

2022 年【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：亮粉對浮萍生長之影響
一、摘要
塑膠微粒對於環境的影響不容小覷，尤其對於水生生態。它在水中散播的速度極快，可在短時間內影響大範圍的生態環境。亮粉為常見的塑膠微粒，常由扁平的塑膠和鋁的薄片組成。本次實驗設計探討了亮粉對於浮萍生長造成影響的主因，根據浮萍在不同生長環境下的根部長度，推論亮粉對水生環境的影響。第一次實驗結果不明確，原因為實驗中有太多難以克服的變因與不確定因素。經過檢討及調整後，我們重新做了實驗，並由第二次實驗結果可看出，亮粉確實會造成浮萍根部生長遲緩，而養殖在滲濾液中的最為嚴重。
二、探究題目與動機
<p>高一社會關懷實踐計畫，班上進行了淨灘活動，到了海邊，沙灘上佈滿的並非預期中大型的垃圾或寶特瓶，而是鞭炮煙火所遺留下的紙片、塑膠片等碎屑，我們體認到這些不起眼的細小垃圾反而最是難以清除、無所不在。而亮粉，正是屬於這類的微型垃圾。</p> <p>現今亮粉被廣泛運用在化妝品、裝飾品或美術作品上，而這些炫目的塑膠微粒卻對自然造成了不小的負擔，為了避免危害人體健康及降低對環境的污染，科學家 Victor Alvarez 研發出了一種「可生物降解亮粉」(MRC, Modified Regenerated Cellulose)，標榜對人體健康安全無虞，可用於化妝品或孩童的美勞作品，直接和人體接觸，但一篇學術研究 (Dannielle Green 等, 2020) 中卻顯示，可生物降解亮粉對於自然的影響並不亞於傳統亮粉。</p> <p>可生物降解亮粉是否真的達到環境友善呢？其實不然，該文獻中使用各式亮粉加入浮萍 (<i>Lemna minor</i>) 生長環境中，並發現各種亮粉都造成了浮萍根部縮短，且其中可生物降解亮粉組的縮短幅度在四組亮粉中排名第三，對生物的影響並非最小。</p> <p>這個結果促使我們進一步想探究，塑膠微粒是如何對環境造成危害的？</p>
三、探究目的與假設
<p>已知浮萍根部會受亮粉影響而縮短後，我們想進一步探討亮粉影響浮萍生長的主要原因。我們歸納出兩種可能的解釋：一是物理性的影響，亮粉堵塞了根部並抑制其生長；二是化學性的影響，亮粉中的某些化學成分隨著泡水而釋放在水中，並影響浮萍生長。</p> <p>假設亮粉對於浮萍造成影響的主要可能因素有二，其一是亮粉極小的體積堵住了浮萍根部，影響其根部發育，二是經過浸泡後亮粉成份中的化學物質溶解入水中形成滲濾液，對浮萍生長造成影響。</p> <p>我們假設二者對於浮萍生長皆會造成影響，而兩種因素之間有不同程度的影響力。我們預測生長於飲用水中的浮萍根部會最長，而生長於有加入市售亮粉的水中的浮萍根部會最短，因為同時受到了物理性與化學性的影響。兩個因素的影響程度則需由生長於加入有泡過水的亮粉的水和加有泡過亮粉的水 (滲濾液) 的水的結果判斷。結果也應與梯度 (濃度) 成正比關係。</p>
四、探究方法與驗證步驟
[第一次實驗] 實驗設計： 實驗中共有四種變因 (四種不同的浮萍生長環境)：自來水、加入市售亮粉的自來水、加入泡過兩週的亮粉的自來水和泡了兩週亮粉的自來水。其中，「加入市售亮粉的自來水」、「加入泡過兩週的亮粉的自來水」和「泡了兩週亮粉的自來水」這三個變因各分成了四種梯度：

- (一) 加入市售亮粉的自來水：加入 0.1、0.25、0.5、1.0 公克的市售亮粉至 250 毫升的自來水中。
- (二) 加入泡了兩週的亮粉的自來水：將市售亮粉泡入自來水中，放置兩週後取出亮粉。取 0.1、0.25、0.5、1.0 公克的亮粉分別加入 50、125、250、500 毫升的自來水中。
- (三) 加入泡過兩週亮粉的水（滲濾液）的自來水：使用泡過兩週亮粉的自水加入 25、62.5、125、250 毫升的滲濾液，再裝滿水至 250 毫升（若滲濾液已為 250 毫升則不必加水）。

