

# 圖書館的黴菌管理

李慧音 中西化學工業股份有限公司總經理

【提要】本文為「紙質圖書保存維護管理研習會」之「圖書館的黴菌管理」單元課程實錄，內容介紹什麼是黴菌、圖書館中常見的黴菌，並說明圖書館中的黴菌對人體健康與圖書紙張保存的影響，瞭解什麼是有利黴菌滋生的環境條件，如何控制室內水分阻止黴菌生長，以及從 IPM 的觀點來看圖書館內的黴菌管理應是「預防勝於治療」；最後，提出圖書館黴菌預防性環境管理策略、圖書館內防黴環境控制及書籍被黴菌汙染的處理方法。

關鍵詞：黴菌；防黴；黴菌管理策略

大家好，今天我很惶恐，不瞞大家說，我已經有多次的演講經驗了，但是針對「圖書館的黴菌管理」的演講，這是第一次，我很用心去搜尋目前最新的方式，但是萬一內容講的令各位不是很滿意，請多見諒。

## 前言

中西化學工業股份有限公司前身為中西農化廠，創立於 1950 年，迄今已有 54 年歷史的專業環境衛生用藥工廠。於 1963 年改組為中西化學工業股份有限公司，與日本住友化學合作，從事專業環境衛生用藥之配方製造，及各式防蟲系列產品。於 1986 年公司開始研發生產病媒防治專業用藥劑，將營業觸角由消費群深入專業消毒公司領域。於 1992 年成立病媒防治諮詢顧問小組，專門

引進世界性新的病媒防治技術、觀念與新的藥劑，推廣安全用藥觀念。並協助專業 PCO 組織博物館害蟲防治團隊及古蹟維護白蟻防治專業團隊，以推廣正確的防治工法。我曾經在 1996 年舉辦「圖書館的蟲害防治新概念」研討會，因為這個研討會，我認識非常多博物館、美術館的朋友，今天會來參加這個研習會，也緣自於之前的緣分。

目前中西化學除生產多種防治白蟻、蟑螂、跳蚤、蚊、蠅等環境用藥，實際協助很多專業者做博物館一些防蟲和黴菌處理的業務，並且是日本住友化學公司病媒防治專用藥劑及德國拜耳公司環境用藥部門之臺灣區總代理商，同時並代理各項整合性病媒害蟲防治的產品，以落實減少施用化學藥劑的整合性害蟲防治 (IPM) 概念，善盡社會責任並推廣適量使用安全有效之環境用藥以



達防治效果，同時符合維護環境保護之境界。

## 一、何謂黴菌？

今天演講我試著不要太過學術，因為我覺得實際在面對黴菌問題，雖然很嚴重，但它是各位日常生活中的一部分。黴菌是真菌的一種，常常看起來像絲絨或棉絮般的微生物，所長出絲絨般物，就是菌絲。有一個概念是大家要知道的，就是黴菌是大自然環境中的一分子，到處都會有它的蹤跡存在著，而且是全年都能生存。沒人確切知道世界上有多少種黴菌存在，估計約有一百萬種以上，一個如針頭大小的面積，可能就含有 25 萬個黴菌孢子。黴菌是藉由孢子散佈存在空中、灰塵、土壤等處，對於在不利於它生存的環境中則會呈現休眠狀態，但實際上它並沒有死亡。

黴菌孢子在圖書館館內、館外、各閱覽室與典藏室之間，持續地隨著空氣流動而飄浮至各處。在室外，黴菌扮演著大自然中腐生分解的角色，可以將一些大自然的有機物質，如落葉、木材等分解而將元素回歸大自然中，但在室內它則會使人類文化傳承與生活品質造成若干影響。所以，在室內，尤其是在密閉空間的圖書館中，我們雖無法避免黴菌闖入，但卻可以避免黴菌的滋生，而達到黴菌防治的目的。

這裡簡單地介紹黴菌的生活史。黴菌的散布工具是黴菌孢子，孢子是不易由肉眼看見，且易由戶外飄浮入室內，隨意落在食物、衣物、器具、桌面、書架、地毯、壁紙、牆縫上。一旦在室內著陸處遇到有利於其滋生的條件，尤其是潮濕處，就會結束休眠狀態立即開始發芽、生長繁殖，呈現出常見的菌絲體，再產生大量的孢子（見圖

1），釋出在環境中伺機再繁殖，並分泌酵素（enzyme）利用著生處的基質存活下去。

圖 1、培養的菌成熟時長出很多孢子的情況



## 二、圖書館中常見的黴菌

1940 年 Dr. Beckwith 由一些舊書籍中，曾分離出 55 種不同菌株，包含 11 個屬，而其中最普遍可見的是 *Penicillium* spp.（青黴菌，見圖 2）及 *Aspergillus* spp.（麴黴菌，見圖 3），這二個屬的黴菌均會分泌消化酵素來分解書籍中紙質之纖維質（cellulose）及紙張中所含的添加物及黏糊劑、漿料、澱粉質等，不僅會讓書籍劣化，也會產生色素造成書籍的汗漬（stains）。書籍與紙張可提供給黴菌的營養源是纖維素（cellulose）、澱粉質黏合劑及書皮上漿處之添加物。黴菌會分泌消化酵素以分解書籍與紙張中的澱粉質與纖維素，以求得養分生長，成熟後產生更多的孢子伺機傳播。

我們常看到在貯存太久的柑橘上發現一些青綠色的粉狀物，這時務必趕快拿袋子裝起來，不要讓它隨意飄散，因為柑橘上面的青綠色粉狀物都是黴菌的孢子。（見圖 4）



圖 2、Penicillium spp. (青黴菌)

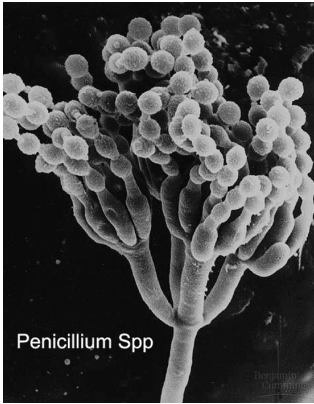


圖 3、Aspergillus spp. (麴黴菌)

