

# 水中的小不點兒

## ～揭開草履蟲的秘密～

高小組生物科第三名

金門縣立金鼎國民小學

作者：莊曜鴻

指導教師：陳莉莉、蔡雨明

### 一、研究動機

每逢假日，經常隨爸爸到田野採集實驗材料，爸爸常用燒杯從水溝中取水觀察，看了很久，總是嘆氣的說，又沒有了，有一天，我們在東門城郊賞鳥時，到浯江溪上游的水溝中，爸爸說有了，終於找到他所要的對象—草履蟲。就近一看，只見燒杯的水面上除了一個個小白點外，其餘的什麼也沒有。後來跟爸爸到實驗室用顯微鏡觀察，才發覺這些小不點的長像，以及他在水中自由自在的悠游，實在可愛極了。後來，我又發現這些小不點的更多有趣的行為，於是在爸爸的引導下，做了一連串的實驗來探討草履蟲的許多秘密。

### 二、研究目的

- (一) 觀察草履蟲的生長環境和分佈。
- (二) 比較各種不同培養條件（養分和溫度）對草履蟲繁殖的影響。
- (三) 探討各種不同溶液對草履蟲伸縮泡的伸縮作用。
- (四) 探究草履蟲對各種環境刺激的行為。
  - 1.運動行為。
  - 2.伸縮泡的收縮。
  - 3.對光照的反應。

### 三、文獻探討

高中課本有介紹草履蟲的觀察實驗，對草履蟲的形態以草鞋，前鈍後尖，體內有兩個伸縮泡可排除多餘的水，它們對環境刺激有趨光性、背地性和趨負電性等，但對草履蟲的其他習性並沒有加以探究。

#### 四、研究過程與結果討論

實驗（一）：觀察草履蟲的生長環境和分布：

1. 實驗方法和步驟：

(1) 在涇江溪上游發現到草履蟲的地方，依當地的自然環境分段調查草履蟲的分佈。

(2) 在每一個調查區段內，用100C.C.的燒杯採取三處表面水置於500C.C.的燒杯中，以乳頭吸管吸取表水，滴一滴於載玻片上，置於顯微鏡下，用低倍鏡觀察視野中的草履蟲，計算其隻數，如此連續5次，再 $\times 4$ ，求的每C.C.水液的草履蟲數，做為區段草履蟲數量的比較。

2. 結果和討論：

(1) 涇江溪上游：由東洲到東門兒童橋之間，由上而下區分為甲、乙、丙、丁、戊五個調查區，它們的環境狀況如下：

甲區：底部多沙，水量很少，常常乾燥，水很清澈。

乙區：環境狀況和甲區相似，但是水量較甲區多。

丙區：底部多爛泥，水量多，經常有水，頗多牛糞，有一戶住家的廚房水流入，有機物很多。

丁區：和丙區相似，水量更多，水中有機物更多。

戊區：和丁區相似，水量更多，但水很污濁，底部為水泥。



表(一)：涇江溪上游草履蟲的分布調查 (隻/cc)

調查區段	甲	乙	丙	丁	戊	喇叭口
第一次	0	2	5	4	0	0
第二次	0	0	2	11	3	0
第三次	0	1	3	8	1	0
第四次	1	0	7	4	0	0
第五次	0	2	0	6	4	0
合計	1	5	17	33	8	0
每cc隻數	4	20	68	132	32	0

