

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：光黏之旅：色光對黏菌移動的影響與生命意義
一、摘要
我們將黏菌置於連續光譜中，觀察黏菌的移動。經過卡方檢定，我們發現黏菌移動並無規律性，即黏菌對色光無特別偏好。另外，在色光實驗中，我們還發現菌株移動至藍光區後會有生長不佳的狀況，因此推測藍光對黏菌的生長有負面影響，但因為藍光可能對黏菌的生殖有幫助，所以就算能感測到藍光環境，黏菌依舊不會避開。此外，我們觀察到初期置於藍光的菌株對於藍光耐受度較差，推測可能是記憶行為所致。
二、探究題目與動機
以前曾經在書上看到關於黏菌在不宜生存的環境中會變成子實體，並且會自行尋找適宜環境，激發了我們對於黏菌感知環境方式的好奇。因此，我們決定研究黏菌對於「光」這個環境中幾乎無處不在的因子的感知來了解黏菌對不同色光的反應及喜好，並推測黏菌適合生長的波長，進一步了解黏菌感測的機制並試圖引導黏菌行為。
三、探究目的與假設
(一)研究目的
1.了解黏菌對不同色光的喜好程度
2.分析黏菌在不同色光下的生長情形
3.用常見因子(如：電刺激等)試圖引導黏菌以推測其感測機制
(二)假設
黏菌可感知周圍的光，並朝適宜生長的方向移動
四、探究方法與驗證步驟
(一)培養基成分
本次研究使用了兩種培養基，成分比例如下：
1.一般培養基
蒸餾水 30.0mL、洋菜粉 0.600g、葡萄糖 0.200g、吉利丁粉 0.015g
2.通電實驗用培養基
0.1M 食鹽水溶液 30.0mL、洋菜粉 0.600g、葡萄糖 0.200g、吉利丁粉 0.015g
(二)實驗器材
表一、實驗器材與用途

器材	用途與備註
光照實驗器材	
長型壓克力盒(有隔板、底線)	盛裝培養基與黏菌，寬度與光譜相當
鐵架	固定手電筒與三稜鏡，使其得以分光
充電式手電筒	提供白光光源
手電筒白光	將白光分成多色連續光譜
通電實驗器材	
1.5伏特3號電池	提供電源
電池座	連接電路
三用電表	確認電流與電阻
其他器材	
滅菌機	確保培養皿與培養基無菌
有拍照功能的手機	影像紀錄
鋁箔紙	滅菌時用以密封容器
手套	確保操作之衛生與無菌
鑷子與解剖刀	用以移植黏菌
保鮮膜	實驗時用以密封容器、防止水分散失

(三)光照實驗

由於要理解黏菌對光的喜好程度與反應，我們希望能製造出一有各種色光有序分布的環境。色散現象產生的連續光譜符合我們的需求，因此決定用白光手電筒從上方照射三稜鏡，此時三稜鏡下方會出現一類似彩虹的連續光譜。而後便能將洋菜膠倒入一尺寸適當的壓克力盒中，使三稜鏡分出的光恰可覆蓋整個壓克力盒，再將黏菌放在壓克力盒中，便能觀察出黏菌對色光的反應。

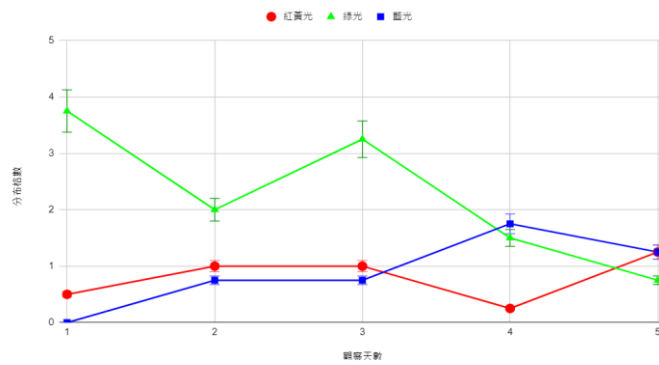
一開始的實驗先把黏菌放在綠光區，在分光的環境下讓黏菌自由移動，得到的數據平均後如表二：



圖一、
三稜鏡分光實驗
架設示意圖

表二、最初置於綠光區的黏菌後續分布情形表

觀察天數	紅黃光	綠光	藍光	總格數
1	0.50	3.75	0.00	4.25
2	1.00	2.00	0.75	3.75
3	1.00	3.25	0.75	5.00
4	0.25	1.50	1.75	3.50
5	1.25	0.75	1.25	3.25