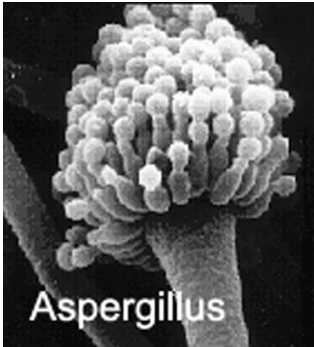
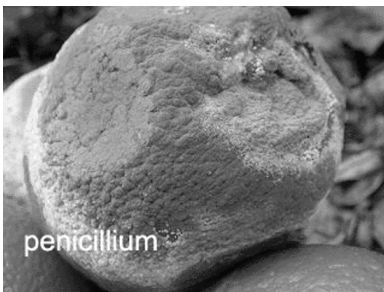


圖 4、長黴的柑橘



### 三、圖書館中的黴菌對人類健康與圖書紙張保存之影響

在圖書館中，黴菌對人類的健康與圖書紙張

保存的影響很重要。

#### (一) 黴菌對人類健康的影響

通常黴菌存在於室內並非嚴重的問題，除非環境因子驅使它開始著床、生長。黴菌一旦開始生長就具有很大的風險性，它會成為過敏原，刺激眼睛、鼻子、皮膚而引起過敏性反應，如流鼻涕、打噴嚏、皮膚紅腫、發燒或氣喘等反應。

1. 由人的傷口直接侵入感染，如香港腳、灰指甲。
2. 空氣中所有存在的黴菌孢子，不論仍具活性的休眠孢子或已死亡不具活性的孢子，均具有過敏原的作用，會引發氣喘及過敏性反應或引發其他呼吸器官的問題而影響人類健康。
3. 有些黴菌會在某些特殊基質上生長而產生二次代謝物質——「黴菌毒素」，人類吃了含黴菌毒素的食物如花生、玉米等易於致癌。如我在化學工業研究所研究黴菌毒素，那時所進口的泰國玉米，由於遭黴菌汙染加上貯存不良，故產生二次代謝物，發生黴菌毒素。造成此汙染的黴菌就是圖 3 的 *Aspergillus* spp. (麴黴菌) 中的 *Aspergillus flavus* (黃麴毒素)，人吃了遭汙染的花生或玉米以後，會有罹患肝癌的風險。
4. 造成皮膚及眼睛的刺激感染。

#### (二) 黴菌對文物、圖書、紙張保存之影響

1. 黴菌會產生特殊色素汙染紙張造成無法回復之汙漬，影響書的價值及觀瞻。

曾經有學者用下列這幾種菌做實驗，以觀察它在紙質產生色素的狀況。(ref. *Journal of the American Institute for Conservation* 1992, 001.31(2)) *Penicillium-notatum* (青黴菌屬，見圖 5)，*Fusarium oxysporum* (鐮孢菌屬，見圖 6)、



*Alternaria solani* (交鏈孢菌屬, 見圖 7) 及 *Chaetomium globosum* (毛殼黴菌屬)。

圖 5、*Penicillium notatum* (青黴菌屬)

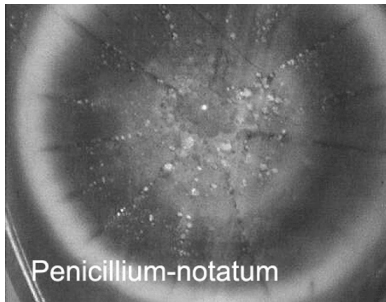


圖 6、*Fusarium oxysporum* (镰孢菌屬)

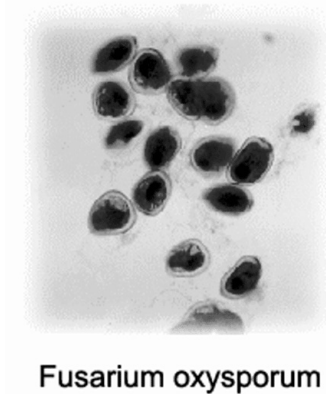


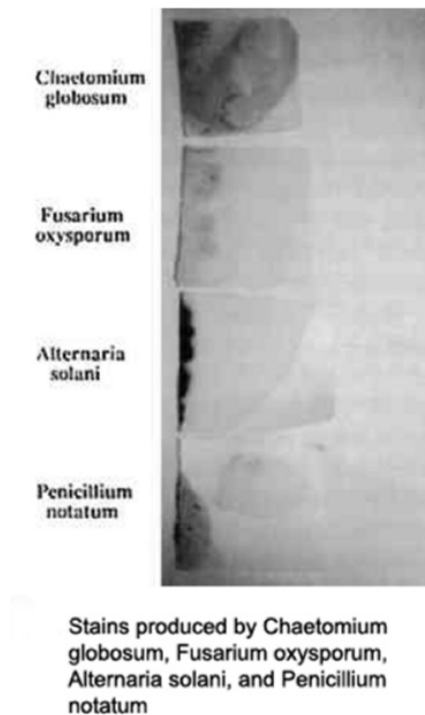
圖 7、*Alternaria solani* (交鏈孢菌屬)



結果發現不同菌種會造成紙不同程度的汗漬 (Stains), 如 *Alternaria solani* (交鏈孢菌屬) 會

產生黑色汗漬 (black stains)、*Penicillium notatum* (青黴菌屬) 會產生黃綠色汗漬 (yellow-green stains)、*Fusarium oxysporum* (镰孢菌屬) 會產生紫粉色汗漬 (purple-pink stains), *Chaetomium globosum* (毛殼黴菌屬) 會產生黃灰色汗漬 (yellow-grayish-brown stains) (見圖 8)。

