

2024 年【科學探究競賽-這樣教我就懂】

普高組 成果報告表單

題目名稱：—「炭」就「淨」-探討落葉碳化後淨化水質的效能

一、摘要

水污染問題日漸加劇，傳統的市售炭濾水器是以樹皮碳化處理作為內芯，於是我們好奇：同為植物落葉碳化是否也能作為淨水材料，還能順便處理校園積葉。

實驗以兩種不同粗度落葉（榕樹、楓葉）作為碳原料，用粗纖維乾餾並燒製做出植物炭粉體，經洗淨後測試亞甲藍液被其吸附而褪色的程度作為依據，透過紅光裝置觀察透光度變化，可以量化葉炭的吸附能力。實驗發現「楓葉」較適合碳化成生物炭材，其碳轉換率高，且其對染料的等時吸附量也較大。

本研究僅以少數幾種落葉進行討論，未來將會大規模對各種常見葉種進行分析，希望找出吸附速率快且吸附量大等吸附行為的葉炭，提升民眾投入處理落葉的興趣以及友善環境、循環經濟的潛力。

二、探究題目與動機

行走在道路上時常發現路邊的河川混濁受污染，全球氣候變化使水污染問題日漸加劇，也讓我們認為這個問題更應該受到大眾關注。

傳統的市售炭濾水器是以樹皮碳化處理作為內芯，達到過濾水質的效果，於是我們好奇：同樣為植物落葉碳化是不是也能作為淨水材料，還能順便處理校園積葉。因此實驗以校園中隨處可見的落葉（榕樹、楓葉）作為原料，用其纖維乾餾並燒製做出植物炭，進行水淨化實驗，探討其淨化水質的效能。

三、探究目的與假設

目的：

- (一)、建立本研究標準碳化步驟
- (二)、建立本研究標準吸附程序(含自製光度計)
- (三)、探討不同葉子的植物炭轉換率
- (四)、探討不同碳化時間所得到的植物炭吸附能力
- (五)、探討不同種類的葉子經碳化後的吸附能力差異
- (六)、探討不同葉炭淨水後的酸鹼值