實驗架設與準備：

實驗進行前，將亮粉依梯度泡入自來水中，放置兩週。

浮萍來源源自於校園旁靜心湖（新竹市東區竹村七路），撈取時先裝入池內水源，再利用勺子輕輕撈起湖面生長之浮萍，收集於塑膠盆內。隨後回到實驗室，暫時養殖於校內生態池中。所有浮萍在養殖前根部被去除，剩下 2.5 公分的根部長度。

實驗進行：

以每 10 株浮萍為一單位，每個變因、梯度養十組。將浮萍養殖於裝了 250 毫升液體的燒杯、圓底燒瓶或錐形瓶中，並放置在實驗室窗邊養殖。待養殖一週後，將浮萍撈出，進行根部長度的測量。

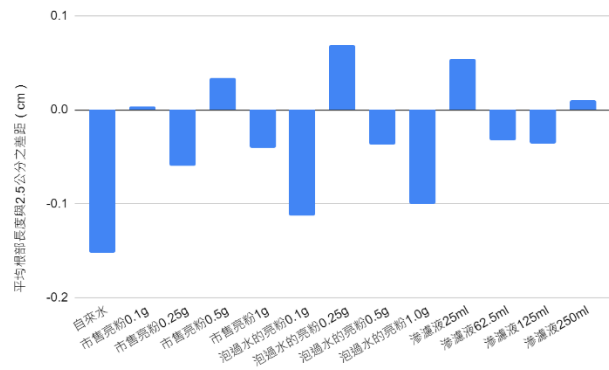
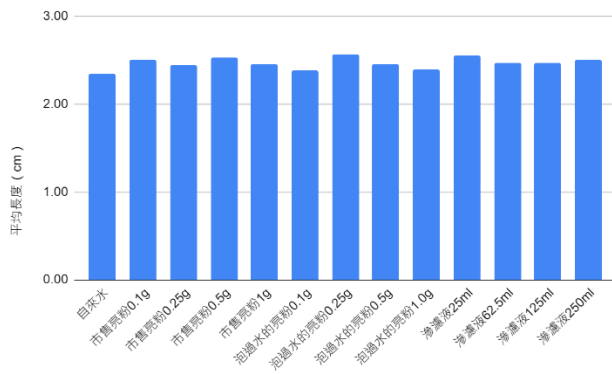
實驗結果：

(一) 所有組別的根部平均長度與根部斷落率

組別	對照組	亮粉 0.1g	亮粉 0.25g	亮粉 0.5g	亮粉 1.0g
根部平均長度 (cm)	2.35	2.50	2.44	2.53	2.46
根部斷落率 (%)	46.00	42.00	9.00	9.00	12.00
組別	泡水亮粉 0.1g	泡水亮粉 0.25g	泡水亮粉 0.5g	泡水亮粉 1.0g	滲濾液 25ml
根部平均長度 (cm)	2.39	2.57	2.46	2.40	2.55
根部斷落率 (%)	23.00	24.00	5.00	9.00	5.00
組別	滲濾液 62.5ml	滲濾液 125ml	滲濾液 250ml		
根部平均長度 (cm)	2.47	2.46	2.51		
根部斷落率 (%)	36.00	14.00	38.00		

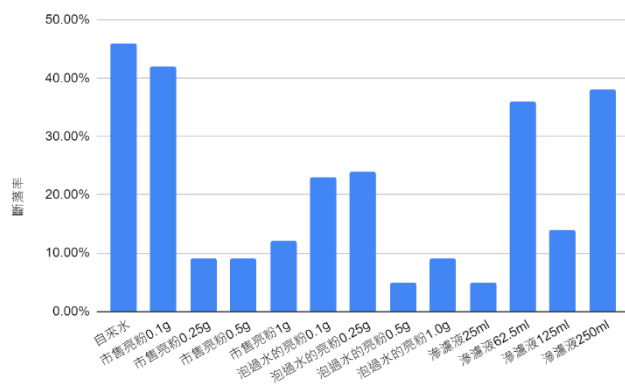
註：根部斷落率為斷落的根部數除以總共根部數（100 個）。

(二) 各組平均根部長度（左）、各組平均根部長度與 2.5 公分之差距（右）



依以上結果顯示，同組各梯度間呈現的根部縮短幅度並無明確規律，而各組間也無明顯落差，難以歸納判斷出影響根部縮短的主因。

(三) 所有組別的脫落率柱狀圖



根部斷落率亦無明確規律，實驗組中只能判斷出「泡過水的亮粉組」斷落率為三組間最低，其他兩組則因各自梯度間結果差異大，無從比較。

可以從上面的圖表看出，無論是在根部長度或是斷落率來看，自來水組的浮萍皆是各組中狀態最差的。這與我們的預期結果背離，照理來說，自來水組不受亮粉影響，應該是其中生長最好的。推測原因是養殖自來水組時適逢寒流天氣較寒冷，