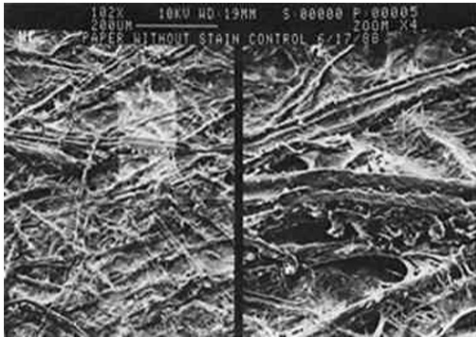
圖 8、四種測試菌在紙張上產生汗漬的色素



下列一些圖 (見圖 9、10、11、12、13、14) 顯示出紙纖維在掃描式電子顯微鏡下, 各種會影響紙質的測試菌所產生的不同色素汗漬之放大狀況。

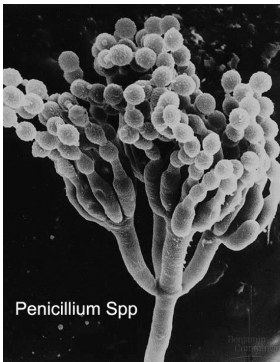
1. 黴菌污染會增加被感染材料之潮濕度, 且會軟化材質、有助於白蟻及其他生物二次感染, 加速擴大危害範圍。
2. 黴菌會產生酵素分解紙質中的纖維質及澱粉類, 使圖書紙質質地劣化不易保存。

圖 9、正常無污染的紙纖維在掃描式電子顯微鏡中放大的狀況



Scanning electron micrographs of unstained paper. (Photo is 60% of original size.)

圖 10、(上圖)青黴菌；(下圖)Penicillium notatum 青黴菌在紙張纖維上所產生的汙漬，於掃描式電子顯微鏡下放大的狀況

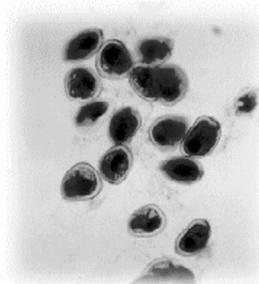


Scanning electron micrographs of paper stained by Penicillium notatum. (Photo is 60% of original size.)

4. 有些黴菌並不是真的會分解紙張的纖維質及澱粉類、Gelatin (明膠) 及 Casein (酪蛋白) 等之物質，黴菌的生長主要是會減弱紙纖維的結合力而使紙張脆化。

紙纖維中的添加物、漿糊劑及覆被物 (書皮) 等，用以增加紙的方便印刷性、韌度、顏色、光亮性等，均可以成為黴菌在環境中的營養源。單是紙張中的纖維素並不太容易被黴菌消化，許多黴菌往往由書皮黏糊處、紙質上漿處及書中軸處開始生長，再慢慢蔓延到頁面。

圖 11、(上圖) Fusarium oxysporum 鐮孢菌；(下圖) Fusarium oxysporum 在紙張纖維上所產生的汙漬，於掃描式電子顯微鏡下放大的狀況



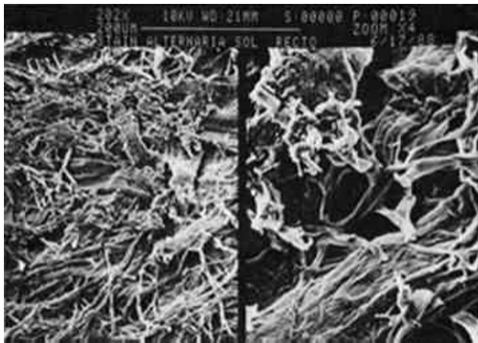
Fusarium oxysporum



Scanning electron micrograph of paper stained by Fusarium oxysporum (Photo is 60% of original size.)

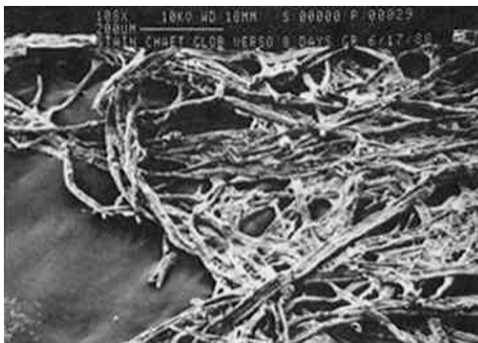


圖 12、(上圖) *Alternaria solani* 交鏈孢菌；(下圖) *Alternaria solani* 在紙張纖維上所產生的汗漬，於掃描式電子顯微鏡下放大的狀況



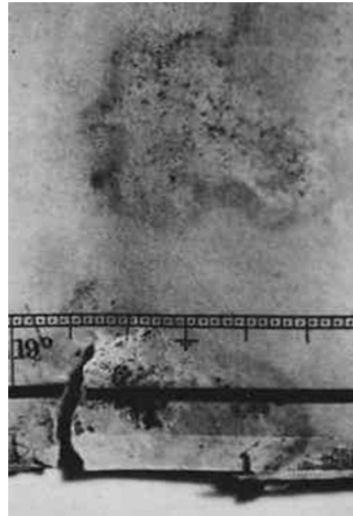
Scanning electron micrographs of paper stained by *Alternaria solani*. (Photo is 60% of original size.)

圖 13、*Chaetomium globosum* 在紙張纖維上所產生的汗漬，於掃描式電子顯微鏡下放大的狀況



Scanning electron micrograph of paper stains digested by *Chaetomium globosum*. (Photo is 60% of original size.)

圖 14、十九世紀地圖被黴菌污染的情況



Section of an early 19th-century map damaged by fungal growth

黴菌若僅依賴紙纖維素的生長，其危害速度其實是十分緩慢的。有人發現 20 世紀初期以後所出版的書籍，因紙張材料及黏合方法與古書不同，保存起來反而比古書更不容易，就是這個道理。

#### 四、有利於黴菌滋生的環境條件

黴菌的基本防治，環境的控制絕對遠比殺菌重要，所以談到黴菌防治一定要先瞭解什麼是有利於黴菌滋生的條件。大半的黴菌孢子均以休眠的狀態存在於環境中，但當此環境有利於它生長的條件存在時，黴菌孢子便會在著陸處發芽生長出菌絲，開始積極繁殖以產生更多孢子後代。有利黴菌生長之基本元素為：1. 潮濕；2. 溫度；3. 空氣；4. 食物源。