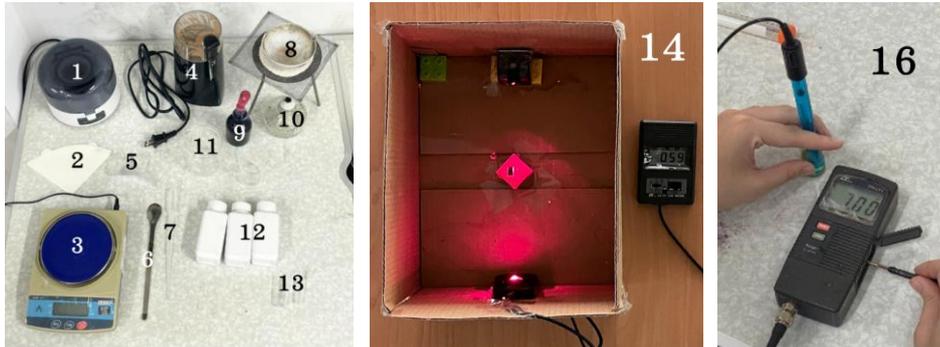
假設：

- (一)、木質素越多的葉子轉換率越高
- (二)、碳化時間越久吸附效果越好
- (三)、葉子越厚(榕樹)吸附效果越好
- (四)、葉子會讓水的 pH 值下降

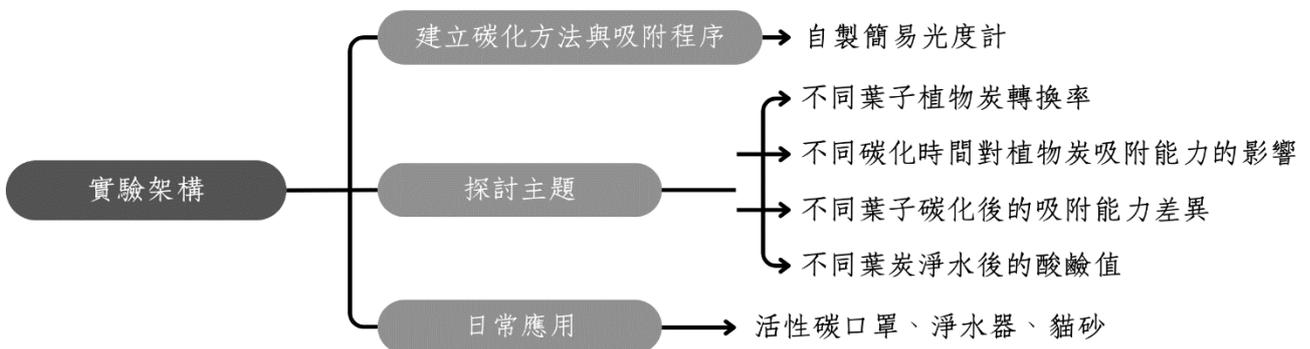
四、探究方法與驗證步驟

(一)研究設備與器材

1. 離心機 1 台
2. 濾紙多個
3. 電子秤 1 台
4. 研磨機 1 台
5. 漏斗 1 台
6. 刮勺 1 隻
7. 滴管多個
8. 陶瓷碗 1 個、陶瓷纖維網 1 個
9. 亞甲藍液 2 毫升
10. 酒精燈 1 個
11. 燒杯多個
12. 分裝瓶 3 個
13. 離心管多個、分光槽多個
14. 紅光裝置 1 個
15. 落葉多片
16. pH 計 1 台



(二)實驗架構



▲【圖】實驗架構圖

(三)實驗方法

1. 為了比較葉子的厚度是否會影響吸附率，實驗時從校園落葉中挑選了厚度較厚的榕樹和較薄的楓葉進行碳化。
2. 為了觀察植物炭淨水程度，實驗時自製簡易光度計並測量吸附後溶液的透光量。
3. 為了測量溶液經由植物炭淨化後酸鹼度是否會改變，因此實驗時在水中加入植物炭並使用 pH 計測量其酸鹼值。

(四)實驗步驟

1. 製作炭粉

- (1.) 搜集落葉並清洗乾淨^[1]
- (2.) 將落葉平鋪在鐵盤上放入烘乾機烘乾^{[2] [3]}
- (3.) 剝離葉梗(避免研磨後顆粒過大影響吸附效果)^[4]
- (4.) 使用研磨機將乾燥落葉磨成粉狀
- (5.) 將粉末放入陶瓷碗使用酒精燈乾餾，粉末由黃褐色變黑色時倒出^{[7] [8]}

*乾餾時需在酒精燈下放置濕抹布避免溫度過高

- (6.) 將乾餾後的植物炭放入濾紙用清水清洗至濾出的水呈透明^[9]

*清洗落葉和炭粉是為了避免雜質影響實驗結果



▲【圖 1】落葉



▲【圖 2】平鋪在鐵盤上



▲【圖 3】落葉烘乾



▲【圖 4】去除葉梗



▲【圖 5】磨碎落葉



▲【圖 6】粉末乾餾前



▲【圖 7】乾餾裝置



▲【圖 8】植物炭



▲【圖 9】植物炭清洗前後比較圖

2. 檢測吸收程度

(1.) 分別測量 0.05 公克植物炭至離心管並加入 2 毫升清水搖晃均勻^[10]

(2.) 放入離心機離心^[11]

*避免不平衡運轉，離心管必須對稱放入離心機

(3.) 離心後將水吸出

*重複操作步驟(2.)、步驟(3.)兩次

(4.) 滴入兩滴亞甲藍液於 25 毫升清水中

(5.) 第二次將水吸出並加入稀釋後的亞甲藍液至 2 毫升，搖晃均勻後放入離心機離心^[12]

*需離心至炭粉沈澱

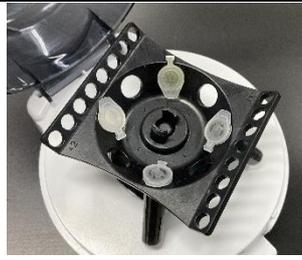
(6.) 吸出吸附後的亞甲藍液倒入分光槽內^[13]

(7.) 將分光槽放置在紅光裝置的固定器上

(8.) 觀察其透光率數值(數值越大代表透光率越高、溶液越清澈，葉子的吸附率越高)



▲【圖 10】加水至離心管



▲【圖 11】離心機



▲【圖 12】加入亞甲藍液

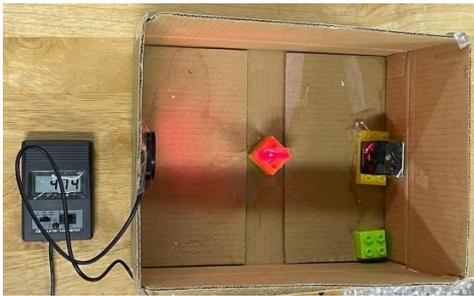


▲【圖 13】加入分光槽

3. 製作紅光裝置

- (1.) 將紙箱側邊挖洞放入光度計固定住
- (2.) 另一側利用膠帶固定紅光照射儀器
- (3.) 紙箱內放置固定台固定分光槽^[14]