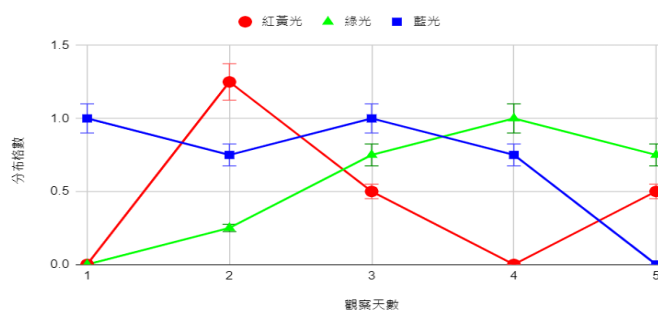
圖二、最初置於綠光區的黏菌後續分布情形折線圖

由上圖二與表二可得到，原本被置於綠光的黏菌，會開始向藍光與紅光兩端移動，最後紅藍兩色光區的黏菌分布差距亦不明顯。

我們從文獻中得知，黏菌對藍光與紅光的感知較對綠光靈敏，故我們好奇如果一開始把黏菌放在藍光區而非綠光區的話，結果會有什麼不同。因此我們把菌株放在藍光區後重複了實驗，得到如表三結果：

表三、最初置於藍光區的黏菌後續分布情形

觀察天數	紅黃光	綠光	藍光	總格數
1	0.00	0.00	1.00	1.00
2	1.25	0.25	0.75	2.25
3	0.50	0.75	1.00	2.25
4	0.00	1.00	0.75	1.75
5	0.50	0.75	0.00	1.25

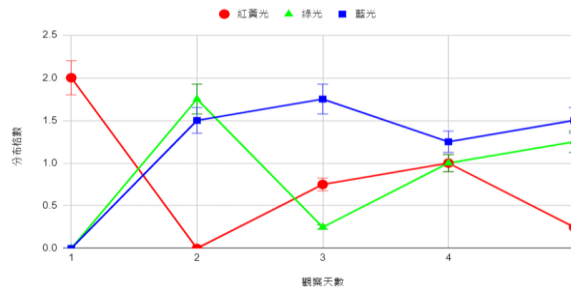


圖三、最初置於藍光區的黏菌後續分布情形折線圖

由以上表三與圖三可得知整體綠光區的生長狀況最佳，藍光一開始生長格數並沒有出現明顯下降，但卻完全無變多，甚至到了後期開始下降，最後一天完全沒有任何在藍光區的黏菌有存活跡象。雖然由目前折線圖依然無法預測黏菌的移動走向，不過我們發現，不論一開始把黏菌置於綠光區或藍光區，紅光區的菌量在最後都會有所成長，因此我們嘗試在開始實驗時，將黏菌放在紅光區，得到以下表四之數據：

表四、最初置於紅光區的黏菌後續分布情形

觀察天數	紅黃光	綠光	藍光	總格數
1	2.00	0.00	0	2.00
2	0.00	1.75	1.50	3.25
3	0.75	0.25	1.75	2.75
4	1.00	1.00	1.25	3.25
5	0.25	1.25	1.50	3.00



圖四、最初置於紅光區的黏菌後續分布情形折線圖

從這次的結果推測，黏菌離開原先的紅光區後，雖然有一部分菌株回到紅光區，但是生長狀況並不好，最後紅光區的菌量亦未超過另兩區。

為解釋此現象，我們查找文獻，發現黏菌會產生一定程度的記憶行為，因此我們懷疑可能是復甦前與復甦時長時間受到同一色光的照射，故產生行為不同，希望未來能進一步驗證此假說正確性。

從以上實驗我們得知黏菌的生長方向似乎是隨機決定的，因此我們對黏菌向各色光的移動方向進行了卡方配適度檢定。根據統計結果，黏菌往長波區移動的比例為 41.7%；往短波區移動比例為 58.3%，檢定結果為 0.33。經過查表得知，在顯著水準 α 訂為 5%，自由度 1 的卡方分配表臨界值是 3.84，卡方值 0.33 未達顯著，所以接受虛無假設：「黏菌會隨機往各光區移動」。

在做色光實驗的同時，我們從數據中觀察到另一個現象，就是移動至藍光區的黏菌，在 1~2 天後有不小的比例會有活性不佳甚至死亡的狀況，具體表象為：形狀由絲狀轉為糊狀斑點，且顏色明度、彩度皆下降。