黴菌繁殖所需的相對濕度至少約在 40%~60% 以上，大多數種類的黴菌約在相對濕度 65% 以上就會發芽生長，溫度會影響加快黴菌的生長。黴



菌適合之溫度及空氣條件與人類相仿，所以在圖書館內想用此二環境條件（溫度與空氣）來控制，乃至於限制黴菌生長的可能性，是十分有限的。

濕度的條件才是真正重要的驅動因子，濕度會喚醒休眠中的黴菌孢子甦醒過來，開始活化啟動生長機制並蔓延。黴菌孢子無所不在，我們無法達到百分之百殺死所有的黴菌的境界，但我們可以做到濕度條件的控制，以限制黴菌的生長。

## 五、阻止黴菌生長的重要因子——控制室內「水分」

驅動無所不在、神出鬼沒的休眠性黴菌孢子活化甦醒過來的環境因子是水分。我們審視一下環境中致使環境潮濕的來源為：1. 浸水；2. 漏水；3. 冷凝水的產生；4. 空間內相對濕度太高。針對這四種潮濕發生源的環境控制，是圖書館內黴菌管理的核心工作。

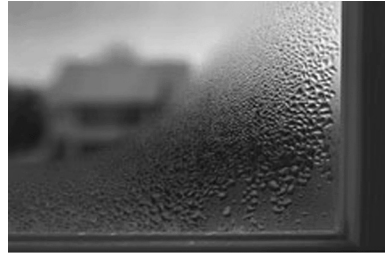
相對濕度（RH）是表示在一定溫度中，空氣中所含有水蒸氣的百分比。冷凝水的成因是當溫度較高時，空氣中若含有較多的水蒸氣；在溫度下降時，部分空氣中的水蒸氣會產生冷凝作用而凝結成水。溫度與相對濕度具有相關性，所產生的冷凝水沾附在水管、地面、玻璃上（見圖 15），而使圖書紙張吸濕而變潮。

## 六、圖書館內的黴菌管理，以 IPM 的觀點來看，應為「預防勝於治療」——預防黴菌滋生，為黴菌管理的上上之策

預防性的黴菌防治管理遠比黴菌滋長後再加以處理來得有效益。所以，從 IPM 整合性黴菌防

治的概念來看，圖書館的黴菌管理，應該是預防勝於治療。預防黴菌的滋生，才是黴菌管理的上上之策，其中的濕度管理是非常重要的。

圖 15、冷凝水在玻璃內側產生冷凝作用



Condensation on the inside of a windowpane.

（轉載自 U. S. EPA）

## 七、圖書館的黴菌預防性環境管理策略

環境管理，包含圖書館四周的環境、館內環境、庫房的清潔管理，以及書架陳列方式要注意通風性、離地性，這些都和潮濕的預防有關係。當然定期的清潔，不要有很多的灰塵，因為灰塵是提供黴菌「吃」、「住」非常好的地方。

### （一）環境清潔管理

#### 1. 四周環境管理

- (1) 戶外排水管及排水溝的調整，使集水區不要太接近圖書館外牆，並定期檢查避免雜物淤塞。
- (2) 圖書館的屋簷、天溝須定期清理，避免淤塞。
- (3) 庭園自動灑水系統調整，避免灑水時潑濺到圖書館外牆。
- (4) 圖書館四周美化環境之植栽區，應與圖書館外牆保持一段距離。
- (5) 地板之水泥板會如海綿般，吸收土壤中的水分上來保持一段時間，如果書籍、紙質物、地毯



置放在濕水泥地上，就會吸收水泥板的濕氣而致使生黴。所以，戶外植物、草皮、花床在澆水時，水量要控制，要注意圖書館外四周的土必須在澆水後 3 小時內完全乾燥。

## 2. 館內環境管理

- (1) 儘量減少在室內栽種植物。
- (2) 地下室或低於地面的牆與地板，應作防水層處理。
- (3) 房子結構的日常維護：a. 立即解決水漬處及積水處的問題。b. 室內有漏水滲水處，須立即在 1~2 日以內修復處理，恢復原來乾燥狀態，並應立即移走水漬品。c. 勿堆積廢棄書籍及報紙在角落不通風的地面上。

## 3. 庫房及陳列處清潔維護管理

- (1) 不可吸煙：抽煙會污染空氣，留下煤焦油及尼古丁微粒的懸浮物，使圖書及紙製品劣化。
- (2) 不可吃東西，喝飲料：食物及飲料會誘引昆蟲及老鼠前來，可能會留下一些殘留物污染圖書表面。
- (3) 庫藏區域須維持乾淨，避免塵垢危害書籍，且此塵垢會提供營養分及藏身所供黴菌滋長。
- (4) 如因通風之必要性須打開窗戶，則必須加裝微細紗窗，以防一些不受歡迎的生物入內，也可減少灰塵量。
- (5) 紗窗須經常定期清洗或用吸塵器清潔乾淨。
- (6) 經常清洗空調的濾網，因為黴菌很容易藉著空調散播到全館。
- (7) 倉貯區域內任何平面處，尤其水平面處，必須先用吸塵器處理乾淨。必要時用除臭清潔劑定期清拭，以免堆積灰塵，擦時儘量減少水分，以減少增加濕度的風險。

- (8) 全區訂定清潔計畫，地板必須至少每 2 天吸塵一次及一週擦拭一次，至於地毯則必須至少每天吸塵一次。
- (9) 使用具有高效能顆粒過濾吸塵器（HEPA）可以濾除小到  $0.5 \mu$  顆粒大小的微細灰塵或黴菌孢子。