*固定台能確保每次測量時位置相同，減少實驗誤差



▲【圖 14】紅外線裝置圖

4. 檢驗不同葉子的酸鹼度

- (1.) 利用 pH7 和 pH4 的液體校正 pH 計^[15]
- (2.) 植物炭加水後測量其酸鹼值

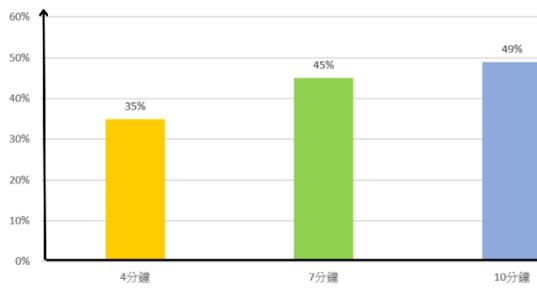


▲【圖 15】pH 值校正

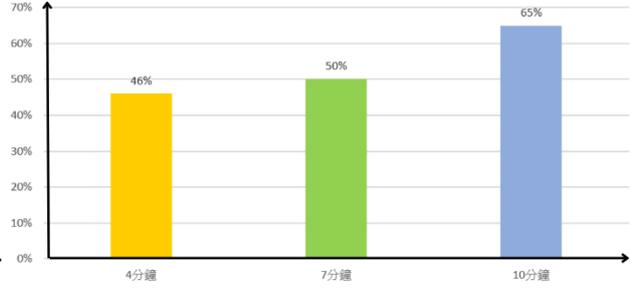
(五) 實驗結果

1. 不同碳化時間植物炭的吸附能力

碳化時間長短會影響落葉的結構破壞程度，因此透過實驗驗證碳化時間越長吸附效果越好是否合理。觀察實驗結果得知碳化時間越長，吸附效果越佳^{[16] [17]}。在實驗過程中發現若乾餾時間過長，植物炭會結塊形成灰燼，因此在乾餾時應隨時注意植物炭狀態，可以暫時遠離火源並蓋上蓋子隔絕空氣來防止植物炭燒焦。



▲【圖 16】榕樹碳化不同時間的吸附率

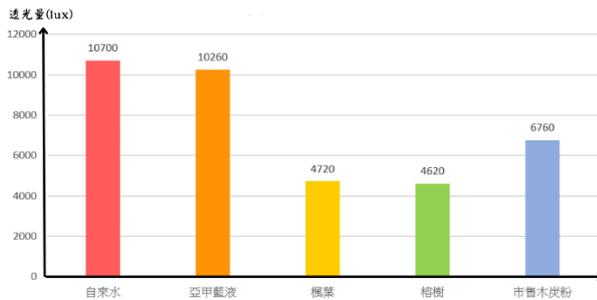


▲【圖 17】楓樹炭化不同時間的吸附率

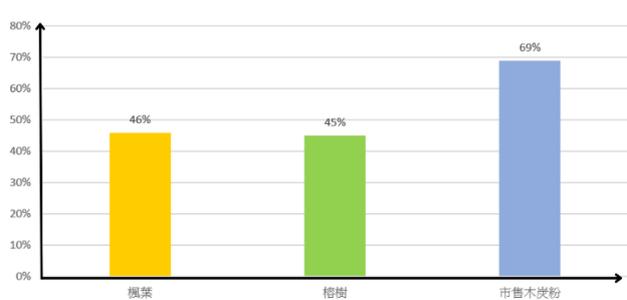
2.不同種類的葉子經碳化後的吸附能力差異

不同種類的落葉因構造差異而有不同的吸附效果，同樣為 7 分鐘碳化時間，楓葉的吸附率高於榕樹，而市售木炭粉吸附率則最佳^{[18] [19]}。反覆的實驗過程中，我們發現幾個問題並修正。在第一次實驗時發現乾餾後的植物炭若直接加入亞甲藍液吸附，吸附後會呈現黃褐色，推測是因為植物炭中雜質過多，因此將乾餾後的植物炭加入清水離心兩次，以此確保植物炭的吸附效果不會受到雜質影響^[20]。第二次實驗發現調配的亞甲藍液稀釋後濃度太低，不同植物炭吸附後溶液顏色無明顯差異^[21]，儘管在紅光裝置中測得透光量並不相同，但為了方便觀察實驗結果，所以將原先 25 毫升一滴的亞甲藍液(透光量為 7650 lux)改成 25 毫升兩滴的亞甲藍液(透光量為 10700 lux)，以此達到實驗結果能明顯觀察。經過兩次操作修正後，第三次實驗時問題已被改善(植物炭無雜質、亞甲藍液濃度上升)^[22]。

