

【2021 全國科學探究競賽-這樣教我就懂】

高中（職）組成果報告表單

題目名稱：蘇而易見的苔中好空氣——探討苔蘚的空氣淨化能力

一、摘要：

本研究主要探討苔蘚和常見的室內植物在室內環境下，兩者淨化懸浮微粒的能力和將 CO₂ 轉化成 O₂ 能力之比較。我們選擇台中城市中常見的苔蘚物種（蕊形真苔），而作為比較的室內植物則選擇了普遍認為能淨化空氣能力的植物（虎尾蘭）。在懸浮微粒項目中，我們發現虎尾蘭淨化懸浮微粒的能力不明顯，蕊形真苔則能有效淨化空氣中的懸浮微粒，而兩者在淨化 PM_{1.0} 的速率都稍微低於 PM_{2.5} 和 PM₁₀。而在 CO₂ 的項目中，虎尾蘭的轉換效率低於蕊形真苔。最後得出結論：蕊形真苔淨化室內空氣的能力優於虎尾蘭。在此結論之下，我們結合了永續發展的理念設計出了一套苔蘚淨化箱，它能夠在淨化空氣的同時為室內環境提供綠化的能力，並期望能夠透過更深入的研究以實現苔蘚箱的商用。

二、探究題目與動機

自高中開始接觸到苔蘚，我們就著迷於它的魅力，舉凡實地探查、採集、購買、養殖、馴化都已嘗試過。利用已累積下的觀察結果，我們打算利用其在一定單位面積下，其具有葉綠體的細胞之表面積大於種子植物的特性，測量它是否有在室內高濃度 CO₂ 的環境下轉化 CO₂ 的能力。此外，有鑑於在我們日常的觀察中我們發現蕊形真苔時常在充滿廢氣的城市道路旁生長。所以我們得出蕊形真苔或許可在空氣品質較差的地方生長，所以這就啟發了我們的好奇心，因此我們計畫將蕊形真苔和虎尾蘭放入較高濃度懸浮微粒或含有高濃度 CO₂ 環境下，檢測兩者淨化空氣的能力。

三、探究目的與假設

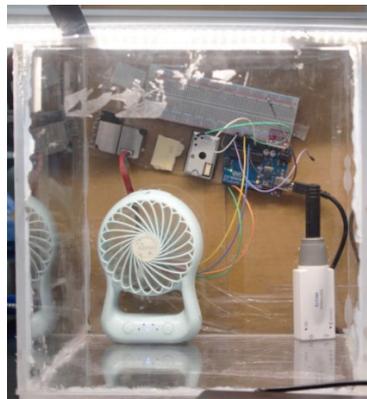
1. 檢測並比較蕊形真苔與虎尾蘭在高濃度懸浮微粒環境下不同粒徑之懸浮微粒的淨化效率
2. 檢測並比較蕊形真苔與虎尾蘭在高濃度 CO₂ 環境下的 CO₂ 轉化效率
3. 製作概念原型機——苔蘚淨化箱

四、探究方法與驗證步驟

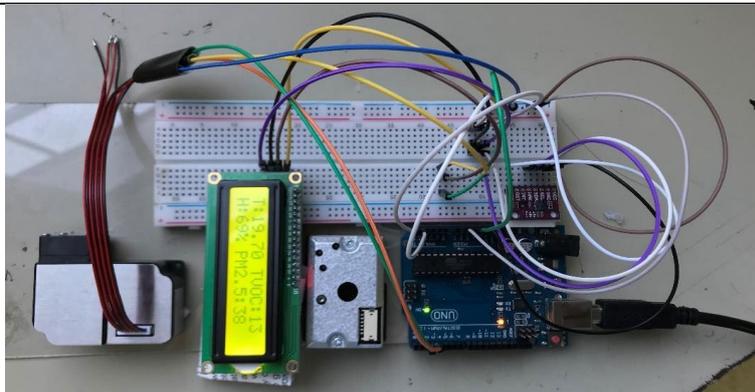
一、蕊形真苔與虎尾蘭的懸浮微粒淨化效率測試：

我們利用燃燒等時(3 秒)的線香在自製的封閉實驗環境生成數量可控的空氣懸浮微粒(實驗環境內的 PM_{2.5} 濃度為 500±20μg/m³)，並在實驗環境中放置佔地面積接近的蕊形真苔與虎尾蘭作為比較，此實驗將每 10 秒記錄一筆資料，並將持續記錄直至 PM_{1.0}、PM_{2.5} 及 PM₁₀ 的濃度皆降至 10μg/m³ 以下。