## （二）書架清潔管理

### 1. 置物架

使書有次序置放，易分類整理，且有支撐處。並確定書在適宜大小及型式書架中，能穩定置放且必須便於使用者容易翻閱及取用。

### 2. 書架

- (1) 可調整式的鐵架，須塗烤上亮漆，表面堅硬、光滑，不易刮傷書本及手稿。（或電鍍鋁之架子）。
- (2) 書架須比收藏品寬，且高度恰好與收藏品適度密合。
- (3) 不推薦木頭製的書架，因木頭書架可能會釋放出一些氣體傷害圖書；如果沒有替代物品，木製書架需要塗漆一層木材密封劑。鐵製書架不可以緊貼外牆置放或在水管潮濕處下方置放。
- (4) 書架中間走道必須寬到足以讓運書車可以經過。
- (5) 運書車必須很容易操縱，且在運送過程中不會碰撞到二側書架中陳列的書或手稿。
- (6) 收藏品依大小分別置放，且不要過於重壓。
- (7) 用結實而表面平滑且寬度夠的小書架來支撐書籍。
- (8) 書架不要直接倚靠在外牆上，由於室內、室外





環境的溫、濕度不同，外牆上會產生潮氣，如果外牆與書架間有充分空氣流動，會協助潮氣蒸散掉，減少書長黴的機會，並便於清潔。

- (9) 書架最下層不要貼地，以便於清潔書架下方的灰塵，並避免接觸地面潮氣且可增加通風性。

### (三) 圖書管理

1. 書架放書不可過於緊密，如此會造成擦傷，且在存取書時，易使書受到傷害。
2. 書本不可斜靠書架置放，因為壓力會傷害到書本之書脊黏合處。
3. 可調整式之書架高度，可以配合書本高度調整。如果書本過大本，可以平放在書架中。
4. 讀者在取書時，常抓住書本的書脊黏合處拉出與推進，經常會傷到書本。取書時，最好將所要的書由左側推到右側，再拉此本書由側邊著力，再調整書尾端。
5. 圖書管理人員在整理書時，必要時須戴手套，最好用白手套來處理所有圖書、手稿、底片、相片，以免留下油脂等不潔物在保存材料上。
6. 定期整理圖書時，須緊緊闔住，用魔術布擦拭或真空吸塵，以避免灰塵落入書頁內。
7. 整理書時依序由書架取下來，放在推車內的書夾中，然後清理書架。
8. 清理每本書時，由書上方最髒處開始，再擦拭或真空吸塵其他部分。
9. 用布或軟毛刷由書脊開始往外刷，以避免將灰塵推到書脊中間處，或掉入書脊黏合處，加大黴菌感染風險。
10. 一次一層書架地清理，由上層清理到下層止。

## 八、圖書館內的防黴環境控制

圖書館內的環境管理最重要為濕度、溫度與光線。依圖書館保存協會之建議，理想的圖書貯存溫度應控制在 12.8℃，而閱讀區域的溫度亦不要超過 24℃，最好能低於 21℃，至於相對濕度應維持在 50%左右，較為恰當。但環境中的相對濕度如果過低的話，會使紙質劣化；若相對濕度太高，則會致使環境中黴菌孢子有機會活化滋生，而且圖書在高溫下及室內溫、濕度急遽變化的環境中，亦較快產生劣化反應。所以，圖書館中除恆溫恆濕的環境設定以保存良好的紙質外，尚須注意避開蟲菌易於滋生的條件。

### (一) 濕度控制

#### 1. 紙具吸濕性

圖書館防黴、防菌的控制，最重要的就是濕度控制，因為紙具有吸濕性，在正常狀況下，紙質中含有水分，空氣中相對濕度升高，紙會由空氣中吸收水分以達到平衡。

- (1) 在 RH50%的環境中，所收藏的圖書紙張含水率約在 7%左右。
- (2) 在 RH70%的環境中，所收藏的圖書紙張含水率約達到 10%左右，很容易造成長黴。所以，一般會將相對濕度調整在 65%以下。
- (3) RH40%時，則會造成紙張易脆且易乾裂。

一般圖書館相對濕度的控制條件為 45%~65%。一旦環境中的相對濕度在 70%或以上時，黴菌就會開始生長，往後縱使濕度調回較乾燥的環境，黴菌仍會存在。由於這個因素，所有從外面送回來的書，均需要嚴格檢查，如有需要並加以必要的處理，再歸回陳列架中與其他書籍並列。



## 2. 濕度控制穩定的必要性

相對濕度控制雖在 RH45%~65%範圍內，但濕度控制的穩定性也十分重要。由於紙張會由空氣中吸收水分及釋放水分到大氣中，隨著相對濕度不穩定性，會造成書中不同部分、不同材質的紙質，有不同的吸濕率而致使書皮向外側捲曲。所以，一般會建議圖書館中相對濕度可訂在 50% ± 5%。

### (二) 溫度

與濕度相關的是溫度的控制。圖書館中的溫度控制在 21°C ± 1°C，相對濕度應控制在 RH50% ± 5%，是適宜的控制條件。

### (三) 通風性佳

通風性是藉由加速空氣流動帶動水分的蒸發作用，可以協助環境中濕度的控制。裝置 HVAC 系統 (heating/ventilation/air conditioning) 可控制溫、濕度及通風性，提供一個恆濕恆溫的環境，不但可控制黴菌的生長，也可保護書籍不受溫、濕度的影響而變質。風扇可加強通風性，最好放置在靠外牆及接近地面處。手提式除濕機可機動性解決館內局部潮濕問題。在頂樓加裝通風扇或通風口，會加強建物中空氣的循環性。(見圖 16) 而乾燥劑是局部除濕通用的。

### (四) 光線

光線管理也是圖書館環境管理的一個重點。不論自然光或人造光線，均會增加室內的溫度，且均含有紫外光。陽光及紫外光雖會抑制菌的生長，但也會造成保存圖書及材料的油墨與色彩褪色問題，並使材質黃化 (尤其紙質中含有木質素)，也會加速紙的化學反應，造成紙質酸化，

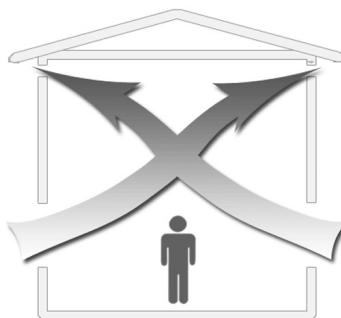
使紙質纖維脆化。所以，圖書紙質泛黃及油墨印刷的褪色，也都與光線的長久曝曬有相關性，圖書館內仍應避免任何光線直接照射。