圖六 照射藍光的黏菌型態變化

(左為正常黏菌，右邊圈起處為藍光區活性不佳的菌株)

觀察原始數據可得知 12 組中有多達 10 組在最後一天的藍光區格數不到 1 格，有 9 組在倒數第二天的藍光區格數不到 1 格，故推測藍光對於黏菌有生理上的負面影響。

根據表二至四可發現，最初置於藍光區的組別在最終藍光區黏菌活性不佳的狀況最為顯著。查閱文獻後，我們發現黏菌會對周圍的環境變化產生記憶，因此我們推測是黏菌對於最初且較長時間暴露的光產生了類似的記憶行為，造成此差異。

(六)通電實驗

在多細胞生物的訊息傳輸中，最常提到的就是生物電流，因此我們懷疑黏菌的感知與記憶現象或許和電流有所關聯。在查閱文獻之後，我們發現黏菌能用「電位震盪」交換訊息的記載。於是在接下來的實驗中，我們嘗試對培養基進行通電，觀測黏菌對環境中的電流是否有所反應。

我們將黏菌置於通電培養基上，並在其左右兩端各接上正負電極通以 3V 直流電以製造出一以黏菌為中心的固定電場，希望能藉此研究電流對於黏菌移動方向的影響。然因目前樣本數尚不足夠，且通電培養基難以維持濕潤及黏菌照顧，故仍未有顯著結果。

(七)討論

1.藍光為甚麼對黏菌有負面影響？懼怕藍光對黏菌的生命意義為何？

對於藍光對黏菌產生負面影響的原因我們一開始猜測是因為藍光的能量在可見光區中偏高，可能對黏菌的生理造成破壞(如同紫外線之於人類)，但後來我們在文獻中得知黏菌具有藍光受器，因此藍光若對黏菌有百害而無一利，黏菌應能感測並避開藍光，然而黏菌仍然會往藍光區移動，因此藍光應對於黏菌仍可能具有正向作用。

後來我們在論文中讀到藍光誘導黏菌的孢子形成，且如同<黏菌的研究>中所提及，成熟黏菌需吸收光能以散發孢子繁殖，而藍光是可見光中能量較高者，故藍光可能對黏菌繁殖有正面幫助。

2.記憶行為對黏菌移動可能有何影響？

在研究時我們認為記憶行為可能影響黏菌對於長期暴露的色光區域的趨向性，也是造成一開始放在藍光區的黏菌在藍光區生長狀況最為不佳的原因之一。由於黏菌對光電訊號有一定的記憶行為，因此我們希望將照射過藍光，且活性不佳的菌株進行重

新復甦，觀察其是否會避開藍光區以避免生長狀況受到抑制，確認記憶行為假說的正確性與影響。

如果在之後通電實驗中得出黏菌產生趨向性，那麼便可以確定黏菌的光電記憶行為具有指向性，使其得以做出有利判斷。

五、結論與生活應用

(一)結論

- 1.藉由對光照實驗所得的數據進行卡方檢定後，我們得出「黏菌的移動並無對特定色光區的喜好」。
- 2.藍光對於黏菌生長有負面影響，會導致其微縮為點狀而非常見的絲狀構造

(二)生活應用

黏菌是種適合在臺灣這種熱帶地區生存的分解者。若其有對色光有指向性，即可利用光來引導黏菌移動，並誘導其增強活性與分解能力，可用於分解、除去環境中的有害因子，甚至吞噬有害細菌。

參考資料

(一)中文部分

- 1.牛立德(1984)。黏菌的研究。全國中小學科展第二十四屆

(二)英文部分

- 1.ADAMATZKY, Andrew. "Towards slime mould colour sensor: Recognition of colours by *Physarum polycephalum*." *Organic electronics (Print)* 14.12 (2013): 3355-3361.
- 2.Adamatzky, A., & Jones, J. (2011). On electrical correlates of *Physarum polycephalum* spatial activity: can we see *Physarum* machine in the dark?. *Biophysical Reviews and Letters*, 6(01n02), 29-57.
- 3.Di Ventra, M., Pershin, Y. V., & Chua, L. O. (2009). Circuit elements with memory: memristors, memcapacitors, and meminductors. *Proceedings of the IEEE*, 97(10), 1717-1724.
- 4.Schreckenbach, Thomas, Barbl Walckhoff, and Cornelia Verfuert. "Blue-light receptor in a white mutant of *Physarum polycephalum* mediates inhibition of spherulation and regulation of glucose metabolism." *Proceedings of the National Academy of Sciences* 78.2 (1981): 1009-1013.