長的裝修建材之濕度範圍，均有有所量測（詳表 3.5）。樣本中有黴菌生長的裝修建材其最低的濕度為 30% ，在此濕度下仍能生長的黴菌有 *Paecilomyces* 及 *Yeast*，而當相對濕度在 70% 以下仍能生長之黴菌種類，除上述兩種外，尚有 *Alternaria* 及 *Penicillium*。

表 3.5 黴菌出現比例及相對濕度

出現比例 (n)	出現比例 (%)	相對濕度
	10.7% (6)	70-100
<i>Aspergillus</i>		
<i>A. niger</i>	7% (4)	70-100
<i>A. nidulans</i>	1.7% (1)	100
<i>A. fumigatus</i>	5.4% (3)	70-100
<i>A. versicolor</i>	1.7% (1)	80
<i>Alternaria</i>	32% (18)	50-100
<i>Cladosporium</i>	57% (32)	50-100
<i>Drechslera</i>	3.5% (2)	70-90
<i>Microsporum</i>	1.7% (1)	100
<i>Paecilomyces</i>	3.5% (2)	30-80
<i>Penicillium</i>	12.5% (7)	60-100
<i>Yeast</i>	32% (18)	30-100
<i>Non-sporulatin</i>	35.7% (20)	70-100

資料來源：紀碧芳等（2003）

從表 3.6 中可以發現台灣地區常出現的黴菌種類與北溫帶國家，如丹麥以及芬蘭，有明顯差距，丹麥以及芬蘭，其裝修建材上最常出現的黴菌種類相當類似，出現頻率最高者均為 *Penicillium*，其次是 *Aspergillus*，尤其是 *Penicillium*，在有黴菌生長的裝修建材中有一半以上有此黴菌生長，其他黴菌例如 *Chaetomium*、*Stachybotrys* 等需水性較高的黴菌種類出現的比例亦不低，均在 10% 以上。然而在台灣出現頻率最高的前三種黴菌；*Cladosporium*、Non-sporulating、*Alternaria* 在北歐國家出現的比例並不高，同時這些黴菌多屬於需水性較低之黴菌種類。

表 3.6 各國黴菌出現比例比較表

真菌種類	台灣 N=56	芬蘭 N=79	丹麥 N=72
<i>Acremonium</i>	0 %	15 %	14 %
<i>Alternaria</i>	32 %	0 %	8 %
<i>Aspergillus</i>	11 %	25 %	56 %
<i>Chaetomium</i>	0 %	18 %	22 %
<i>Cladosporium</i>	57 %	0 %	15 %
<i>Drechslera</i>	4 %	0 %	0 %
<i>Fusarium</i>	2 %	17 %	0 %
<i>Microsporium</i>	2 %	0 %	0 %
Non-sporulating	36 %	0 %	0 %
<i>Pacilomyces</i>	4 %	0 %	10 %
<i>Penicillium</i>	13 %	54 %	68 %
<i>Stachybotrys</i>	0 %	21 %	19 %

資料來源：紀碧芳等（2003）

在溫度與濕度條件不同，且提供黴菌生長之基質不同時，黴菌生

長的種類亦會有所差異，根據紀碧芳等（2003）之研究發現，在無機建材例如混凝土、石材上所生長的黴菌種類有 *Aspergillus*、*Alternaria*、*Cladosporium*、*Drechslera*、*Fusarium*、*Paecilomyces*、*Penicillium* 等，其中 *Aspergillus*、*Paecilomyces*、*Penicillium* 在國外文獻亦有紀錄其生長於無機建材上。在我們所收集到的表面樣本大多數是由混凝土材質取得，且出現頻率最高的黴菌種類為 *Cladosporium*。富含纖維之材質例如：礦纖材質、木質等材料，以北歐地區的文獻之記錄而言，大多數的黴菌皆可在此類材質上生長，而北美地區進行的研究則有 *Aspergillus*、*Penicillium*、*Stachybotrys*、*Trichoderma* 生長在此類材質，但是在該研究的調查結果中僅有 *Aspergillus*、*Alternaria*、*Paecilomyces* 三種黴菌生長在其上。至於人造建材上所生長的黴菌種類，國外文獻有記載且台灣亦有發現者包括 *Aspergillus*、*Cladosporium*、*Penicillium*，詳見表 3.7 所示。

一般來說，*Aspergillus* 幾乎可在所有的裝修材質上生長；不論是國外或是台灣地區。*Drechslera* 則僅在本地調查樣本中有發現，國外之研究並未記錄有此黴菌生長在裝修建材上之紀錄。該研究發現在台灣地區，屬於需水性較高的黴菌種類；即潮濕指標性黴菌，僅有 *A. fumigatus*、*A. versicolor*、*Fusarium* 三種，且其出現比例僅有 9%（5/56），換句話說，在台灣之居家環境中其裝修建材上生長之黴菌多為耐旱性黴菌。相較於國外文獻之結果，有生長在裝修建材上且需水性較高之黴菌除了在該研究中也檢查到之幾種黴菌外，還包括：*Mucor*、*Stachybotrys*、*Trichoderma*、*Ulcoladium* 等，然而在該研究中卻不見這幾種黴菌之蹤跡。

表 3.7 不同建材所出現之黴菌

	無機建材 (混凝土、石材)	纖維板 (礦纖、木質材料)	人造建材 (人造壁紙、塑膠)	石膏板
<i>Aspergillus</i>	& @	& * @	& @	&
<i>Acremonium</i>		&		&
<i>Alternaria</i>	@	& @	&	&
<i>Chaetomium</i>		&		&
<i>Cladosporium</i>	@	&	& @	&
<i>Drechslera</i>	@		@	
<i>Fusarium</i>	@	&	&	&
<i>Mucor</i>	&	&	&	&
<i>Paecilomyces</i>	& @	& @		&
<i>Penicillium</i>	& @	& *	& @	&
<i>Stachybotrys</i>	&	& *		&
<i>Trichoderma</i>	&	& *		&
<i>Ulocladium</i>	&	&	&	