因此，任何光線來源處，如窗戶及螢光燈，均要加貼紫外光防護濾紙，避免保存的圖書受到光害。150W 日光燈在一公尺遠的照度為 50 Lux。圖書館書庫中通常應關燈，如需要燈光最多 100 Lux；展示區的照度應小於 80 Lux。不過，值得注意的是，如果室內溫度溫和且相對濕度大於 70%，加上圖書館內一般控制光線的環境，若再加上空氣循環通風性不良，這就是黴菌孢子開始活化的前驅條件。

## 九、如何處理已被黴菌污染的書籍

黴菌孢子存在空氣中及室內灰塵中，到處都有。如果一旦發現黴菌已滋生，必須立即清除黴菌，並了解潮濕問題的來源處。研究潮濕是來自漏水、屋頂滲漏、牆壁滲水、電器用品水管冷凝水產生、水管滲漏、相對濕度太高、地下積水、抑或室內通風性不良等，然後立即加以解決。

圖 16、頂樓通風性設置可加強建物內空氣的循環性



(一) 如何察覺黴菌已在滋生

一般除非很仔細檢查，否則早期黴菌感染很難察覺。如果很敏感的人，用五官去感覺到它的存在，如用鼻子嗅有黴味時，尤其在地下室；用眼睛看，特別注意室內潮濕處是否有變黑、變灰或變綠色的地方，牆上裂縫處或壁紙、木板掀起或起泡狀、變色；或是用紫外光照有螢光反應；或是環境中有吃潛藏在受潮書中真菌的蟎類或書蝨等出現時，就是書已長黴的指標。（見圖 17）

圖 17、室內空氣調節器局部長黴



（轉載自 U. S. EPA）

下圖（見圖 18）是庭園的塑膠椅長黴。為什麼長黴？因為有雨水洩漏下來，且可能沾到飲料，或有其他物質流下來，久了之後它就會長黴。

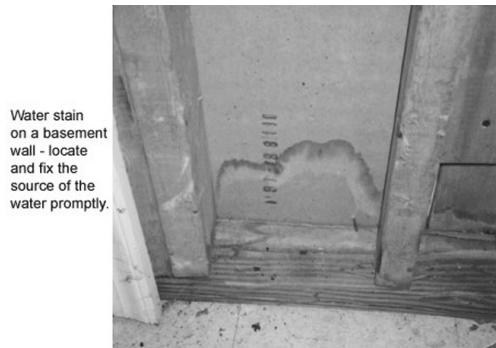
圖 18、庭園的塑膠椅長黴



（轉載自 U. S. EPA）

圖書館裡的水痕不要忽略它，因為表示這個地方有潮濕的問題。我們剛剛提到要防黴，就必須找出哪裡較潮濕？哪裡有漏水問題？這個（見圖 19）就是曾經有水漬處，然後乾涸後的痕跡，我們就要開始去找出水漬形成的原因，把它加以解決才能達到防黴的目的。

圖 19、圖書館裡壁角下的水痕



（轉載自 U. S. EPA）

下圖（見圖 20）是冷凝水長久發生附在管壁上造成管道鏽蝕及長黴的現象。當你發現這個問題，必須立即處理，因為冷凝水也是環境濕度的來源之一，而且還蠻嚴重的。

圖 20、冷凝水造成管壁鏽蝕與長黴



（轉載自 U. S. EPA）



下面(見圖 21)是壁紙後面、黑色的部分，全部都是長黴了。我想它大約是麴菌屬(Aspergillus spp.)，剛剛有提到黴菌對人健康有很多的影響，所以當我們發現環境中有黴菌存在時，而且還發現有黑黑灰灰的粉狀物，你就知道有很多的孢子在那邊了。請保護你自己，戴上口罩，如果是嚴重污染的，要用 N95 型口罩，還要帶手套，再用殺菌劑處理它，因為黴菌的孢子是蠻細的，不要用手去觸摸它，因為觸摸會促成它擴散，同時吸進去對自己的健康是不好的。

圖 21、長黴的壁紙背面



(轉載自 U. S. EPA)

## (二) 如果發現圖書長黴該怎麼辦？

在處理長黴圖書的除黴處理時須注意：

### 1. 檢查造成長黴的原因

如果發現圖書長黴，基本上就是檢查濕度和溫度。

2. 立即迅速隔離受感染的圖書，以免污染範圍擴大  
發現少量長黴時，立即收進氣密式的塑膠袋或箱中。若大量感染時，則隔離整個區域。而在

處理長黴書時，須戴手套、防塵口罩、帽子及防護衣，目的是避免孢子擴散擴大污染區域，同時人們必須保護自己的健康。

### 3. 儘量增加通風性及降低濕度

- (1) 開窗
- (2) 開除濕機
- (3) 開風扇
- (4) 重調 HVAC (暖通空調) 系統到更低 RH
- (5) 關掉通往整棟的通風系統

### 4. 清理長黴書籍

清理長黴書籍時，取出後應在戶外比較通風的地方，或在密閉抽風機內，以乾淨布或軟毛刷刷掉書或紙張上可見到的黴菌孢子，由書脊處向外順刷乾淨，以酒精或吸塵器清理。如果只有少量書長黴，可以裝在塑膠袋中，帶出室外通風處(濕度須低於 RH65%) 在陽光下晒，讓書本乾燥，否則要在酒精或吸塵器清理後，用電風扇吹乾。

### 5. 以適當的清潔除臭劑(如「天森清潔除臭劑」)

清理長黴處的書架與感染房間內的地板、牆、空調的濾網及通風管等處，都應以殺菌劑徹底噴濕、拭淨，達到清潔並兼具除臭、去除黴味的功能。將除黴藥劑用酒精或水溶解，以天森清潔除臭劑、迪森除臭殺菌劑為例，使用比例為 1 公克藥劑溶解於 1 公升的水或 75%酒精，以棉花輕拭書籍，再展開於通風、除濕的環境中使之快速乾燥，以酒精作溶劑處理時，須注意是否會造成圖書褪色問題。