實驗環境如下圖所示，是我們利用 Arduino 微控制器板與獨立的 CO₂ 感測器所建立的，結合透明壓克力板及酸性壓克力來製作密封的環境，並以 25W 的 T8 全光譜燈做為光源。此外，實驗空間內部放有一個鋰電池風扇，能夠幫助內部通風。



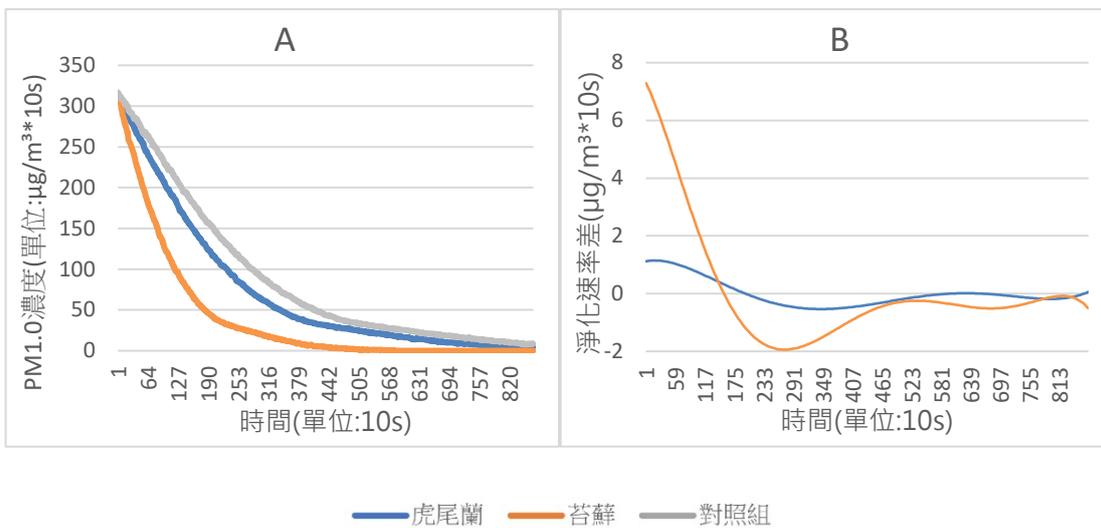
圖一、實驗環境



圖二、空氣檢測系統 (不含 CO₂ 感測器)