(2) 由調查結果可見：草履蟲多分布在經常有水、有機物多，且底部是土壤的水溝中，在涇江溪上游的丙區和丁區有較多草履蟲的存在，就可證明。

(3) 位於東門外的涇江溪中段，已經加蓋，不能採水調查；在涇江溪下游的喇叭口採集的水是海水，沒有草履蟲存在。

(4) 草履蟲是淡水產的，細胞內有伸縮泡，經再觀察，確實這樣。

**實驗（二）：不同培養條件對草履蟲繁殖的影響：**

**1. 實驗方法和步驟：**

(1)取500C.C.燒杯5個，標示A、B、C、D、E，各盛入300C.C.的蒸餾水，然後各做下列處理。

A：加入30C.C.的蛋白胨溶液。B：加入30C.C.的酵母菌溶液。

C：加入30C.C.的蜂蜜液。D：加入10C.C.的酵母菌溶液+10C.C.的蛋白胨溶液+10C.C.的蜂蜜液。E：加入30C.C.的蒸餾水。

(2)將培養好的高密度草履蟲液取出，以吸管吸取表層的草履蟲液，按A→B→C→D→E→D→C→B→A→...各燒杯的順序，逐滴加入草履蟲液，直到各加40滴草履蟲液為止。

(3)將各組燒杯置於實驗室中，在室溫的環境中培養，至第三天後，開始觀察各組燒杯中的表層水液草履蟲的密度，如此連續觀察六天。

(4)每次觀察時，每組各取1滴表層水製作玻片標本觀察計算，如此連續5次，再×4，求的每C.C.水液的草履蟲數，做為比較。

**2. 結果和討論：**

(1)在五組燒杯中，以D組（加入5C.C.的酵母菌溶液+5C.C.的蛋白胨溶液+5C.C.的蜂蜜液）的生長效果最好，在第8天的表層水液每C.C.已有平均520隻的草履蟲。

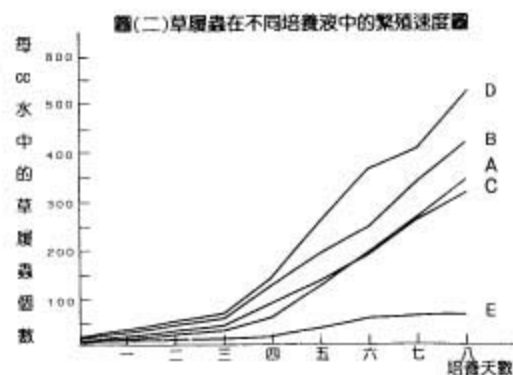
(2)在培養8天後，觀察到草履蟲繁殖的數量，在A組、B組和C組中，用酵母菌培養的比用蛋白胨培養的效果好，用蛋白胨培養的比用蜂蜜培養的效果好。

(3)E組為對照組，在培養8天後的草履蟲數為五組中最少的，平均每C.C.的表層水僅有68隻出現，因培養液中不含任何養分，所以蟲體繁殖最少。

(4)由實驗結果知道：不同的養分會影響草履蟲的生長繁殖，若培養液同時加入蛋白胨、酵母菌和蜂蜜，草履蟲繁殖最多。在有養分供給的各組中的蟲體長得比對照組為胖。

表(二)：草履蟲在不同培養液中的繁殖狀況（隻/CC）

觀察時間	第3天	第4天	第5天	第6天	第7天	第8天
A組	36	72	121	193	258	344
B組	52	128	192	248	344	416
C組	44	96	136	188	256	316
D組	56	144	256	364	416	520
E組(對照組)	8	12	36	56	60	68



### 實驗（三）：不同溫度對草履蟲繁殖的影響：

#### 1. 實驗方法和步驟：

(1) 取500C.C. 燒杯3個，標示F、G、H各盛入300C.C. 的蒸餾水，每組燒杯中再加入10C.C. 的酵母菌溶液+10C.C. 的蛋白陳溶液+10C.C. 的蜂蜜液。

(2) 將培養好的高密度草履蟲液取出，以吸管吸取表層的草履蟲液，按F→G→H→H→G→F→... 各燒杯的順序，逐滴加入草履蟲液，直到每組各加40滴草履蟲液為止。

(3) 將各組燒杯置於下列各種不同溫度的環境中培養，至第三天後，開始觀察各組燒杯中的表層水液草履蟲的密度，如此連續觀察六天。F：放置於冰箱的冷藏室培養。G：放置於實驗櫃中室培養。H：放置於30°C的定溫箱中培養。