不利於浮萍生長，抑或是自來水中有影響其生長之物質。由此明顯誤差判斷，實驗中應該存有尚未排除的誤差可能，導致此實驗結果數據可用性不高。

[討論與調整]

原本實驗設計為講求精確，將養殖數量設成 10 朵浮萍為一組，每個變因重複做十組（共 100 朵浮萍），每朵浮萍皆切齊根至 2.5 公分。但是因為時間與空間等障礙所衍生出的問題，誤差可能條件不減反增。以下說明有可能造成誤差的因素：

(一) 時間問題：

1. 操作流程繁複：例如將泡製一週的亮粉和滲濾液分離、將浮萍根部切齊成 2.5 公分、測量浮萍根部，都極為費時。
2. 天氣：無法同時進行多組實驗，整體實驗長達 85 日（2021.10.21~2022.01.13），不同日期所養殖的浮萍可能受天氣改變影響

(二) 空間問題：養殖浮萍數量龐大，且浸泡亮粉也需要大量容器，導致統一格式的器皿數量不足。

1. 器具不足：原先預定皆使用 500ml 的燒杯養殖浮萍，但因數量不足，也使用了不同容量的燒杯以及圓底燒。
2. 養殖溶液深度：不同容量的容器導致水位高度不同，使每組浮萍與沈積物（沉入水中之亮粉）之間距離有所差異。

(三) 實驗設計問題：實驗設計於細節處不夠嚴謹

1. 切除根部：為統一浮萍根部初始長度而將根部切齊至 2.5 公分，卻忽略浮萍生長點位於根尖，切除可能對其生長造成影響。
2. 自來水：實驗中皆使用自來水進行養殖，水中的其他物質可能對浮萍生長造成影響。
3. 滲濾液：我們已泡過兩週亮粉的自來水，過濾去除亮粉後，作為滲濾液，疑慮在於不確定泡水靜置兩週是否能達到將物質溶解出來的效果。
4. 養殖環境：以燒杯、圓底燒瓶養殖浮萍時，並未加入營養鹽、打氣幫浦和生物燈，加上放置於室內陽光可能不足。

(四) 浮萍生長週期問題：不確定浮萍的生長週期，多久會長出新植株、多久會出現根部脫落，天氣是否造成影響，正常狀態下，浮萍養殖兩週後應生長長度。

1. 根部脫落：養殖兩週後查看測量浮萍時，發現部分浮萍根部脫落，因為無法確定根部於何時脫落，所以不確定脫落根部根部長度的可用性。
2. 新植株：有些新長出的植株根部生長快速，長度和最初放入的浮萍相差無幾，造成混淆，無法識別原先與新長出的植株。
3. 養殖環境：起初使用玻璃水族箱養殖浮萍，統一所使用的浮萍的生長環境，也使用打氣幫浦、生物燈、營養鹽，維持生長條件，但浮萍仍無法適應環境，一至二週後便孱弱枯黃，可能原因為水質過於乾淨、自來水含氯、與採集地環境相差甚遠、缺乏陽光等。於是我們改為養殖在戶外的水缸內，並加入更多浮萍原生環境的池水，加入營養鹽，但去除打氣幫浦與生物燈（戶外沒有插座），養殖出的浮萍狀態較室內好，但仍然無法長期維持健康。
4. 採集到的浮萍品質：由於養殖技術遇到瓶頸，加上先前提到的時間與空間問題，實驗無法一次做完，導致實驗後期變成，每次進行一批實驗（同一日進行的實驗，可能一至三組——100~300 朵浮萍）便要去靜心湖旁蓮花池採集一批新的浮萍，意即忽略了蓮花池的環境可能隨天氣、水質等情況有所改變，不同次採集到的浮萍健康品質不一，而可能造成的誤差。

針對以上的問題，我們提出了以下幾點的改善方法，並用於第二次實驗。

(一) 改採用「隨機取樣法」：

1. 一次性的大量採集，可解決時間問題以及每次採集的浮萍狀態不一致的問題。
2. 不需將根部切齊，解決切根可能造成的生長影響問題以及切根耗費時間的問題。
3. 去除了根部脫落、新植株混淆的疑慮。

(二) 養殖環境修正：

1. 使用採集地的池水於戶外進行養殖，改善水質適應及陽光不足的問題，降低浮萍死亡。
2. 統一使用保鮮盒養殖，並增加巡視頻率，固定水位，檢查健康狀態。

[第二次實驗]