&:北歐國家研究中建材上有該菌生長者，*：北美地區之研究中建材上有該菌生長者，@：建材上有該菌生長者
資料來源：紀碧芳等（2003）



第四章 綠建材之防黴性能測試及增列評定可行性分析

由於室內建材的品質與室內環境控制息息相關，建立綠建材標章制度之目的係為提昇國人居住環境的健康性與舒適性，並降低建材產業對於環境生態的衝擊，以具體強化綠建築「生態」、「節能」、「減廢」、「健康」的訴求。綠建材標章制度自 93 年推動至今，已開放「健康」、「再生」、「生態」、「高性能」四類申請項目，並認證 20 餘個試驗機構為綠建材試驗機構，截至 2008 年 7 月底，累計已核發 130 餘件綠建材標章，產品涵蓋種類超過一千餘種，綠建材推廣已使綠建築各項效益發揮加乘效果。目前 130 餘件綠建材中，健康綠建材比例超過 75%，顯見國人對於健康之重視，然而目前健康綠建材僅針對建材逸散率進行評定，未對防黴性能進行把關。建材上若滋長黴菌，則空氣中真菌數量也隨之增加，直接造成居住者健康之疑慮，尤其建材之有機逸散物的逸散，事實上是隨時間會獲得改善，對人體危害逐漸降低，相反的，建材上的黴菌問題，則是隨時間而更趨於嚴重，對人體健康的威脅也隨之增加，另外建築物會因為黴菌的作用使得材料變質、劣化、分解、腐蝕、崩壞而失去原有功能，形成微生物災害。常見的建材如油漆、壁紙、木材、纖維、玻璃等材料都會產生黴菌

第一節 試驗樣品與配置

為了解一般常見綠建材之防黴性能，及環境因素對於建材防黴性能之影響。本研究針對特進行相關試驗規劃，進行六組試驗，其所選用之樣品描述如下：

第一組及第二組採用健康綠建材塗料，其主要成分為丙烯酸樹脂乳膠（30%）、實體顏料（42%）、水（20%）、及分散劑、消泡劑、造膜助劑、防腐劑、凍結防止劑、防壁癌劑等。廠商宣稱塗料具低甲醛及除臭之效果。

第三組採用防黴健康綠建材塗料，主要成分為水性矽溶膠樹脂（45%）、鈦白粉（15%）、碳酸鈣（20%）、水（8%）及安定劑、氧化鋅、分散劑、消泡劑、造膜助劑、防腐劑、增稠劑等。

第四組採用綠建材填縫劑，主要成分為水10%、活性界面劑2%、壓克力乳膠20%、白係砂50%、石粉15%、柔軟劑3%。

第五組採用綠建材合板，以五夾混合熱帶雨林單板（包含柳桉）膠壓成型，接著劑主要為尿素低游離甲醛樹脂。

第六組採用綠建材矽酸鈣板，其主要成分為矽酸質原料（40%）、石灰質原料（40%）、纖維質（20%）。

相關試配置說明如下（詳表 4.1 所示）：

其中第 1、第 2 組試驗採用相同之綠建材塗料，惟為比較不同溫度下，建材防黴性能是否有所差異，故第 1 組測試溫度為 29°C，第 2 組試驗溫度為 35°C，濕度則維持不變，塗料塗刷均為 3 度。

其中第 1 組及第 3 組均為綠建材之塗料，惟第 3 組所用之塗料為廠商自我宣稱有防黴抗菌之效果，在其餘測試條件相同下，可比較一般綠建材塗料與防黴抗菌塗料在防黴性能上之表現差異，塗料塗刷均為 3 度。

另第 4 組之建材為綠建材填縫劑，另第 5 組之建材為綠建材木芯版，另第 6 組之建材為綠建材矽酸鈣板，此三組與第 1 組及第 3 組之

兩種塗料，均於相同溫濕度條件下進行檢測，可比較不同材料之防黴性能。其中矽酸鈣板為代表性之無機版類，而木芯板為代表性之有機版類，兩者可以進行相關比對。

表 4.1 實驗配置表

實驗地 組數	建材分類	測試溫度 (°C)	濕度 (%)	尺寸 (mm)	備註
1	水性塗料 A	29	85	50*50	綠建材
2	水性塗料 A	35	85	50*50	綠建材
3	塗料 B	29	85	50*50	防黴綠建材
4	填縫劑	29	85	50*50	綠建材
5	合板(有機板)	29	85	50*50	綠建材
6	矽酸鈣板 (無機板)	29	85	50*50	綠建材



第二節 試驗方法

本研究試驗採ASTM G21之試驗法，試驗方法主要包括培養基之製作、懸浮孢子混合液、黴菌培養及評估等部分，分述如下：

培養基製作是將15克的瓊脂 (agar)、磷酸二氫鉀、氯化鈉、硫酸鎂硝酸氫、硫酸亞鐵、硫酸鋅、硫酸錳、磷酸氫鉀等，容於1公升純水中。所有試劑均要屬於化學試藥級。製作完成之培養基必須放置於滅菌釜 (圖4.1) 中以121°C之溫度，消毒殺菌20分鐘，並必須確保消毒殺菌後，培養基之PH值必須介於6.0至6.5之間。

懸浮孢子混合液採用五種黴菌之孢子：黑黴 (*Aspergillus Niger*, ATCC 9642)、嗜松青黴 (*Penicillium Pinophilum*, ATCC 11797)、球毛殼 (*Chaetomium globosum*, ATCC 6205)、綠黏帚黴 (*Gliocladium Virens*, ATCC9645)、出芽短梗黴 (*Aureobasidium Pullulans*, ATCC15233)。五種黴菌分開培養在適當的培養基上，這些培養菌必須保存在3-10°C的環境中，而且不得超過四個月，以免影響培養菌之活性，必須等到要製作孢子混合懸浮液時，將培養菌從低溫拿出，在28至30°C的環境中培養7-20天，並於此時間內製作完成孢子混合懸浮液。

先在水中添加二辛基磺基琥珀酸鈉做成0.005%之溶液，並以白金線鈎刮取單一培養菌置入，製作成單一孢子液。再將單一孢子液倒入125毫升之玻璃瓶中，並置入10-15顆直徑5mm的玻璃珠，進行搖動，使混合液充分均勻攪動。並以濾紙過濾混合液，目的是要移除菌絲，而僅留下孢子混合液，並將此混合液離心震盪，去除表面之懸浮液。

樣品可以是5cmx5cm的方形樣品或是5cm直徑之圓形樣品，若為棒狀或是管狀樣品，其長度至少需要7.6cm。但樣品本身之相關特性，如密

度、硬度等必須是穩定的，且不能有光學的散射或是反射效應，以免影響到黴菌之生長。塗料類之材料可以以薄膜方式試驗，薄膜製造方法可以將塗料塗抹在玻璃上，等乾燥後私下薄膜方式處理，或直接塗抹於濾紙或是玻璃纖維上。每個樣品必須測試三組，目視結果如果有任兩組不同，則試驗需重做。