(4) 每次觀察時，每組各取1滴表層水製作玻片標本觀察計算，如此連續5次，再×4，求的每C.C. 水液的草履蟲數，做為比較。

#### 結果和討論：

(1) 在三組燒杯中，以H組在30°C的高溫中培養的草履蟲生長繁殖最快，培養到第八天的表層水液每C.C. 平均有728隻的草履蟲。

(2) 放置於7°C冰箱的冷藏室培養的草履蟲，繁殖速度極慢，幾乎都不怎麼增殖。

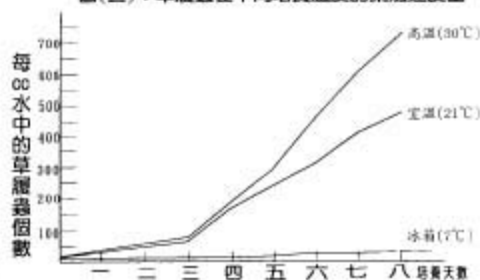
(3) 由實驗結果知道：在培養草履蟲時，溫度的高低會影響草履蟲的生長繁殖。

(4) 實驗時因只有一台定溫箱，無法同時用更高的溫度來實驗比較，想再計畫一個實驗，來研究最適合草履蟲繁殖的溫度範圍。

表(三)：草履蟲在不同培養溫度中的繁殖狀況 (隻/cc)

觀 察 時 間	不 同 溫 度	第3天	第4天	第5天	第6天	第7天	第8天
		第3天	第4天	第5天	第6天	第7天	第8天
	冰箱(7°C)	4	4	12	28	28	36
	室溫(21°C)	64	168	244	308	404	472
	高溫(30°C)	76	184	296	464	608	728

圖(三)：草履蟲在不同培養溫度的繁殖速度圖



### 實驗（四）：觀察草履蟲的形態和構造：

#### 1. 實驗方法和步驟：

(1) 吸取草履蟲液，滴一滴於載玻片上，加些許棉絮再蓋上蓋玻片，以低倍鏡找到草履蟲後，改以高倍鏡測量草履蟲的長度和寬度，測定10隻後，求得平均體

長和體寬。(2)在高倍顯微鏡下，選一隻草履蟲觀察其形態和構造，把它描繪出來。

## 2.結果和討論：

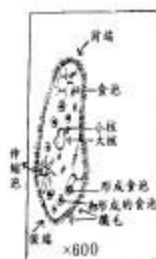
(1)草履蟲是單細胞動物，經測量10隻大小相近的蟲體，發現它們的體長平均約0.091毫米，體寬平均約0.037毫米，是非常小的動物，難怪用肉眼看，只能在水面上看到一個個小白點。

(2)在600倍顯微鏡下觀察到草履蟲的個體，發現細胞表面有許多纖毛，藉擺動使蟲體在水中自由游動。在細胞的前後端各有一個伸縮泡，會定時收縮→變小→消失，然後再慢慢漲大恢復原狀，用來排長多餘的水。

(3)在蟲體的中間，有1個較大的細胞核和2個較小的細胞核，用亞甲藍染色都會變成深藍色。

(4)在顯微鏡下觀察到食物會旋轉像旋渦，然後由蟲體中央偏後的口溝吸入，然後在蟲體內形成食泡，食泡的大小有順序，蟲體後端的食泡較大，越向前端食泡越小。

表(四)：草履蟲的體長和體寬測量



測量習慣次序	①	②	③	④	⑤	⑥	⑦	⑧	⑨	⑩	平均
體長											
600倍顯微鏡下	58	52	61	53	58	59	57	56	52	57	55
M											
實際(MM)	0.093	0.087	0.102	0.088	0.097	0.093	0.095	0.093	0.087	0.095	0.091
體寬											
600倍顯微鏡下	22	20	24	26	23	19	21	20	19	22	21
M											
實際(MM)	0.037	0.033	0.040	0.033	0.038	0.032	0.035	0.035	0.032	0.037	0.035