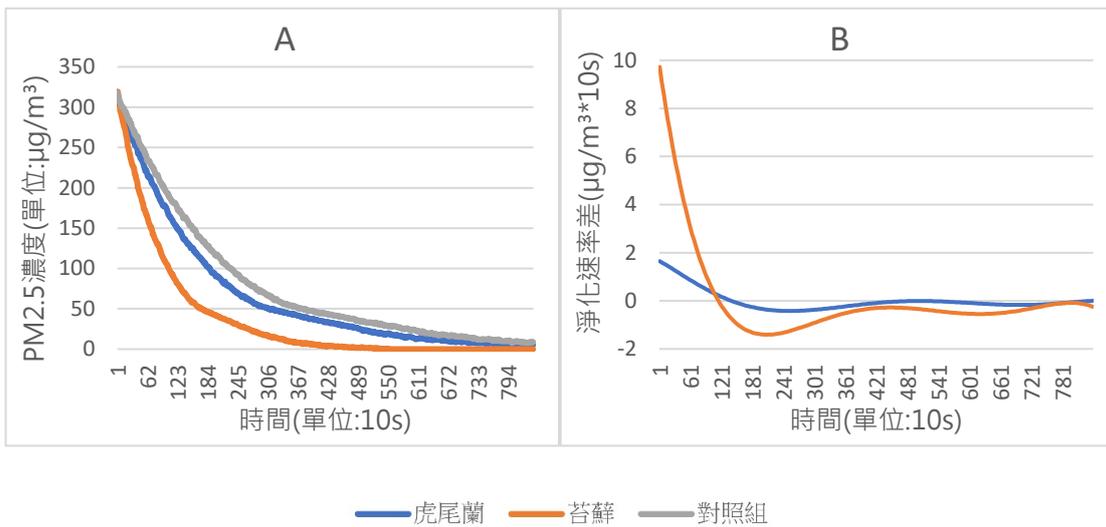


圖三、實驗用植物



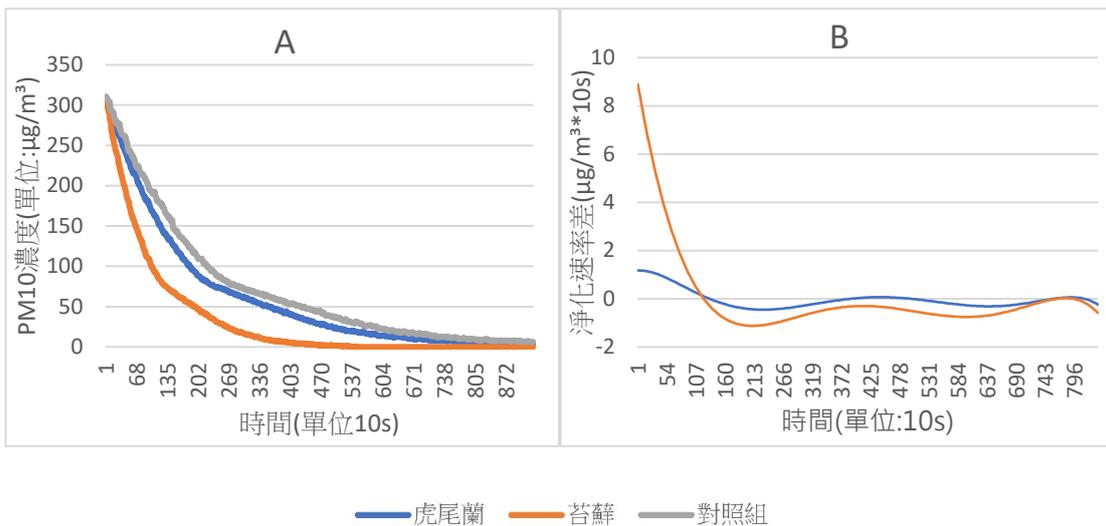
圖四、(A) 蕊形真苔與虎尾蘭的 PM1.0 濃度變化曲線比較圖

(B) 蕊形真苔與虎尾蘭 PM1.0 淨化速率差曲線圖



圖五、(A) 蕊形真苔與虎尾蘭的PM2.5濃度變化曲線比較圖

(B) 蕊形真苔與虎尾蘭PM2.5淨化速率曲線圖



圖六、(A) 蕊形真苔與虎尾蘭PM10濃度變化曲線比較圖

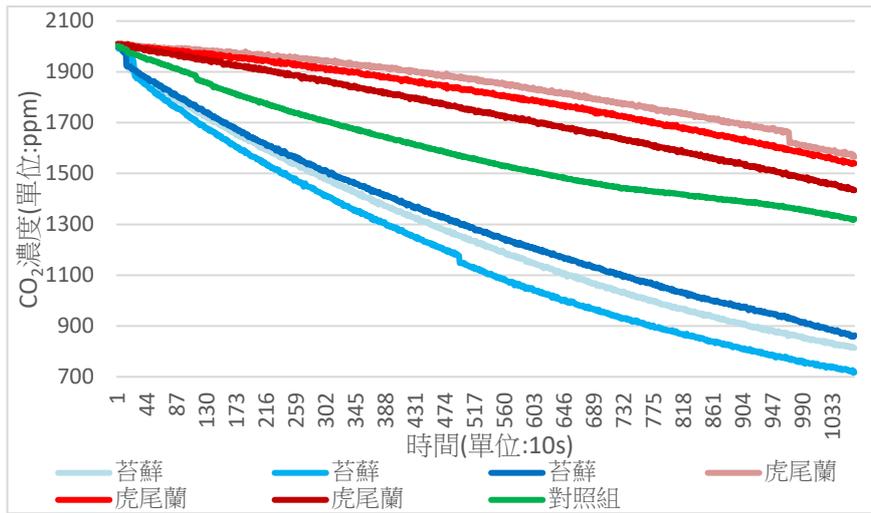
(B) 蕊形真苔與虎尾蘭PM10淨化速率曲線圖

從以上資料可知:

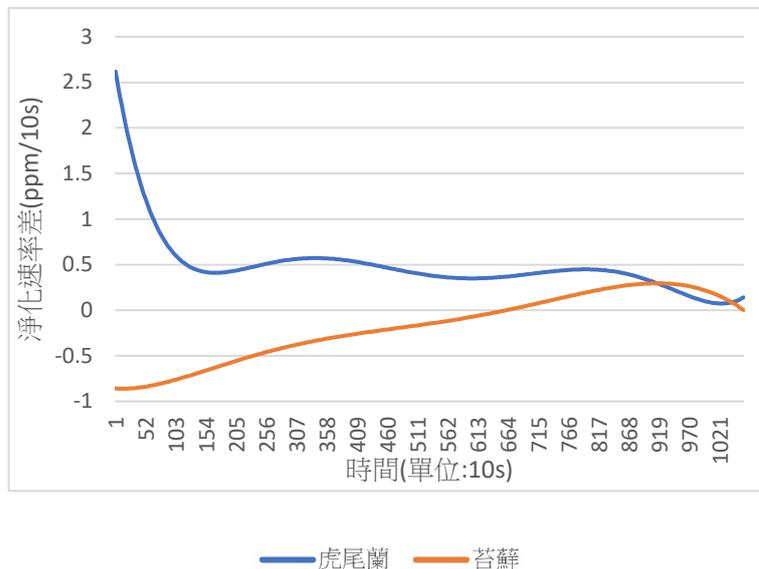
1. 蕊形真苔淨化懸浮微粒 (包括 PM1.0、PM2.5、PM10) 的效率優於虎尾蘭。
2. 蕊形真苔和虎尾蘭淨化 PM1.0 的速率會低於 PM2.5 和 PM10, 而淨化 PM2.5 的速率與 PM10 接近。

二、苔蘚與虎尾蘭的 CO₂ 轉化效率測試

我們以預先準備好的呼氣樣本在實驗環境內製造高 CO₂ 的環境。在此實驗中, 我們將總葉受光面積相近的兩盆虎尾蘭與蕊形真苔比較。此外, 呼氣樣本中所含的 CO₂ 約有 67.38mg, 所以當在實驗環境中釋放一份樣本時, 實驗環境內的 CO₂ 濃度大約會達到 2000ppm。



圖七、CO₂ 濃度變化比較圖



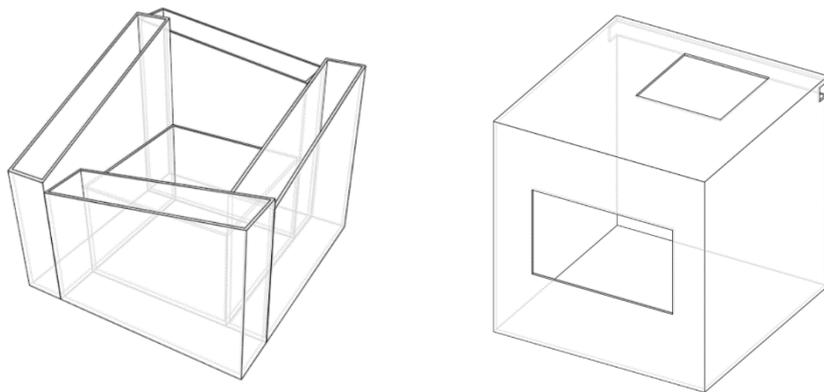
圖八、蕊形真苔與虎尾蘭CO₂轉化速率曲線圖

從以上資料可知:

1. 蕊形真苔的淨化速率持續維持正值，代表蕊形真苔可以持續性地降低實驗環境內的CO₂濃度。
2. 虎尾蘭在實驗進行約 6600 秒之後（實驗環境內的 CO₂ 濃度約 1800~1700ppm），其淨化速率才上升至正值，表示在實驗進行至約 6600 秒以前，虎尾蘭無法捕捉實驗內的 CO₂，甚至相比於對照組可能有排放 CO₂ 的現象發生。
3. 蕊形真苔的速度差曲線呈現下降的趨勢，顯示隨著實驗的進行、實驗環境內的 CO₂ 濃度下降，蕊形真苔的淨化速率也會跟著下降，兩者呈現正相關，而虎尾蘭的數據則呈現相反的狀況。