首先把瓊脂培養基放入培養皿中，厚度大約3-6mm，等培養基固化後，將樣品放在培養基表面，然後以110Kpa(16psi)的氣壓將黴菌孢子混合液噴灑在樣品及培養基上，確保整個表面均勻灑佈黴菌孢子，之後維持放入恆溫培養箱中（圖4.2），維持28~30°C的溫度，及85%以上之濕度，培養28天以上，但如果黴菌生長較快，則可以少於28天，但須於報告中敘明，之後以肉眼判定抗黴等級，防黴性能分為0至4級，共五級，「0」代表樣品表面無黴菌生長、「1」代表樣品表面黴菌生長小於10%、「2」代表樣品表面黴菌生長在10-30%之間、「3」代表樣品表面黴菌生長在30-60%之間、「4」代表樣品表面黴菌生長在60-100%之間。黴菌分佈的狀態可能會是點狀、稀少、分散的，亦可能會是像指紋狀一樣集中。經過黴菌培養的試體，可以將試體清洗，將黴菌去除，並浸泡於氯化汞（mercuric chloride）水溶液中五分鐘，取出後放置於23±1°C、濕度50±2%的環境中氣乾，以進行其他的相關試驗，包括硬度、強度、絕緣性等。

此一試驗不像純定量試驗可以計算出精確度（precision）和偏差值（bias）。依據ASTM G21之評級規定，防黴性能分為0至4級，共五級，「0」代表樣品表面無黴菌生長、「1」代表樣品表面黴菌生長小於10%、「2」代表樣品表面黴菌生長在10-30%之間、「3」代表樣品表面黴菌生長在30-60%之間、「4」代表樣品表面黴菌生長在60-100%之間，培養後之黴菌生長情形可由菌落計數器（圖4.3）及顯微鏡（圖4.4）

作詳細觀察。



圖 4.1 高壓滅菌釜



圖 4.2 恆溫培養箱



圖 4.3 菌落計數器



圖 4.4 顯微鏡

第三節 試驗結果

六組試樣中，僅有屬於有機板類之木芯版，及填縫劑(矽利康)兩種有長黴，兩種塗料，包括一般綠建材塗料及防黴綠建材塗料，即使培養溫度提高至 35°C，均未出現黴菌滋生之狀況，無機版類之矽酸鈣板主要材料為水泥，也未發生黴菌滋生之現象，由於培養之條件，其溫濕度均高，應是黴菌適合生存的條件，未滋生黴菌，推測是因黴菌孢子無法在無機及塗料等材料上，於 28 日內分解出生長所需之養分。至於合板及填縫劑由於材料本身較易分解出黴菌所需之養分，因此抗黴能力較弱，尤其合板，自第七天起建材表面便開始有黴菌產生，且菌落分佈區域超過 60% (詳圖 4.5)。填縫劑(矽利康)亦有黴菌產生之現象，惟其菌落型態為為斑點狀，其分佈面積較合板上黴菌分佈面積稍小 (詳圖 4.6)。

依據 ASTM G21 之評級規定，防黴性能分為 0 至 4 級，共五級，「0」代表樣品表面無黴菌生長、「1」代表樣品表面黴菌生長小於 10%、「2」代表樣品表面黴菌生長在 10-30%之間、「3」代表樣品表面黴菌生長在 30-60%之間、「4」代表樣品表面黴菌生長在 60-100%之間，試驗結果詳表 4.2 所示。

