臺灣化學教育

當藝術遇見化學：西畫除黴的跨科教學設計

林佳穎

臺北市立啟聰學校
jiaying0504@gmail.com

臺灣位處與亞熱帶，常年高溫多雨且氣候濕熱，這樣的濕熱環境容易滋生黴菌，因此黴菌是無所不在的，當黴菌滋生在畫作上時，會造成畫作嚴重的損害。本文從西畫除黴為出發點，討論黴菌生長條件、除黴菌的方式、比較除黴方式之異同，並探討西畫除黴與十二年課綱核心概念、科學探究、科學實作、科學態度與科學本質之間的關聯性，最後提出西畫除黴作為生物與化學跨科教學單元的可行性。

■ 黴菌生長條件

一、 溫度

大多數的黴菌的理想生長溫度範圍介於 15～30℃之間，當溫度低於 0℃或高於 50℃時黴菌難以生長。臺灣位於亞熱帶地區，全年的氣候溫度適宜，夏季平均溫度都 28～29℃，冬天平均溫度約在 16～20℃左右。因此，臺灣的溫度是很適合黴菌生長的。

二、 濕度

一般而言，最適合黴菌生長的相對溼度範圍為 75～95%之間當環境的相對濕度低則黴菌越不易生長。此外，由於環境的溫度的高低也會影響相對溼度的蓋變，而且黴菌也可以從多種途徑(空氣、生長基質等)獲取水分，因此黴菌最適合的溼度會因環境而變動。而臺灣平均的空氣相對濕度剛好落在 75～95%之間，因此臺灣的濕度也是很適合黴菌生長的。

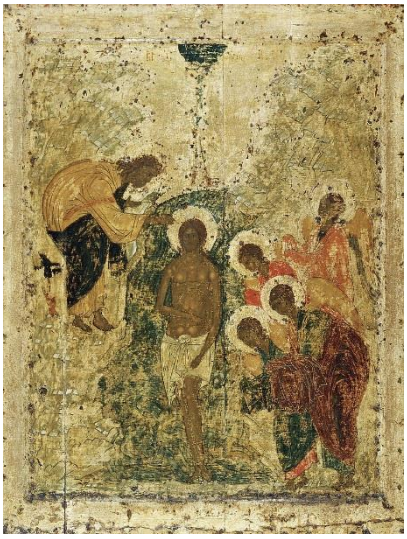
三、 養分

只要環境可以提供黴菌生長所需的養分，黴菌即可以順利生長，而黴菌生長所需的養分可來自於食物、灰塵、書籍、家具…等生活中常見的物質，也就是說人類生存的環境中提供給大量的養分的來源。綜合以上，我們可以知道黴菌最合適的生長環境是高溫度、高濕度、高養分，而臺灣全年皆為高溫高濕的氣候，所以臺灣是一個非常適合黴菌生長的環境。

■ 去除黴菌的方式

臺灣濕熱的氣候加上紙張可以提供充足的養分，因此畫作沒有妥善保存就會滋生黴菌，進而產生褐色的菌斑(見圖一)或是使得畫作發黃變色 (見圖二)。要如何去除畫作上的黴菌呢？本節將介紹漂白劑、酒精、雷射光及紫外線四種去除黴菌的方法。

臺灣化學教育



圖一：畫作有褐色的菌斑

（資料來源：Baptism of Jesus by Andrei Rublev, https://en.wikipedia.org/wiki/Andrei_Rublev）

圖二：畫作發黃變色

（資料來源：Ultima Cena (Leonardo) by Leonardo da Vinci, https://it.wikipedia.org/wiki/Ultima_Cena_(Leonardo)）

一、漂白劑

1. 氧化漂白劑：可以分為含氯型及含氧型兩種，例如：次氯酸鈉漂白劑是為含氯型漂白劑，可以釋放氯自由基；過氧化氫漂白劑為含氧型漂白劑，可以釋放氧自由基。兩種氧化漂白劑都可以使黴菌細胞膜中脂質發生過氧化反應，造成細胞膜的損害，或者是使得黴菌細胞核中的蛋白質或核酸分解變性。一般常見之發黃或褐斑多可以此種方式去除，生活中常見的漂白劑即為氧化漂白劑。