6. 選擇化學性殺菌劑時，須注意必須選擇滲透性佳、具長效作用、低毒性、無刺激性味道、無腐蝕性等特點之殺菌、抗菌劑。

休眠的孢子不動，不表示死了，它是處於靜



菌的狀況（fungistasis），一旦環境適合其生長，便又活化起來。有一些藥劑不具殺菌作用，只是讓菌孢子不要活化起來。具有殺菌作用的殺菌劑可殺死黴菌及孢子。殺菌劑的選擇注意事項有：會傷害圖書或紙張否？會留下藥痕否？對人之毒性如何？具長效性否？持久性如何？

### （三）黴菌管理策略

這是我查美國哈佛大學圖書館的黴菌管理策略。茲摘錄如下：

1. 檢查圖書有無長黴，要特別注意書皮內、外、邊緣、書脊處的上下兩端及書脊內中空處。在檢查書時，小心不要吸入或用手碰觸到孢子，以免有礙健康且將孢子傳播到其他圖書。
2. 對於明顯長黴的圖書，必須做出明智的抉擇，是否可以丟棄它，因圖書或任何材料一旦長黴後，將永遠無法回復原來的外觀，而且將來再發性的比例也很高，比較聰明的辦法是找替代品或複製一份，而不是一味地想搶救已長黴的圖書，除非它是僅存的一份。
3. 如果長黴的書仍必須繼續保存，首先立即與其他圖書隔離起來，放到盒子中，將盒子用塑膠袋包起來置入冷凍櫃中存放，以使生長中的黴菌在不利的環境下，歸回休眠狀況，停止生長的活動，直到進一步處理的安排停當為止。
4. 在良好通風處處理已長黴之圖書，最好在戶外或室內有密閉抽風機（hood）中處理比較好，將書矗立，朝窗外的方向用微風吹過書。在通風的狀況下，會使書很快乾燥且使黴菌孢子乾燥不活化。
5. 如果可能拿到戶外以太陽曝曬一小段時間，紫外光可殺菌且乾燥圖書，但戶外濕度 RH 須小

於 65%。

6. 一旦長黴書籍已十分乾燥且黴菌呈現休眠狀況，就可以將受感染的書籍置於抽氣箱中或戶外通風處，用具 HEPA 過濾之真空吸塵器（見圖 22）吸取孢子，這樣可以去掉大半的孢子，但很難達到 100% 的去除率。由於並非所有孢子均可以由長黴的書中去除掉，所以這本書須做下警示記號表明已受污染過，要進一步觀察與處理。處理過後的吸塵袋須立即綁緊燒掉，或浸漬在殺菌液中再丟棄。

圖 22、高效能顆粒過濾真空吸塵器（HEPA），可協助處理長黴的室內空間



7. 當黴菌去掉後，書的外皮可以用酒精或酒精和水加天森清潔除臭劑處理書皮，儘快使書皮乾燥，注意書皮用酒精處理可能會褪色的問題。（請參照中央圖書館臺灣分館楊時榮先生的施用範例）
8. 搶救回長過黴的書，必須十分注意保存在適當的環境中，否則很可能會再次長黴。
9. 書的內頁需要檢查，在許多案例中，黴菌汗漬會在書本黏合處的頭尾二處的內頁發現，黴菌汗漬可以試著用化學藥劑擦拭以去除汗漬，但可能反而會使書本更加劣化，特別是在潮濕的



環境。

10. 儘快清理書架及操作區域，在長黴書籍放回書架之前做好。
  - (1) 乾燥、清除或掌控多餘濕氣的來源，如裝置除濕機，或去除一塊濕抹布，或濕拖把。
  - (2) 重新調整相對濕度在 50% 以下，溫度在 21°C，直到相對濕度降下來，否則溫度可以調低一些。
  - (3) 增加空氣流通。
  - (4) 用殺菌劑清潔書架、地面，甚至牆面及天花板。

#### (四) 發現圖書長黴的處理實例

##### 1. 非化學性處理

- (1) 冷凍處理：只能靜菌，無法殺菌。
- (2)  $\gamma$  射線：雖會殺菌，無殘留，但會減弱紙質的內部結構，紙的耐摺性會減弱。所以，不建議反覆地使用  $\gamma$  射線來殺菌，且處理場所也不容易找，所以少用。
- (3) UV 光處理：可抑制菌生長，也可能殺菌，但也不建議用此法殺菌，因用 UV 光可以殺菌，也會誘使圖書褪色與加速老化。對於小部分長黴問題發生，才會建議使用此法。

長黴書以吸塵器處理或拭去黴菌孢子後，放在戶外陽光下，風扇吹曬 1~2 天使書乾燥，這樣可使黴菌停止生長，並預防孢子再傳播，但若戶外之 RH 大於 65% 便不適宜進行，且千萬不可以將書放在戶外過夜。

##### 2. 化學性處理

- (1) Thymol (isopropyl-meta-cresol)：具毒性，對人體具有皮膚接觸毒與呼吸毒，故使用時須在密閉小空間操作，僅能短暫性去菌處理，但可能會造成紙質黃化，因此並不一定適用於圖書

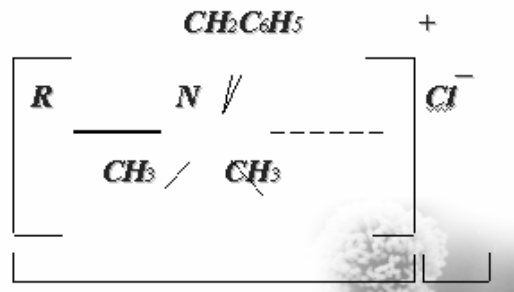
之防黴處理。

- (2) Ortho-phenyl phenol：具刺激性氣味。
- (3) Ethylene oxide (環氧乙烷)：對圖書殺黴菌有效，但此化合物為易燃性且具爆炸性，很毒(有致癌性及殘留性)，目前已不使用。
- (4) Paradichorobenzene (對二氯苯)：非正式視為殺菌劑，最主要是用作防蟲劑，但似具有靜菌作用，在室溫中的密閉空間，處理三週以上，可見效果，PDCB (對二氯苯防蟲劑) 是一種有用的防止黴菌生長的化學藥劑，但對人體具刺激性。
- (5) 天森清潔除臭劑(迪森除臭殺菌劑, Timsen)：天森清潔除臭劑是經由美國政府核可，於美國與所有已登記的國家皆經過最嚴格的試驗。Timsen 在美國環保署登記字號為 507-3，依美國聯邦法規在 FDA 食品衛生局登記字號為 184.1923 及 176.300。