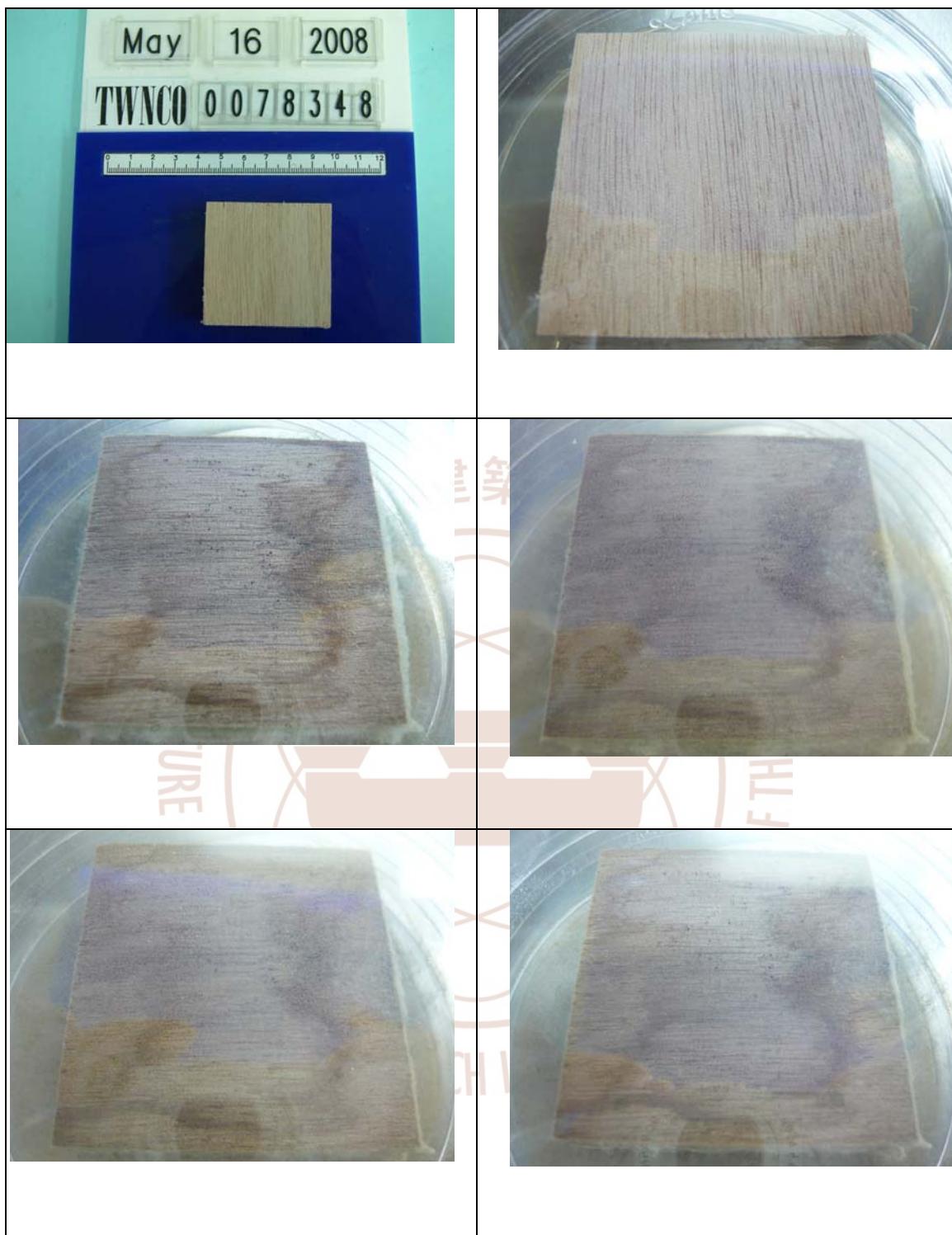


圖 4.5 合板試驗結果

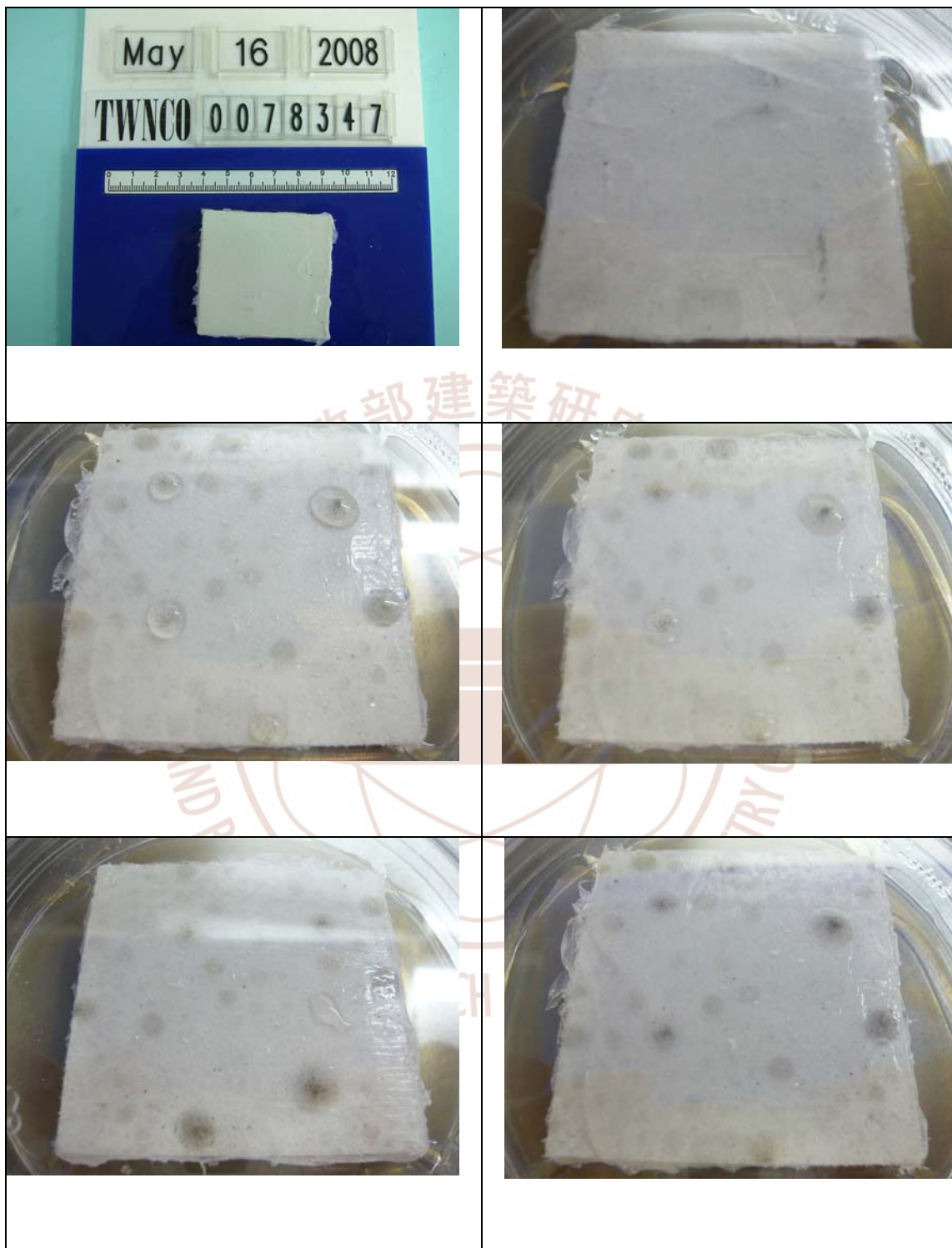


圖 4.6 填縫劑試驗結果

表 4.2 試驗結果

測試樣品 (組數)	觀察結果			
	第 7 天	第 14 天	第 21 天	第 28 天
1	0	0	0	0
2	0	0	0	0
3	0	0	0	0
4	2	2	2	3
5	4	4	4	4
6	0	0	0	0



第四節 增列防黴性能評定項目之可行性分析

任何政策草案的規劃過程中，為順利推動政策，有必要進行可行性分析 (Feasibility analysis)，一項政策若能符合可行性分析各個面向，則這項政策具有較高的「可行性」，亦較能順利推展及達成政策預期的結果。政策的可行性研究涉及許多層面，包括技術、經濟、法規、及管理之可行性，可提供決策者選擇方案的足夠資訊。

有關健康綠建材標章之評定，係由綠建材審查委員會之健康分類委員會依據「綠建材解說與評估手冊」之通則及評估基準所載之各項目審查，廠商申請綠建材標章之產品，需檢附經綠建材審查委員會認可之「試驗機構」所出具之試驗報告，提送申請。現行健康綠建材標章評定項目包括甲醛及總揮發性有機化合物兩項，本研究將就健康綠建材標章是否增列防黴性能評定項目，進行上述各個面向指標之可行性分析，替代方案包括增列防黴性能為「必要」評定項目，或「選擇」評定項目兩案，探討如下：