2. 還原性漂白劑： 此類漂白劑可以還原有色物質為無色分子，作用較氧化漂白劑溫和緩慢。例如：硼氫化鈉是還原性漂白劑，對纖維的破壞性較小，價格卻較為昂貴，通常在專業修復時使用。雖然漂白水劑可以殺死黴菌，且取得容易，但是在去除黴菌同時也會除去畫作的顏料，因此濃度控制需要精準，否則容易傷害畫作。

二、酒精

酒精具備高度揮發性，70～75%的酒精能使微生物脫水且凝固，進一步讓微生物細胞內的蛋白變性喪失代謝功能，以達到消毒效果。這種去黴方式較難以殺死黴菌的孢子，會有再次滋生黴菌的的機率，對深層的黴菌的效果會較不好。

三、雷射光

1. 雷射光清潔技術常用的種類有二氧化碳雷射、KrF 雷射、Nd：YAG（釹釔鋁石榴石）雷射等。當我們照射雷射光束在黴菌上，會產生電磁波使黴菌內的原子強烈震盪，便能將黴菌內的原子鍵結打斷，最後使得黴菌的結構崩壞，因此可以將顏色移除。

2. 在高強度雷射光束下會造成紙張纖維焦黃或是穿孔，因此須使用低強度的雷射

光束多次照射，才可以去除紙張纖維表面的黑色黴菌孢子；但是對於嵌埋在紙張內部的黴菌，不論是在任何強度或次數下都無法以雷射的方法除去。此外，雷射光除了可以去除黴菌，也會同時移除畫作表面的顏料，因此在使用上需要注意雷射光的強度與照射位置。

四、紫外線

紫外線中的 UVC（波長 280～200 nm）波長短且能量強，因此可以破壞黴菌細胞核內的 DNA（去氧核醣核酸）及 RNA（核醣核酸）結構，進而使得蛋白質無法形成，造成黴菌的死亡。但是，紫外線中的 UVC 也會破壞紙張纖維與顏料，使得畫作褪色並加速畫作老化，因此在使用時要注意使用的範圍。

■ 比較除黴方式之異同

本節透過科學原理、取得成本、取得方便性、除黴範圍、除黴效果、除黴時間、對畫作破壞性、對人體危害性及對環境危害性等九大面向，來比較除黴方式之異同。表一為比較除黴方式的差異。

表一：比較除黴方式的差異

	漂白劑	酒精	雷射	紫外線
原理	化學性	化學性	物理性	物理性
取得成本	低	低	極高	高
方便性	高	高	低	中
範圍	大	大	小	小
效果	好	可	極好	極好
時間	數分鐘	數分鐘	數秒	數秒
對畫作破壞性	高	低	高	高
對人體危害性	有	極低	極低	有
對環境危害性	有	有	極低	極低

■ 與〈課綱核心概念及探究與實作〉之關聯

一、西畫除黴關聯的主題與單元

西畫除黴單元從藝術為出發點，以如何去除畫作的黴菌來引起學生學習動機，進而導入生物概念。本西畫除黴課程可連結細胞分概念與生殖概念。表二為與西畫除黴關聯的主題單元之分析。

表二：與西畫除黴關聯的主題單元之分析

主題	次主題	國民中學教育階段學習內容	關聯單元
生物的構造與功能	細胞的構造與功能	1. 使用適當的儀器可觀察到細胞的形態及細胞膜、細胞質、細胞核、細胞壁等基本構造。 2. 細胞是組成生物體的基本單	細胞分裂

		位。 3. 細胞會進行細胞分裂，染色體在分裂過程中會發生變化。	
演化與延續	生殖與遺傳	生物的生殖可分為有性生殖與無性生殖，有性生殖 產生的子代其性狀和親代差異較大。	無性生殖

二、西畫除黴與課綱核心素養之關聯

西畫除黴教學單元可以讓學生透過真實的情境學習科學，也可以讓學生透過實作來動手去除黴菌，培養主動思考問題能力；也可以透過小組討論，培養溝通互動能力；以及透過除菌黴法對環境的影響，培養學生社會參與能力。下表為西畫除黴單元與核心素養之關聯。

