

再次揭開水玉黴的神秘面紗

高中組生物科第二名

高雄市高雄女中

作者：洪靚娟、曹正婷、吳恬慧、蔡承靜

指導教師：蔡淑年

一、研究動機

在經歷過「糞便上的奇葩」及「水玉黴的熱線追蹤」後，我們對資料極稀少的水玉黴引起進一步探討的熱忱，故於前次實驗中了解水玉黴的生活習性後，繼續研究引發這些習性的機制，利用立體解剖顯微鏡觀察、生化及錄影技術，追跡出水玉黴孢子囊噴發機制及分子級的生長因素，以及完整詳盡的生活史，期能將水玉黴的零星知識貫串成系統，應用在教學資訊及日常生活用品方面。

二、研究目的

(一)顯微鏡下觀察水玉黴的生活史。

- 1.孢子萌發。
- 2.生長時菌絲的發育。
- 3.下孢囊泡彈出孢子囊的情形。

(二)以理化知識結合生物學，探討水玉黴的生理作用。

- 1.孢子萌發時，是否會和植物一樣行呼吸作用？
- 2.菌絲吸水及輸水的路徑及方法。
- 3.光波和孢子囊柄扭轉的關係及孢子囊柄扭轉的意義。

(三)水玉黴生理實驗。

- 1.最適水玉黴生長的pH值之測定及生長過程對環境pH值的影響。
- 2.不同碳源及氮源對水玉黴繁殖之影響。

(四)營養囊之功能研究。

- 1.測試營養囊內的體液為水溶性或脂溶性。
- 2.測試營養囊內的養份以何種型式儲存？

(五)如何鑑定水玉黴的品種。

三、研究設備及器材

光學顯微照相器材、培養皿、pH值測定計、解剖顯微照相器材、滴管、磁

石攪拌器、CCD、玻璃紙、凸透鏡、解剖針、酒精燈、光圈、解剖刀、石綿心網、光柵、載玻片、各式燒杯、三腳架、螢光幕、蓋玻片、日光燈、刮勺、尿素、碳酸銨、無菌水、硝酸銨、硫酸銨、草酸銨、透明片、乳糖、葡萄糖、pH=4~9之緩衝液、本氏液、碘液、紙箱、鋁箔紙、乙醚、丙酮、石油醚、紫背萬年青之花青素、錐形瓶。

四、研究過程

(一)顯微鏡下觀察水玉黴的生活史。

採集糞便，培養水玉黴，以光學顯微照相及CCD攝影觀察。

(二)以理化知識結合生物學，探討水玉黴的生理作用

1.以無氧培養基做實驗組，另置對照組培植水玉黴。

2.取紫背萬年青之花青素，將水玉黴染色，觀察水流動情形。

3.用不同波長之光波照射水玉黴，觀察孢子囊噴發方向。

(三)水玉黴生理實驗

1.調配pH值4-10的糞便，觀察水玉黴生長情形。

2.調配不同碳源及氮源的糞便。

(四)營養囊之功能研究

1.酒精、丙酮、乙醚、石油醚分別與營養囊隔水加熱，觀察顏色變化。

2.以本氏液與營養囊隔水加熱及將碘液滴於其上，觀察顏色變化。

(五)如何鑑定水玉黴的品種

分梯次採集各種草食性動物糞便培養水玉黴，比較孢子囊和孢子的形態及大小。

五、研究結果

(一)顯微鏡下觀察水玉黴的生活史：

可分為孢子階段→菌絲階段→孢子體階段→孢子囊噴發階段；孢子成熟時，孢子囊柄旋轉90度，將孢子囊噴出，孢子囊彈落至適當的環境，裂開成兩半球，孢子隨水流出，遇適當環境即萌發。

(二)以理化知識結合生物學，探討水玉黴的生理作用：

1.