一、技術可行性

增列防黴性能評定項目之技術可行性分析，須考量「認可試驗機構」之建材防黴性能檢測能力與綠建材審查委員會評定能量。本研究考量之因素如下：

1. 國內可執行建材防黴性能檢測的試驗機構是否充足機構，是否具有足夠專業檢測能力。

經本研究訪查，國內至少有 4 家試驗機構可執行建材防黴性能檢測，其中並有試驗機構已經綠建材審查委員會認可。各試驗機構

所採用標準以 ASTM G-21-96 為主。

2. 綠建材標章評定機構負責執行的人員，及所組成健康分類綠建材審查委員會是否涵蓋黴菌檢測專家，是否具有足夠的專業知能審查評定。

目前綠建材標章評定工作委由財團法人台灣建築中心辦理，該中心為一專業建築及建材團體，為辦理健康綠建材標章之評定，健康分類委員會聘有具有醫學、化學、建築及室內裝修等之專家，惟微生物學並非其熟悉專業，若要辦理建材防黴性能評定，尚需增聘熟悉微生物學之專家，評定機構負責執行的相關人員亦需加強微生物學之訓練。

3. 防黴性能的提高是否影響建材其它基本性能，在現有制度下可嚴格把關需嚴格把關。

黴菌能分泌各種各樣的生物酶，將有機物分解後攝取其營養。在適宜的溫度和濕度條件下，只要有極少的養分，黴菌就會迅速生長。採取防黴劑是防黴較常用的方法。防黴劑是一種能抑制黴菌生長並殺滅黴菌的助劑。其作用機理主要是降低或消除黴菌細胞內各種酶的活性，破壞其細胞內的能量釋放體系，阻礙電子轉移系統及氨基轉移系統的生長。防黴劑除具有殺菌效果外，還有以下特點：耐熱性好，分解溫度大於 300°C；毒性小，且與塑膠的各種原料、助劑相容性好。高分子材料也具有一定的防黴性能。高分子材料要獲得一定的防黴性能，需將防黴性物質，如酚類化合物、有機金屬化合物、含氮化合物、含鹵化合物、含硫化合物等，以一定比例與熱塑性樹脂，如聚乙烯（PE）、聚丙烯（PP）、聚氯乙烯（PVC）混合，並添加多種助劑，經混煉、塑化、造粒，制得防黴樹脂。助劑的添加要按一定的次序，並充分

攪拌均勻。添加劑的選用要注意其協調性、與樹脂的相容性及耐久性，換言之，綠建材未來如加入防黴性能的評定，應就其防黴技術及添加劑，進一步評估所使用之添加劑或是處理技術是否會造成產品其餘性能的影響。目前綠建材標章評定通則中，明文規定產品需符合國家標準及相關安全標準，且需提供證明文件，因此，即使加入防黴性能的評估，也可針對基本性能部分予以把關。

二、經濟可行性

增列防黴性能評定項目之經濟可行性分析，包括國內建材廠商申請建材防黴性能評定之需求量、試驗機構之檢測費用、評定機構衍生之額外費用或相關人事費用、及所達到之成本效益等。本研究考量之因素如下：

1. 國內廠商是否有申請建材防黴性能評定之需求量。

台灣地處亞熱帶濕熱氣候區，黴菌生長問題造成相當大困擾，防黴需求相當高，基於建材防黴性能已成為許多建材廠商的重要訴求，因此亟需檢討現行健康綠建材標章是否增列防黴性能評估項目，以解決黴菌生長問題對建築物、建材、傢俱之危害。

2. 檢測機構現行之檢測費用，是否具有市場競爭力

經本研究訪查，國內至少有4家試驗機構可執行建材防黴性能檢測，詳表其中並有試驗機構已經綠建材審查委員會認可。採用標準以ASTM G-21-96為主。檢測費用每件約3000 ~ 6300元，與現行健康綠建材標章之「甲醛(HCHO)」及「總揮發性有機化合物(TVOC)」兩項之檢測費用相比，廠商之接受度應相對提高。

表 4.3 國內試驗機構防黴性能檢測之費用與標準

試驗機構	檢測費用	採用標準
A	6,300/每件	ASTM G-21-96
B	3,780/每件	ASTM G-21-96
C	3,100/每件	ASTM G-21-96
D	3,000/每件	-

3. 評定機構執行建材防黴性能評定，是否需增加的額外費用或相關人事及人員培訓費用。

由於現行健康綠建材標章之評定，評定項目為「甲醛(HCHO)」及「總揮發性有機化合物(TVOC)」兩項，目前之健康分類委員以化學、建築及室內裝修等之專家為主，未來若要辦理建材防黴性能評定，尚需增聘熟悉微生物學之專家，評定機構人員亦需加強微生物學之訓練。因此，評定機構尚需增加的額外費用或相關人事及人員培訓費用。

三、法規可行性

增列防黴性能評定項目之法規可行性分析，包括國家標準是否有對應之檢測標準、健康綠建材標章納入建材防黴性能評定項目有無窒礙之處等。本研究考量之因素如下：

1. 本項建材防黴性能檢測是否有明確檢測標準，做為實施的依據。

我國有關建材防黴性能評估之檢測標準，目前僅有適用於各類纖維及其製品之 CNS 2690(1975)纖維製品防黴性能檢驗法，其他建材尚無防黴性能檢測之國家標準。美國測試暨材料協會 ASTM G21 標準(Standard Practice for Determining Resistance of Synthetic Polymeric Materials to Fungi) 則適用各類合成聚合

物及製品之防黴效力評估，本研究採用此一標準進行國內建材防黴性能之實驗，並與美國 Greenguard 建材防黴性能評定結果比較分析，發現在木質裝修材料、塗料及填縫劑之防黴性能具有類似實驗結果，可做為初期實施的依據。

2. 從本所辦理健康綠建材標章的角度看，增列防黴性能評定項目有無窒礙之處。

由本案實驗結果來看，並非大部分之建材皆需考量防黴性能，主要以木質裝修材料、塗料、壁紙、紡織品及填縫劑等建材較易有黴菌生長問題，石材及無機建材等黴菌生長問題較少。因此，健康綠建材標章增列防黴性能為「必要」評定項目，恐有窒礙難行之處，若考量台灣黴菌生長問題，增列防黴性能為「選擇」評定項目，鼓勵廠商提升建材防黴性能，發展台灣建材特色，不失為一可行方案。

3. 從評定機構辦理健康綠建材標章之評定的角度看，增列防黴性能評定項目有無窒礙之處。

就評定機構之審查實務角度來看，增列防黴性能為「必要」評定項目，需先研訂所有建材依體適用之明確評估基準，難度高且耗時較長。增列防黴性能為「選擇」評定項目，則僅需針對特定建材研訂適用之評估基準，耗時較短。