## 實驗(五)：觀察草履蟲的行為：

### 1.實驗方法和步驟：

(1)運動速度：在60倍的顯微鏡下，觀察草履蟲游完視野中10cm的刻度尺所需的時間，實驗時以馬錶計時，分別在氣溫25℃與16℃的天氣下測定草履蟲的游泳速度，並和人體蛙式的游泳速度做比較。

(2)運動方式：在60倍的顯微鏡下，觀察草履蟲的運動方式，及在視野中遇到棉絮阻礙時有何反應。

### (3)伸縮泡的收縮：

①取草履蟲液放在置有棉絮載玻片，製成玻片標本在600倍的顯微鏡下觀察被棉絮困住的草履蟲，並用馬錶計算伸縮泡每分鐘收縮的次數，如此觀察不同的

5隻草履蟲，求得伸縮泡收縮每分鐘收縮的平均次數。

②同樣的方法，吸取草履蟲液1滴，分別放在含有1cc蒸餾水液、或1%的蔗糖液、或2%的蔗糖液、或1%的醋酸液，分別觀察並求得伸縮泡收縮1次的平均時間。

(4)對光的反應：

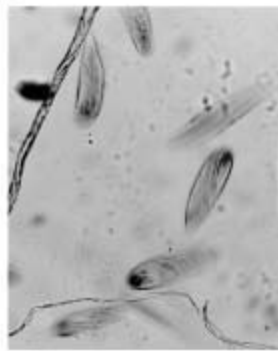
①取出培養好的高密度草履蟲的燒杯，吸取表層的草履蟲液，裝入小試管中直到七分滿為止，用橡皮塞塞住管口。

②將試管水平放置把前半用鋁箔包住，後半照光，15分鐘後，拆開包裝，立即以放大鏡觀察草履蟲有何反應。

③同理改用紅光、藍光、綠光、黃光等，分別做同樣的測試。

④將包鋁箔的一邊，分別改用雙層的紅色、藍色、綠色、黃色玻璃紙包住，再分別照光實驗，觀察草履蟲有何反應。

2.結果和討論：



表(五)草履蟲的游泳速度測量

觀測順序	第1隻	第2隻	第3隻	第4隻	第5隻	平均
測試全程距離(mm)	1.667	1.667	1.667	1.667	1.667	1.667
游完全程的秒數	7	6	8	7	6	6.8
游泳速度(mm/分)	14.29	16.67	12.50	14.29	16.67	14.71
蟲體體長(mm)	0.083	0.095	0.083	0.093	0.087	0.088
每分鐘游多少個體長	172	175	151	154	192	167
實驗時水溫(17℃)						
游完全程的秒數	1.8	3.5	2.7	3.6	3.3	3.0
游泳速度(mm/分)	55.57	28.58	37.04	27.78	30.31	35.86
蟲體體長(mm)	0.090	0.085	0.102	0.095	0.081	0.091
每分鐘游多少個體長	617	336	363	292	374	396
實驗時水溫(24℃)						

(1)在水溫17℃時測試草履蟲的游泳速度，每分鐘約14.71mm，平均在1分鐘內可游的167倍體長的距離，比人類蛙式每分鐘可游的70倍體長的速度快上約2.5倍，1月29日在水溫24℃時，測試草履蟲游泳速度，每分鐘約35.86mm，平均1分鐘內可游0.091倍體長的距離，草履蟲在24℃水溫的游泳速度是17℃低溫時的游泳速度的2.4倍。

(2)在600倍的顯微鏡下，可看見草履蟲用全身的纖毛擺動來游泳，纖毛擺動好像划龍舟的槳彼此起伏，形成波狀，若遇到棉絮阻擋，會向後退，轉個方向，再向前游動。

(3)草履蟲的伸縮泡收縮，是為了排除體內多餘的水，由實驗結果了解：當它們在1%的醋酸液中伸縮泡收縮最快，平均每分鐘收縮9.2次；其次是在蒸餾水中，平均每分鐘收縮7.8次。在2%的蔗糖液中收縮最慢，平均每分鐘收縮3.4次；