	糞便培養皿內是否含氧	糞便培養皿水玉黴數量
實驗組	否	15
對照組	是	182

表A

由上表知：水玉黴孢子萌發時需行呼吸作用。

2.菌絲吸水及輸水的原理：毛細作用，滲透壓，噴發孢子囊之原動力。

3.光波和孢子囊柄扭轉的關係及孢子囊柄扭轉的意義：

實驗結果	A		B		C		D		E	
	紅光區	白光區 1	黃光區	白光區 2	綠光區	白光區 3	藍光區	白光區 4	白光區 5	白光區 6
單位方格面積 (cm ²)	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
水玉黴所佔方格數目(格)	34.5	34.5	34.5	34.5	34.5	34.5	34.5	34.5	34.5	34.5
單位方格內水玉黴數目平均值(株)	18	101	22	111	25	111	28	114	147	149
全區域水玉黴總數估計值(株)	625	3519	763	3864	868	3864	972	3965	5101	5179

表B

由上表得知：光波對水玉黴生長的影響：白光>藍光>綠光>黃光>紅光。

(三)水玉黴生理實驗

1.最適pH值測定：

水玉黴 時間 (日)	pH 值							
	4.02	5.00	6.00	7.00	8.01	9.00	10.0	
	4.05	5.01	6.20	7.05	8.06	9.05		
1	0	0	0	0	0	0	0	
2	0	0	0	0	0	0	0	
3	0	0	0	0	0	0	0	
4	4	13	25	20	31	10	8	
5	178	33	28	24	189	26	20	
6	8	1	0	48	3	2	4	
7	0	0	0	0	0	0	0	
8	0	0	0	0	0	0	0	

表C

由上表得知：pH值為4.02~4.05和8.01~8.06最適合水玉黴生長。

2.不同碳源及氮源對水玉黴繁殖之影響：

水玉黴 時間 (日)	不同碳 及氮 源 數 目	無 菌 水	葡 萄 糖	乳 糖	尿 素	碳 酸 銨	草 酸 銨	硝 酸 銨	硫 酸 銨
1		0	0	0	0	0	0	0	0
2		0	0	0	0	0	0	0	0
3		0	0	0	0	0	0	0	0
4		10	4	6	3	8	5	10	15
5		35	55	67	5	102	64	110	105
6		20	11	9	0	15	17	20	16
7		0	0	0	0	0	0	0	0
8		0	0	0	0	0	0	0	0

表D

由上表知：(1)碳源對水玉黴生長情形：乳糖>葡萄糖>無菌水。

(2)氮源對水玉黴生長情形：硝酸銨>硫酸銨>碳酸銨>草酸銨>
無菌水>尿素

(四)營養囊之功能研究：

- 1.加入水中，煮沸約5分，仍為無色透明，顯示營養囊之體液非水溶性。
- 2.加入酒精中，立即有些微橙色反應，隔水加熱約10分後，橙色加深 ⇒ 顯示營養囊之體液為脂溶性。
- 3.加入碘液，仍為褐色 ⇒ 顯示其不含澱粉。
加入水和本氏液加熱，由藍變綠 ⇒ 顯示其含微量葡萄糖。

(五)水玉黴的孢子囊，孢子及孢子囊柄長度不盡相同，有可能為分類依據。

六、討 論

(一)顯微鏡下觀察水玉黴的生活史

水玉黴和其他糞生菌最大的不同，在於其具有膨大晶亮的下孢囊泡，而

孢子囊則自囊泡頂端由菌絲膨大而成；孢子囊成熟後，孢子囊柄旋轉90度利用體內水壓噴向周圍植物，距離可達240cm（前人實驗結果），草食性動物食入含有水玉黴孢子的植物，經由排泄助其散播，孢子囊內含黏液，孢子沾有黏液易於附著，至適當環境即可延續種族生命。