四、管理可行性

增列防黴性能評定項目之管理可行性分析，包括國內民眾及各公會團體是否支持、規劃實施之時程、評定機構是否有能力及容量足以承辦此項工作等。本研究考量之因素如下：

1. 民眾及各公會團體之支持的程度

由於台灣地處亞熱帶濕熱氣候區，黴菌生長問題對國內民眾居

家生活造成相當大困擾，防黴需求相當高，許多建材廠商亦以建材防黴性能為訴求，因此各公會團體一再呼籲正視建材防黴性能納入健康綠建材標章評定。

2. 在規劃、試辦、及至實施之準備時間之估算。

健康綠建材標章是否增列防黴性能評定之建議，需經綠建材標章審查委員會進行充分討論、研訂、公告、試辦等程序，估算增列為「必要」評定項目，所需時間較長，約需 3-4 年。增列防黴性能為「選擇」評定項目，所需時間較短，約需 1-2 年。

五、可行性分析結果

健康綠建材標章增列防黴性能評定項目，本研究就上述技術、經濟、法規、及管理等各個面向指標探討分析，綜合可行性分析之結果如表 4.4，本研究考慮建材防黴性能之技術可行、經濟已有市場、法規可行及管理可行，選擇替代方案 2 為建議方案，即建議健康綠建材標章以增列防黴性能為「選擇」評定項目，並採自願方式執行。

表 4.4 健康綠建材標章增列防黴性能評定項目之可行性分析比較

	現行方案	替代方案 1	替代方案 2
項目	健康綠建材標章評定項目 (甲醛及總揮發性有機化合物)	健康綠建材標章增列防黴性能為「必要」評定項目	健康綠建材標章增列防黴性能為「選擇」評定項目
技術可行性	優	可行	可行
經濟可行性	優	普通	已有市場
法規可行性	完備	不可行	可行
管理可行性	優	不可行	可行
備註			本研究建議方案

第五章 結論與建議

第一節 結論

我國位處高溫高濕之環亞熱帶氣候區域，適合各種微生物的生長與繁衍，再加上人口密度偏高，居住環境的健康議題，相較於其他國家，更顯重要與迫切。其中，建築材料之防黴性能之評估，乃是維持健康居住環境之重要一環。環顧國際先進國家之相關發展，建材防黴性能之相關研究，亦處於剛起步階段，本研究針對我國特殊之地理環境與氣候特性，進行建材防黴性能之相關資料蒐集與試驗，重要結論如下：

一、建材防黴性能具可客觀評定之特性，未來可採自願性方式納入健康建材評估項目中進行評定：

健康綠建材標章受理申請以來，廣泛受到業界及消費者的高度重視，目前在四大類綠建材中約佔有75%。目前健康綠建材僅針對甲醛及TVOC進行評定，然而低甲醛、低TVOC的建材，似乎不足以確保建材的健康性，尤其甲醛、TVOC的危害均隨時間遞減，而黴菌問題卻隨時間而趨於嚴重，有必要對防黴性能進行把關，且評估檢測成本、檢測時間、檢測的標準及可執行檢測的實驗機構等因素，未來針對防黴性能進行評定具有可行性，然而，由於部分建材並無黴菌滋生之虞，實不需強制檢驗，建議採自願性質為宜，另針對不特別強調防黴訴求之建材，亦無立即進行評定之迫切需要。

二、建材防黴性能評估以青黴 (*Penicillium*) 菌屬為檢測指標，為適當且可行之作：

國內外過去相關的防黴抗菌試驗大多是以紡織品做為對象，

國內亦無建材防黴性能檢驗法之相關標準與規範，業者較常使用的檢測方法為CNS 2690（纖維製品防黴性能檢驗法）、JIS-Z2911（防黴效力評估）、ASTM-G21（合成聚合材料防黴性測定）等三種，其採用之菌種、黴菌培養天數、溫度、濕度，略有差異。考量國內之環境及氣候特性，並廣泛蒐集相關文獻發現，青黴菌屬為台灣地區好發於建材表面之菌種，且其培養之穩定性、可靠度、再現性等亦已被相關研究證實，未來可作為試驗之菌種。

三、實驗研究發現有機合板及填縫劑之防黴性能較無機建材為差：

本研究針對一般健康綠建材塗料、防黴健康綠建材塗料、綠建材填縫劑、綠建材合板、綠建材矽酸鈣板等五種建材進行ASTM G21防黴試驗，試驗流程主要包括培養基之製作、懸浮孢子混合液、黴菌培養及評估等部分，5組試樣中，僅有屬於有機板類之木芯版，及填縫劑(矽利康)兩種有長黴，兩種塗料，包括一般綠建材塗料及防黴綠建材塗料，即使培養溫度提高至35°C，均未出現黴菌滋生之狀況，無機版類之矽酸鈣板主要材料為水泥，也未發生黴菌滋生之現象，由於培養之條件，其溫濕度均高，應是黴菌適合生存的條件，未滋生黴菌，推測是因黴菌孢子無法在無機及塗料等材料上，於28日內分解出生長所需之養分。至於合板及填縫劑由於材料本身較易分解出黴菌所需之養分，因此抗黴能力較弱，尤其合板，自第七天起建材表面便開始有黴菌產生，且菌落分佈區域超過60%。填縫劑(矽利康)亦有黴菌產生之現象，惟其菌落型態為為斑點狀，其分佈面積較合板上黴菌分佈面積稍小。

第二節 建議

根據本研究之文獻調查及實驗結果，提出下列具體建議，以下分別從立即可行的建議、及中長期建議加以列舉：

建議一

建議健康綠建材標章增列防黴性能為「選擇」評定項目，並採自願性方式進行評定：立即可行建議

主辦機關：內政部建築研究所

協辦機關：

健康綠建材標章受理申請以來，廣泛受到業界及消費者的高度重视，目前健康綠建材僅針對甲醛及TVOC進行評定，然而低甲醛、低TVOC的建材，似乎不足以確保建材的健康性，尤其甲醛、TVOC的危害均隨時間遞減，而黴菌問題卻隨時間而趨於嚴重，有必要對防黴性能進行把關，本研究考慮建材防黴性能之技術可行、經濟已有市場、法規可行及管理可行，建議健康綠建材標章增列防黴性能為「選擇」評定項目，由於部分建材並無黴菌滋生之虞，實不需強制檢驗，建議採自願方式辦理。