實驗設計：

將浮萍養殖於四種不同環境當中，分別是：飲用水、加有亮粉的飲用水、加有泡過一週的亮粉的飲用水與加有滲濾液的飲用水。每一組的浮萍皆養殖於容量 13 公升的透明塑膠保鮮盒中，並裝有原生長地的泥土沉積物和池水。

實驗架設與準備：

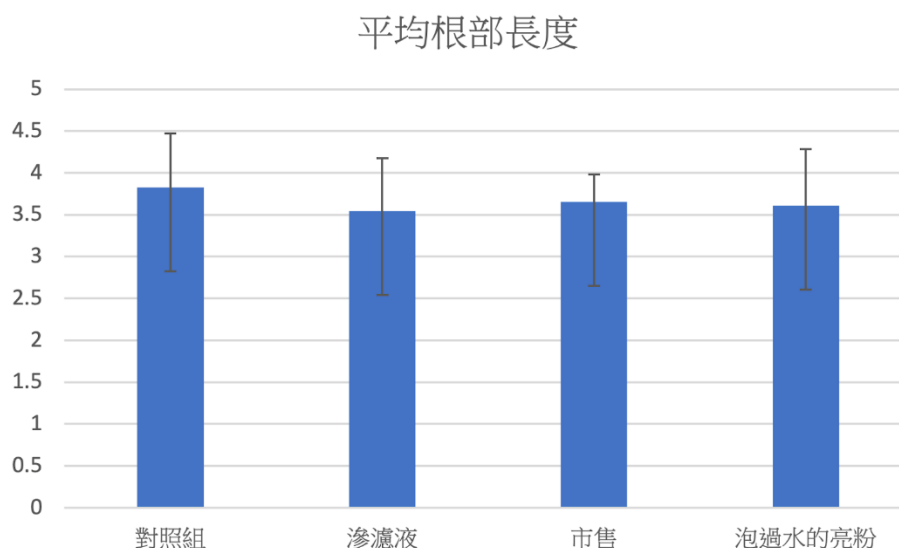
進行實驗前，我們將 0.5 公克的亮粉泡於 1 公升的水中，並靜置一個禮拜，再分離亮粉與水（滲濾液），作為實驗用。

浮萍亦從校園旁靜心湖取得，另外也蒐集了池中的沉積物與池水，作為之後實驗養殖浮萍時用。隨後回到實驗室，將撈取的沉積物與池水分裝於四個保鮮盒內，並於保鮮盒內分別加入飲用水、加有亮粉的飲用水、加有泡過一週的亮粉的飲用水與加有滲濾液的飲用水。每一組皆加至 7 公升。

實驗進行：

將浮萍養殖於四個保鮮盒內，蓋上蓋子但保留些空隙，並放置於校園頂樓，使之有充足的日照。養殖一週過後，將保鮮盒取回實驗室，在當中隨機選取 5 珠健康的浮萍(擁有 3 片以上葉片並呈現綠色)，測量其根部。

實驗結果：



由結果可看出，亮粉確實會造成浮萍根部變短，而各組健康程度為：對照組 > 市售亮粉 > 泡過水的亮粉 > 滲濾液。

五、結論與生活應用

由第二次實驗可得知各組健康程度為：對照組 > 市售亮粉 > 泡過水的亮粉 > 滲濾液，而由此可知滲濾液，也就是亮粉釋出的化學性物質，是影響浮萍的主要原因。

未來我們將進行更多實驗，以第二次實驗為出發點，加入更多的變因(如：濃度梯度)，藉此以掌握更精確的結果，並尋找造成此結果的原因。

最後若是能找出亮粉影響水環境的主因，就可以對症下藥的解決問題，改良現今的可生物降解亮粉，製造出真正友善環境的亮粉。

參考資料

【1】 Dannielle Senga Green, Megan Jefferson, Bas Boots & Leon Stone (2020). All that glitters is litter? Ecological impacts of conventional versus biodegradable glitter in a freshwater habitat. *Journal of Hazardous Materials*, vol. 402(2021), 124070.

【2】 趙新勇, 王友霜, 王健康, 丁成偉, 胡婷婷, 吳玉玲, 李思夢, 趙軼鵬. 浮萍植物的應用價值及綜合開發利用[J]. *熱帶生物學報*, 2020, 11(2): 251-256.

【3】 Gabriela Kalčíková, Andreja Žgajnar Gotvajn, Aleš Kladnik & Anita Jemec (2017). Impact of polyethylene microbeads on the floating freshwater plant duckweed *Lemna minor*. vol. 230(2017), Pages 1108-1115.