##### A. 化學特性

###### a. 分子式

天森清潔除臭劑主成分為新一代配方，化學結構如下：



LIPOPHILIC GROUP      HYDROPHILIC GROUP  
親油基                      親水基

此特性有助於殺菌劑之穿透力並具介面活性



劑之特性，其中之陽離子基團即是 Timsen 具高效殺菌效果之主要原因。

b. 有效成分

天森清潔除臭劑之有效成分為 40% 新型氯化正烷二甲苯甲基銨 (dimethyl benzyl ammonium chloride)，其中不同碳鏈長之烷基比例為：60% 碳鏈長度為 14 個碳 (表示成 C14)，30% 碳鏈長度為 16 個碳 (表示成 C16)，5% 碳鏈長度為 12 個碳 (表示成 C12)，5% 碳鏈長度為 18 個碳 (表示成 C18)。

分析其中活性區之烷基，有 60% 的碳鏈長度為 14 個碳 (表示成 C14)，與 30% 的碳鏈長度為 16 個碳 (表示成 C16)，此種碳鏈長度範圍得以展現本劑之高生物破壞力，以破壞黴菌細胞。

c. 針對圖書館中不同黴菌污染的天森清潔除臭劑水溶液處理濃度與處理時間 (見表 1)。

對於 *Alternaria* spp. (交鏈孢菌屬) 的污染，一般可使用 2g 天森清潔除臭劑對 1L (公升) 水溶液擦拭圖書。若處理 *Penicillium* spp. (青黴菌

屬)，就是使柑橘長黴時產生綠色色素的菌種，也使用 2g 天森清潔除臭劑對 1L 水溶液，或 75% 酒精擦拭圖書。第三種是會產生黑色色素的 *Aspergillus* spp. (麴黴菌屬)，仍以 2g 天森清潔除臭劑對 1L 水溶液擦拭圖書。至於 *Fusarium* spp. (镰孢菌屬)，則使用 1g 天森清潔除臭劑對 1L 水溶液擦拭圖書。以上這些菌屬可在紙質上生長而產生色素，汙染圖書的紙質，甚而形成無法去除的汙漬，其實大部分可用 0.5g 對 1L 的水稀釋，就是 200 ppm 濃度處理即可，如果不小心在處理過後，有食品去沾到 200 ppm 濃度的藥劑，基本上是不用擔心的，因為它是安全的。它的抗菌效果也非常出色，但當用在圖書長黴處理時，因長黴圖書不能浸泡，只能以擦拭除黴。依照經驗，以天森清潔除臭劑處理長黴的書，會具有除黴效果，並可持續防止長黴的效用一段時間。天森清潔除臭劑使用濃度極低，不僅十分安全，又有很好的滲透效力，是很好的長黴圖書處理劑。

表 1：對圖書館中不同黴菌污染的天森清潔除臭劑水溶液處理濃度與處理時間

汙染菌類別	殺菌劑處理濃度	處理時間	結果	實驗室地點及實驗時間
<i>Alternaria</i> Spp 交鏈孢菌屬	800 ppm	15 to 30min	100%	Instit. Nat. de Salud 04-11-83
<i>Penicillium</i> Spp 青黴菌屬	800 ppm	15 to 30min	100%	Instit. Nat. de Salud 04-11-83
<i>Aspergillus</i> Spp 麴黴菌屬	800 ppm	15 to 30min	100%	Instit. Nat. de Salud 04-11-83
<i>Fusarium</i> Spp 镰孢菌屬	400 ppm	20 sec	100%	Vetecnicos Ltda. 06-11-91



施用水溶性殺菌劑在書皮及紙張最好先以小部分測試無虞後，才能大量採用，因為並非所有殺菌劑均適合用來處理長黴的書籍，必要時更需要先對藥劑的化學性質及此藥劑對紙張與書籍之影響多加了解。

縱使殺菌劑在某些紙上是十分穩定的，它仍舊必須以極低的濃度適當使用，由於用水溶性殺菌劑處理一本本的圖書十分耗時，且須事先逐一測試過才可以用，所以並不適用於大規模長黴圖書的處理，又由於人工處理費十分昂貴，故此方法通常對稀珍材料、圖書，才值得如此去做。

對於長黴圖書所存放的書架處理，則亦須以殺菌劑仔細擦拭。（以天森為例，可以 1g 天森清潔除臭劑泡在 1L 水中配製稀釋 1000 倍之水溶液去清理之。）同時地板也須加以清潔。若為了更徹底處理這問題，更可以延請專業病媒防治業者以「超低容量機器」，作空間密閉的殺菌劑處理，並關閉處理空間至少 20 到 30 分鐘以上，再通風。



▲中西化學工業股份有限公司李慧音總經理（編輯組提供）

## 十、結論

這是個事實——在人類活動的任何區域中，均充斥著許多看不見的黴菌孢子，我們根本不可能將他們完全驅除。我們所能做的黴菌管理，只能在限定的圖書館館區內，做好環境日常維護管理，限定黴菌孢子無法在館區內進一步的生長、大量繁殖，不會干擾到我們的健康及文物、圖書的保存即可。與大自然脈動共存，只選取我們所要的，即為最有效率與環保的圖書館黴菌管理概念。

### 【訊息】

## 延伸閱讀——「紙質圖書保存維護」專題選目

為配合本期專題推出，本刊特別整理臺灣與大陸地區論述「紙質圖書保存維護」之相關文獻書目，分圖書、期刊、學位論文、會議論文、網路資源，歡迎上線閱讀。

詳見 <http://www.gaya.org.tw/journal/m43/bibliography.htm>