建議二

針對台灣亞熱帶高溫高濕氣候特性，建議針對建材，著手研擬防黴試驗及防黴性能之相關國家標準：中長期建議

主辦機關：經濟部標準檢驗局

協辦機關：內政部建築研究所

國內對於建築材料防黴性能的試驗和評估尚無國家標準，勉強引用紡織品之標準或國外相關基準，未必妥當，且細部操作仍有許多問題不甚明確，不同的試驗機構難以在相同的標準上進行試驗，不僅不

能符合業者之需要，也尚難與國際接軌。相較於北溫帶或大陸型氣候國家，台灣應更積極著手此部分的研究與標準研擬。

建議三

目前營建領域的研究中，較缺乏微生物對於建材或建築環境影響之相關論述，建議未來能進行跨領域的整合研究，深入探討微生物的生長與抑制機理，及其對建材及對人體健康的影響：中長期建議

主辦機關：內政部建築研究所

協辦機關：行政院環境保護署、行政院衛生署

黴菌種類約有 7 萬種，其生長與繁殖的好發條件與抑制方式各有不同，不同的材料對於黴菌也有不同的反應，未來建議可針對此部分進行更深入且長期的調查與研究，尤其是不同黴菌對於建築環境及人體健康危害程度的個別化分析，應有更明確的瞭解，以研擬相關防制對策及評估標準。

附錄一、期初審查及回應

內政部建築研究所 97 年度第 5 次研究業務協調會議紀錄

- 一、開會時間：97 年 4 月 8 日上午 9 時 30 分
- 二、開會地點：本所簡報室
- 三、主持人：何所長明錦 記錄：羅時麒、姚志廷
- 四、出席人員：如簽到單
- 五、確認前次會議紀錄：部分課題名稱請確實核對修正，其餘會議紀錄確定。
- 六、研究計畫簡報：略。
- 七、綜合討論與建議事項：
- ...

(四)「濕熱氣候條件下綠建材防黴性能評定可行性研究」案：

1. 案名建議調整為「濕熱氣候下建材防黴性能評估之研究」。
2. CNS 2690 纖維製品防黴性能試驗中有關菌落發育狀態之量化判定方式，請補充說明。另低甲醛建材是否較易產生發黴現象，亦請加以釐清。
3. 本所目前尚無建材防黴性能的檢測實驗室，建議可評估未來是否建置相關實驗室及設備。
4. 建議針對相關菌種的特性進行較深入的資料蒐集及調查，必要時邀請相關專家學者提供諮詢。
5. 對於黴菌之生長及繁殖機制應有所掌握，包括黴菌生長所需之要素、控制條件、及黴菌適合附著的材料種類等，並從中探討可行的防黴處理策略及技術，未來亦可進行防黴建材之研發。

八、主席指示事項：

- (一) 本所研究計畫除聚焦於專業技術研究外，對於未來政策需求及相關科技發展，亦應注意配合進行資料收集與分

析，以供本所修訂及爭取相關中綱計畫之參考依據。

(二) 會中同仁提供之建議與意見，請研究人員詳細整理歸納，
以作為後續研究參採。

九、散會：11 時 35 分



期初審查意見回應

	審 查 意 見	回 應 情 形
一	案名建議調整為「濕熱氣候下建材防黴性能評估之研究」。	遵示辦理
二	CNS 2690 纖維製品防黴性能試驗中 有關菌落發育狀態之量化判定方式，請補充說明。另低甲醛建材是否較易產生發黴現象，亦請加以釐清。	遵示辦理。
三	本所目前尚無建材防黴性能的檢測實驗室，建議可評估未來是否建置相關實驗室及設備。	參考辦理。
四	建議針對相關菌種的特性進行較深入的資料蒐集及調查，必要時邀請相關專家學者提供諮詢。	遵示辦理。
五	對於黴菌之生長及繁殖機制應有所掌握，包括黴菌生長所需之要素、控制條件、及黴菌適合附著的材料種類等，並從中探討可行的防黴處理策略及技術，未來亦可進行防黴建材之研發。	遵示辦理。



附錄二、期中審查及回應

97 年度自辦研究案「溼熱氣候下建材防黴性能評估之研究」期中審查

會議紀錄

八、開會時間：97 年 8 月 22 日下午 14 時時 30 分

九、開會地點：本所簡報室

十、主持人：陳組長瑞鈴

記錄：羅時麒、姚志廷

十一、出席人員：如簽到單

十二、確認前次會議紀錄：會議紀錄確定。

十三、研究計畫簡報：略。

十四、綜合討論與建議事項：：

...

(二)「溼熱氣候下建材防黴性能評估之研究」

何研究員明勳：

1. 微生物學名，請統一用斜體字。
2. 本研究採用 ASTM G21 方法，建議最好採用國內常見菌種。實驗方法等，建議依：材料、儀器設備、試驗步驟、結果與討論、結論等條列詳述，例如 (1) 孢子懸浮液配置，使用之孢子濃度應有說明，孢子濃度可能影響培養天數及試驗成敗。(2) 孢子噴灑之設備？條件？噴灑總量？(3) 說明對照組為何？黴菌生長百分比之計算基準（公式）？請補充說明。
3. 黴菌生長繁衍包括孢子發芽及菌絲生長兩部分，CFU 僅能評估孢子發芽率無法評估菌絲生長情形，建議參考 ASTM D6239 中 有關黴菌生長面積之評估方法。

林簡任技正之瑛：

1. 台灣位於環亞熱帶濕熱氣候地區，黴菌影響國人健康問題甚多，建築物室內空調防潮防黴工作，實有需要。

2. 本案建材防黴性能評估之研究，是否為研提評估技術或評估方法？建請配合研究目標調整題目或於摘要及第一章中敘明研究目標。
3. 鑑於建材相當多樣，建請以功能為區分，研提部分建材「有迫切防黴需求」者之建議，供業者及使用者參採。（目前似不宜全面強制實施）
4. 本研究成果，未來可朝向提供健康安全防黴技術，供建材業者提升建材製造技術，引領產業良性發展。

邵教授文政（楊教授詩弘代）：

1. 整體研究架構尚稱嚴謹，方法明確，但題目似與預期成果不甚一致，建議收斂並彙整。
2. 目前成果與後續工作似呈現結構性的落差，建議主辦單位重新思考。
3. 建立機制似為建研所之終極目標，但前提在於應建構適於本土性之檢測方法。

台灣省建築材料商業同業公會聯合會代表（王榮吉先生）：

1. 台灣屬溫濕度高之亞熱帶地區國家，未來如能將建材防黴性能也列入健康綠建材之評估基準，並採自願、選擇性檢測，應有必要。
2. 本案建材防黴性能評估之研究，是具有挑戰性之研究工作，未來為能凝聚共識，建請研究團隊能邀產業界、檢測單位座談，以達落實健康綠建材之目的。