三、苔蘚箱的製作

結合實驗結果，加上製作生態箱的興趣，我們做出了以苔蘚來淨化空氣，並且可以即時偵測環境汙染的智能苔蘚淨化箱。



圖九、苔蘚淨化箱內部構造示意圖及外殼設計圖

在上部，我們安裝了植物燈以提供光源及12V的進氣風扇來將外部的空氣導入苔蘚箱的內部以利於苔蘚捕捉懸浮微粒並提高CO₂的吸收。此外，在風扇上黏貼了一片網格片，可以防止較大灰塵落入而污染內部環境。在正面的部分則可以看到排氣口，我們的風道設計採上進側出，在加強內部空氣的循環速度的同時，不會因為風扇風壓過強而對苔蘚造成傷害。



圖十、苔蘚箱實拍照

五、結論與生活應用

生活在一座以空汙著稱的城市，我們從小就飽受折磨，就算待在室內，空汙也會如影隨形的滲漏進來，但如果使用空氣清淨機，密閉環境內的高濃度 CO₂ 問題便會隨之而來。因此也讓我們去思考有沒有兩全其美的方法。我們將希望放在城市中的苔蘚上，經過一連串實驗，我們總結出相較於虎尾蘭，苔蘚具有以下優點：

- (一) 蕊形真苔淨化懸浮微粒 (包括 PM1.0、PM2.5、PM10) 的效率優於虎尾蘭。
- (二) 蕊形真苔和虎尾蘭淨化 PM1.0 的速率會低於 PM2.5 和 PM10，而淨化 PM2.5 的速率與

PM10 接近。

(三) 在有相較於太陽光強度較弱的室內光源照射 (植物燈) 下，蕊形真苔轉換 CO₂ 的效率會優於虎尾蘭。

根據以上結論可以知道苔蘚具有良好的室內空氣淨化能力，我們以此為根據製作了苔蘚淨化箱，並歸結苔蘚淨化箱具有的幾個優點及特性：

(一) 苔蘚淨化箱能夠在室內淨化懸浮微粒並捕捉 CO₂

(二) 苔蘚淨化箱具有調節室內溼度的作用

(三) 苔蘚淨化箱可以做為室內的裝飾、美化環境

參考資料

- 一、 International Agency for Research on Cancer (IARC). (2013). IARC: Outdoor air pollution a leading environmental cause of cancer deaths. Retrieved from WHO, IARC Web site: https://www.iarc.who.int/wp-content/uploads/2018/07/pr221_E.pdf
- 二、 陳春萬，吳至涵，杜宗明，陳俊璋。(2015)。作業環境二氧化碳監測結果應用探討。勞動及職業安全衛生研究季刊，23(2)，137-149。
- 三、 Alison Haynes, Robert Popek, Mitchell Boles, Clare Paton-Walsh, Sharon A. Robinson. (2019). Roadside Moss Turfs in South East Australia Capture More Particulate Matter Along an Urban Gradient than a Common Native Tree Species. *Atmosphere*, 10(4), 224. doi:10.3390/atmos10040224
- 四、 World Health Organization Regional Office for Europe. (2005). Air quality guidelines - global update 2005. Copenhagen, Denmark : WHO Regional Office for Europe.
- 五、 Jacobson, T. A., Kler, J. S., Hernke, M. T., Braun, R. K., Meyer, K. C., & Funk, W. E. (2019). Direct human health risks of increased atmospheric carbon dioxide. *Nature Sustainability*, 2, 691-701 doi:10.1038/s41893-019-0323-1
- 六、 Oishi, Y., & Hiura, T. (2017). Bryophytes as bioindicators of the atmospheric environment in urban-forest landscapes. *Landscape and Urban Planning*, 167, 348 - 355. doi:10.1016/j.landurbplan.2017.07.010
- 七、 Satish, U., Mendell, M. J., Shekhar, K., Hotchi, T., Sullivan, D., Streufert, S., & Fisk, W. (Bill) J. (2012). Is CO₂ an Indoor Pollutant? Direct Effects of Low-to-Moderate CO₂ Concentrations on Human Decision-Making Performance. *Environmental Health Perspectives*, 120(12), 1671-1677. doi:10.1289
- 八、 MARSCHALL, M., & PROCTOR, M. C. F. (2004). Are Bryophytes Shade Plants? Photosynthetic Light Responses and Proportions of Chlorophyll a, Chlorophyll b and Total Carotenoids. *Annals of Botany*, 94(4), 593-603. doi:10.1093/aob/mch178
- 九、 邱莉雯，童美慈，王暉綸，劉水德，房達文，房樹生。(2013)。誘發特定 C3 及 CAM 植物氣孔開啟因素的探討。科學教育月刊，357，43-58。