*透光率(植物炭淨水後透光量/亞甲藍液透光量)



▲【圖 18】燒製 7 分鐘時透光量



▲【圖 19】燒製 7 分鐘時吸附率



▲【圖 20】第一次實驗



▲【圖 21】第二次實驗

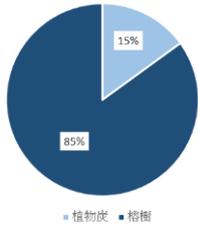


▲【圖 22】第三次實驗

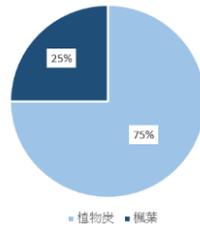
(六)實驗討論

討論一：不同葉子的植物炭轉換率

為了日後普及植物炭淨水，因此我們測量植物炭轉換率，以此得知 1 公斤植物炭需要多少落葉乾餾而成。同樣是燒製 7 分鐘的落葉，榕樹的轉換率為 15%^[23]而楓樹則高達 75%^[24]，又因為楓葉的木質素較榕樹多，因此推測轉換率的高低與木質素多寡有關，而木質素越多轉換率越高。由實驗結果可知若要生成 1 公斤植物炭需要約 1.4 公斤楓葉落葉乾餾而成。



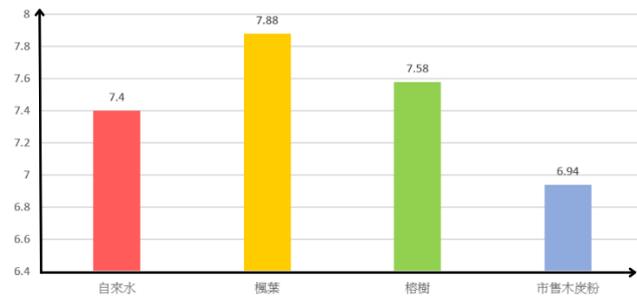
▲【圖 23】榕樹轉換率



▲【圖 24】楓樹轉換率

討論二：不同葉炭淨水後的酸鹼值

植物炭吸附水後可能改變水的酸鹼值，因此利用 pH 計檢驗。經過檢驗後可知，無論是何種植物炭都不會影響吸附雜質後水的酸鹼度，因其均為弱鹼性^[25]。



▲【圖 25】各溶液酸鹼值

五、結論與生活應用

(一)結論

- 1.經過實驗後發現落葉中所含的木質素越多植物炭的轉換率越佳；而無論是哪一種落葉只要碳化時間越長吸率效果越好。
- 2.在校園蒐集的兩種落葉(榕樹、楓樹)中楓樹的吸附效果高於榕樹，但市售木炭粉又比碳化後落葉的吸附效果更好。
- 3.利用樹皮或落葉當淨水材料時，都不會影響吸附雜質後水的酸鹼度，因其均為弱鹼性。

(二)生活應用

- 1.植物炭的使用經常出現在生活中，無論是濾水器、蓮蓬頭還是貓砂都使用植物炭作為原材料，不僅能達到淨化水質和空氣的效果，還能將廢棄落葉循環再利用，產生新價值。
- 2.雖然此次研究僅以少數幾種落葉進行討論，但未來將會大規模對各種常見葉種進行分析，希望找出吸附速率快且吸附量大等吸附行為的葉炭，提升民眾投入處理落葉的興趣以及友善環境、循環經濟的潛力。

參考資料

- 1.愛惠浦,活性碳功能超重要!,https://www.everbrightpurifying.com/articles/filter_activated_carbon
- 2.京城,淨水小知識,
https://cp-water.com.tw/paper/share_index.php?id=1082&useno=0971590897&title_id=2434
- 3.Easywell,活性碳介紹,<https://www.easywellwater.com/tw/knowledge/faq/12/215>