環保署代表（劉建中先生）：

未來若加入防黴基準，廠商可能會在製程或原料上採取新的技術，惟應留意是否影響建材基本性能。

陳組長瑞鈴：

本案涉及微生物及化學等相關專業，研究執行過程應多向專家學者請教，以使研究成果更為完整無誤。

五、結論：

各案期中報告內容，經審查結果原則通過，與會專家學者及出席代表意見請計畫主持人參採，於期末報告回應，並如期完成計畫目標。

六、散會：下午十六時三十分。



期中審查意見回應

	審查意見	回應情形
一	微生物學名，請統一用斜體字	已完成修正。
二	本研究採用 ASTM G21 方法，建議最好採用國內常見菌種。實驗方法等，建議依：材料、儀器設備、試驗步驟、結果與討論、結論等條列詳述，例如 (1) 孢子懸浮液配置，使用之孢子濃度應有說明，孢子濃度可能影響培養天數及試驗成敗。(2)孢子噴灑之設備？條件？噴灑總量？(3)說明對照組為何？黴菌生長百分比之計算基準（公式）？請補充說明。	遵示辦理。
三	黴菌生長繁衍包括孢子發芽及菌絲生長兩部分，CFU 僅能評估孢子發芽率無法評估菌絲生長情形，建議參考 ASTM D6239 中有關黴菌生長面積之評估方法。	參考辦理。
四	台灣位於環亞熱帶濕熱氣候地區，黴菌影響國人健康問題甚多，建築物室內空調防潮防黴工作，實有需要。	感謝委員對本研究支持。
五	本案建材防黴性能評估之研究，是否為研提評估技術或評估方法？建請配合研究目標調整題目或於摘要及第一章中敘明研究目標。	已重新調整摘要寫法，以茲明確。
六	鑑於建材相當多樣，建請以功能為區分，研提部分建材「有迫切防黴需求」	已於結論中提出有機合板及有機填縫料應是有

	者之建議，供業者及使用者參採。(目前似不宜全面強制實施)	迫切需求之項目。
七	本研究結果，未來可朝向提供健康安全防黴技術，供建材業者提升建材製造技術，引領產業良性發展。	防黴機理已彙整於第三章第三節。
八	整體研究架構尚稱嚴謹，方法明確，但題目似與預期成果不甚一致，建議收斂並彙整。	遵示辦理。
九	目前成果與後續工作似呈現結構性的落差，建議主辦單位重新思考。	遵示辦理。
十	建立機制似為建研所之終極目標，但前提在於應建構適於本土性之檢測方法。	相關檢測方法已蒐集完成，並已提出本土化建議。
十一	台灣屬溫濕度高之亞熱帶地區國家，未來如能將建材防黴性能也列入健康綠建材之評估基準，並採自願、選擇性檢測，應有必要。	相關評估結果已納入第四章第四節中。
十二	本案建材防黴性能評估之研究，是具有挑戰性之研究工作，未來為能凝聚共識，建請研究團隊能邀產業界、檢測單位座談，以達落實健康綠建材之目的。	俟研究成果與評估意見成熟後，將持續與各界交換意見凝聚共識。
十三	未來若加入防黴基準，廠商可能會在製程或原料上採取新的技術，惟應留意是否影響建材基本性能。	相關建議與評估已加入於第四章第四節。
十四	本案涉及微生物及化學等相關專業，研究執行過程應多向專家學者請教，以使研究成果更為完整無誤。	已向審查委員及相關學者請益，修正內容。



參考書目

壹、中文部分

內政部建築研究所，第四章健康綠建材，《綠建材解說與評估手冊》，pp.33-38，2007b。

內政部營建署，第 17 章綠建築，《建築技術規則》，2007。

<http://www.cpami.gov.tw/lawdata/>

江哲銘，《建築室內環境保健控制綜合指標之研究》，內政部建築研究所研究報告，1999。

江哲銘、李俊璋，健康綠建材性能實驗研究，內政部建築研究所，2006

姚志廷，綠建材市場調查與產業分析研究，內政部建築研究所，2006。

姚志廷，室內建材健康性能評估及管理系統之研究，《第二屆國際健康資訊管理研討會》，國立台北護理學院，2007。

廖芳陞，黴菌與健康，科學發展，第 415 期，pp.17-21，2007。

王正雄、曾婷婷，壁癌與環境黴菌，環境檢驗雙月刊，環境檢驗所，90 年 10 月。

王正雄，環境有害微生物之管制與防治，環境檢驗雙月刊，第 45 期，92 年 6 月。

紀碧芳，受黴菌污染建材上之黴菌種類研究，國立成功大學環境醫學研究所碩士論文，2003。

吳佳穎，有機食品中黴菌毒素污染及其健康風險評估，國立成功大學環境醫學研究所碩士論文，2005。

謝慧美，台灣青黴菌屬之調查，國立台灣大學植物病蟲害研究所碩士論文，1986。

林貞岑，對抗潮濕大作戰-抗敏除濕防黴 3 部曲，《康健》，3 月號/2006

貳、英文部分

Hargrove, P., Testing for Fungal Growth in Building Products: A Collaborative Effort.

http://www.astm.org/SNEWS/JULY_2004/hargrove_jul04.html

Kowalski, W. J. (2000), Indoor Mold Growth - Health hazards and remediation, HPAC Engineering.

http://www.engr.psu.edu/ae/iec/abe/publications/Indoor_Mold_Growth.htm

Maupetit, F., E. Robine, and C. Cochet, Assessment of health-based characteristics of building products: VOC and formaldehyde emissions, aptitude for growth of micro-organisms, natural radioactive emissions, Centre Scientifique et Technique du Bâtiment (CSTB), France.

<http://www.cen.eu/cenorm/workarea/sectorfora/construction+sector+network/maupetit1.pdf>

Morey, Philip R., Poor Building Design Leads To Fungal Growth, Air Quality Sciences, Inc.

<http://www.inspiredliving.com/airpurification/a~fungalgrowth.htm>

WHO European Centre for Environment and Health (1999), Strategic approaches to indoor air policy-making, EUR/ICP/EHBI040202.

Greenguard Environmental institute(2006), Final Report on the Resistance Greenguard Pilot Study of Microbial Resistance, ,Document Control: GGTR002 Page 10 © 2006 GG Publications, Inc.