表三：西畫除黴單元與核心素養之關聯

核心素養面向	**核心素養項目**	**涉及「西畫除黴」的核心素養**
A 自主行動	A1 身心素質與自我精進	✓（主動學習）
	A2 系統思考與解決問題	✓（思考除黴問題）
	A3 規劃執行與創新應變	✓（提除除黴方案）
B 溝通互動	B1 符號運用與溝通表達	✓（小組討論與報告）
	B2 科技資訊與媒體素養	✓（搜尋除黴資訊）
	B3 藝術涵養與美感素養	✓（欣賞西畫）
C 社會參與	C1 道德實踐與公民意識	×
	C2 人際關係與團隊合作	✓（小組合作討論）
	C3 多元文化與國際理解	×

（✓：表示涉及「西畫除黴」的核心素養）

三、西畫除黴與探究能力、科學態度和科學本質之關聯

西畫除黴教學單元讓學生透過實作來動手去除黴菌，因此可以培養學生科學探究與實作的學習表現。在課堂上，教師可以給予學生一個角色—畫作修復師，並提供學生各種除黴方法做為證據，讓學生透過想像、推理、辯證、分析及小組討論，進而上臺發表最合宜的除黴步驟。表四為西畫除黴與探究能力、科學態度和科學本質之關聯。

表四：西畫除黴與探究能力、科學態度及科學本質之關聯

學習表現向度項目	**子項**		**涉及「西畫除黴」的能力**
探究能力	思考智能	想像創造	✓（提出除黴方法）
		推理論	✓（討論可行

		證	的除黴方法）
		批判思辨	✓（討論除黴方案的優劣）
		建立模型	✓（了解除黴的原理）
	問題解決	觀察與定題	✓（透過西畫發現問題）
		計劃與執行	✓（計畫除黴方案與步驟）
		分析與發現	✓（實作與分析結果）
		討論與傳達	✓（小組討論與報告）
科學的態度與本質	培養科學探究的興趣		✓（主動討論除黴方案）
	養成應用科學思考與探究的習慣		✓（提出除黴方案）
	認識科學本質		✓（了解除黴方案會因為科學進步而改變）

（✓：表示涉及「西畫除黴」的能力）

■ 化學與生物統整課程

西畫除黴教學單元提供一個很好的切入點，讓科學教師可以進行化學與生物統整課程。西畫除黴教學單元在除黴方式方面提到漂白水與酒精兩種化學除黴方式，因此化學教師可以於此部分融入氧化還原反應和酸鹼反應等概念。這樣的化學與生物的統整課程，可以讓學生更了解除黴的原理，進而幫助學生提出更正確的除黴方案。

西畫除黴教學單元從藝術出發，結合了臺灣濕熱氣候的特色，提出一個情境化的除黴問題。此單元設計整合藝術、化學及生物等跨領域概念，讓學生不再只是學習片段的知識，而是能從多種面向思考問題並提出解決方案，透過此課程可以培養學生藝術欣賞、動手實作、批判思辨及科學探究等能力。

■ 參考資料

Andrei Rublev, Wikipedia, https://en.wikipedia.org/wiki/Andrei_Rublev.

Ultima Cena (Leonardo), Wikipedia, https://it.wikipedia.org/wiki/Ultima_Cena_(Leonardo).

中央氣象局（2017）。相對溼度。http://www.cwb.gov.tw。

中央氣象局（2017）。臺灣氣候特徵簡介—臺灣的溫度。http://www.cwb.gov.tw。

李慧音（2006）。圖書館的黴菌管理。教佛教圖書館館刊，24-39。

徐健國（2009）。珍貴書畫之保存與修復。林業研究專訓，16-6，66-71。

徐健國（2013）。常見書畫保存問題發生原因、處理方法及預防之道。書畫藝術學刊，15，81-102。

夏滄琪（2000）。紙質文物著生褐斑之探討與移除（未出版之博士論文）。國立中興大學，臺中市。

臺灣化學教育

張舜孔、卲慶旺、王伯仁（2016）。雷射應用於文化資產清潔之臨界能量研究。文化資產保存學刊，35，7-28。

蔡斐文（2003）。黴害印刷紙型修護方法之探討-以國立科學工藝博物館藏品為例。國立臺南藝術學院委託研究計畫研究成果報告。