(二)以理化知識結合生物學，討論水玉黴的生理作用

- 1.水玉黴在孢子萌發時會行呼吸作用，故其菌絲會分泌碳酸，且會放熱而使封閉的培養皿溫度升高。
- 2.其埋藏於糞便內的營養囊，實為國中組「糞便上的奇葩」所述之滋養體和假根兩部位，由觀察及實驗結果發現；此二部份皆兼具固著和吸收的功能，並無分類的必要；水份即自營養囊吸收，靠毛細作用及滲透壓延孢子囊柄上升，至孢子囊噴發後再自噴口流回外界。
- 3.光波波長愈短對水玉黴孢子囊噴發方向影響最為顯著，其色光影響程度分別為白光>藍光>綠光>黃光>紅光。其意義在於將體內水份壓縮入下孢囊泡以助孢子囊的噴發，由實驗過程中發現：水玉黴孢子囊柄具有向光性。

(三)水玉黴生理實驗

1.最適pH值之測定：

水玉黴最適宜的pH值為pH = 4.02 – 4.05和pH = 8.01 – 8.06此結果和前次實驗中「鹽酸和氨有助於水玉黴的生長」相符，並考慮「根狀菌絲會分泌碳酸」的結果，可說明鹽酸和碳酸同為酸性，故較氨更能促進水玉黴的生長。

- 2.因為糞生菌生長的過程中，其根狀菌絲會分泌酸性物質，分解糞便的有機養料，而使其可溶於水，使植物根部易於吸收，有助於植物的生長，成為一項有益的農業資源。

(四)營養囊功能的研究

營養囊內以葡萄糖形式儲存，而不含澱粉，我們認為原因有三：

- 1.水玉黴生長週期短，不需儲存澱粉以過冬。
- 2.葡萄糖分子小，利於吸收及運送。
- 3.生長時若需養分，可直接從糞便中吸收不必儲存。

(五)如何鑑定水玉黴的品種

水玉黴的孢子囊，孢子形狀大小及孢子囊柄長度不盡相同，有可能為分類依據。

七、結 論

- (一)完整觀察水玉黴生活史，並以CCD追蹤錄影。
- (二)水玉黴孢子萌發時會行呼吸作用。
- (三)了解水份上升情形及原動力。
- (四)水玉黴噴發孢子囊時朝光波短的方向噴發。
- (五)水玉黴最適宜的環境為pH = 4.02 – 4.05和pH = 8.01 – 8.06。
- (六)碳源之水玉黴生長情形：乳糖 > 葡萄糖 > 無菌水。
- (七)氮源之水玉黴生長情形：硝酸銨 > 硫酸銨 > 碳酸銨 > 草酸銨 > 無菌水 > 尿素。
- (八)水玉黴之體液為脂溶性。
- (九)水玉黴營養囊之養分以葡萄糖存在。
- (十)水玉黴的孢子囊，孢子及孢囊囊柄長度有可能為分類依據。

八、參考資料

1. BIOCHEMISTRY OF FUNGAL DEVELOPMENT——Mr. Smith
- 2.牛頓生物辭典——牛頓出版社
- 3.道氏醫用辭典
- 4.真菌辭典
- 5.牛頓科學研習百科——牛頓出版社
- 6.食品微生物學實驗——復文書局
- 7.簡明生物化學實驗——九大圖書公司
- 8.科學教授(二)——故鄉出版社
- 9.高中生物第一冊——國立編譯館
- 10.高中基礎生物——國立編譯館
- 11.高中物理第三冊——國立編譯館
- 12.高中化學第一冊——國立編譯館
- 13.第三十四屆科展作品「水玉黴的熱線追蹤」
- 14.第三十三屆科展作品「糞便上的奇葩」

評 語

- 1.本作品為長期性的連續研究，學生由國中起即從事相關研究，累積多年研究經驗，基礎資料完整，並已具相當水準，對作者們此種追根究底的鑽研精神

應多加鼓勵。

- 2.取材容易，而此種選用的材料無需花錢購買，對以往科展資料掌握能力甚佳。
- 3.注意到生活史中，根部營養囊的變化情形，紀錄相當完整，照片描述亦相當詳細而生動。照片能拍攝到水玉黴孢子囊噴發的剎那，耐心與智慧均屬上乘。
- 4.作品名稱應力求平實精確，直接切中主題，使人明白易懂。