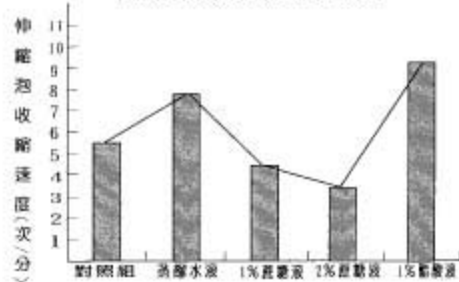
在1%的蔗糖液中收縮次慢，平均每分鐘收縮4.4次。至於對照組的草履蟲，平均每分鐘收縮5.4次。

(4)草履蟲對都有趨向光照的一方聚集的習性，實驗時不管是一般光照，或是各種色光的照射結果都會有這種趨光的習性；但是並不會偏向於那一種色光，在一般光照下的趨光反應比其他色光好，因為光亮較強的影響。

表(六)：草履蟲的伸縮泡收縮速度的測定(秒/次)

觀測順序	第1隻	第2隻	第3隻	第4隻	第5隻	平均
對照組(培養液中)	12	10	12	11	11	11.2
蒸餾水液	7	9	7	8	8	7.8
1%的蔗糖液	16	13	15	15	14	14.6
2%的蔗糖液	17	19	16	18	18	17.6
1%的醋酸液	6	6	7	8	7	6.8

圖(四)：草履蟲的伸縮泡收縮速度比較圖



## 五、結論和展望

(一)草履蟲是生物實驗的重要材料，爸爸每年都因難以在野外採集到，而大傷腦筋，就我們在涪江溪上游草履蟲出現的水溝來看，草履蟲多分布在較為自然，經常有水、有機物多，且底部是土壤的水溝中。由於金門的環境破壞日益嚴重，田野水溝的污染狀況也很厲害，所以不像以往那麼容易採到。

(二)養分和溫度是培養草履蟲時的重要生存條件，本次實驗發現：同時加入蛋白棟、酵母菌和蜂蜜的培養液，在30℃溫度下培養的效果最好，若能控制各種不同溫度來培養，必可找到最適合草履蟲生長的溫度，我們正要做這項努力，相信對培養草履蟲有更多的幫助。

(三)草履蟲的游動速度很快平均在1分鐘內，可游體長的167倍距離，約為人類以蛙泳的每分鐘游動體長的70倍的速度要快上約2.5倍，這是密佈於體表的纖毛擺動划水的功能。

(四)草履蟲伸縮泡的收縮是要排除體內多餘的水分，由實驗結果知道：當它們在1%的醋酸液中伸縮泡收縮最快，可能是受酸的刺激，須儘速加以排除；其次是在蒸餾水中的。在2%的蔗糖液中收縮最慢，在1%的蔗糖液中收縮次慢，二種都比對照組還慢。

(五)由實驗中發現過酸的液體和過濃的蔗糖液，都會引起草履蟲死亡，到底草履蟲能忍受何種程度的酸鹼性，和多少濃度的蔗糖液？我想再做一些實驗來探討究竟。

(六) 在培養草履蟲時，也會有其他小動如喇叭蟲、鐘形蟲、桿尾蟲等出現，到十幾天後，有些培養液中草履蟲會逐漸減少，而由其他類似草履蟲的小蟲取代，這些都是很有趣的發現，需要繼續實驗才能知道有關草履蟲的更多問題。

## 六、參考書本

- (一) 周昌弘等編：國中生物 上冊104頁附錄 國立編譯館。
- (二) 諸亞儂等編：高中生物 第四冊72~76頁 國立編譯館。



## 評語

草履蟲是學動物學的人，以牠為例研究單細胞形態、生態及生殖的最好的標本，不過草履蟲只能繁殖、生活在清潔的河水裡生活。金門由作者之觀察，環境已被破壞，其破壞程度亦日益嚴重，水溝污染亦很深，尋找草履蟲相當困難，唯僅在浯江溪上找到它，而且也已做較詳細的行為形態之觀察以及繁殖方法的探討等是相當不錯的論文。



