

# 壹、 研究題目：顛覆 Common Nepenthes

## 貳、 摘要

探討食蟲植物之一的豬籠草，如何以不為人知的姿態，設下一個個絕妙的陷阱，使動物們一步步走向死亡……；它的捕蟲祕招——捕蟲液、鮮紅色的捕蟲蓋、袋內構造等，如何相互配合完成一個個捕蟲任務？對環境、生物的影響，以及環境、生物與它的互動關係是如何？最後反身利用到生物上，是否能成功達成生物控制？這就是我努力的目標。

## 參、 研究動機

有了五年以上的栽種經驗，豬籠草就像我的孩子一樣，從一個小盆栽開始，每天去看看它、摸摸它，關心它的捕蟲情況、適時做些紀錄，豐富的觀察紀錄竟意外地成了研究的助力，加上參考過科展作品和坊間資料後產生了疑慮；長期的觀察支持了我做大膽合理的懷疑，追求真相便成為我的研究動機！

關於豬籠草的生長環境、基本構造、內部功能等，已有相關研究，已知：

- (一) 全球約有四百多種食蟲植物，其中豬籠草原產於婆羅洲、蘇門答臘、馬來半島等亞洲熱帶地區、東南亞與澳洲，生活環境高溫多濕，現已發現七十多種品種；分類上屬豬籠草科(Nepenthsaceae)、豬籠草屬(Nepenthes) 雙子葉，多年生草本，有草本、灌木、半灌木和攀緣性的。(參考資料-1)
- (二) 豬籠草以扦插、壓條、播種等法雜交後仍有繁殖力，台灣所產多屬此類雜交種，以台中、南投一帶低海拔山區為主要培植地。『參考資料(一)-1』
- (三) 原生於熱帶雨林的豬籠草喜愛溼度高的環境(至少要 60%)，若空氣的溼度太低，則捕蟲袋往往還沒長大，便有如焦掉一般枯萎了。『參考資料(三)-1』
- (四) 在園藝上，依據其海拔高度的分佈而分成兩大類：高地種和低地種。生長在一千公尺以上高山的豬籠草便是高地種(其栽培溫度為白天 21 度，夜間 10 度)；生長在平地或低於一千公尺高山的豬籠草為低地種(其栽培溫度為白天 29 度，夜間 21 度)。在台灣，想要栽培高地種豬籠草非得用冷氣降溫來栽培不可，只有少數能耐熱的高地種豬籠草能在台灣栽培；平地種豬籠草由於生長在較為溫暖的地方，所以在台灣的冬季常會因為氣溫過低而停止生長。

(參考資料-1)

- (五) 豬籠草的葉，事實上是葉柄；真正的葉子，是葉柄末端形成的瓶狀捕蟲器；葉脈最後穿出葉柄，而成為卷鬚，卷鬚可以用來攀附其他的物體，使豬籠草可以向高處生長；豬籠草的莖相當粗，直徑可以超過 5 公分，長度超過 10 公尺；莖會因位置的不同而有不同的生長情形：靠近地表的莖，葉柄處會產生低位瓶，低位瓶外形較胖、較圓且較大，它的捲鬚通常較短，而且不太會去攀附其他物體；遠離地表的植株上端則會產生高位瓶，其瓶身較低位瓶來的瘦長、也比較小，有些品種的高位瓶顏色會比其低位瓶來得平淡，此時莖能更加伸長、常攀緣附生，高位瓶的卷鬚若是其沒有攀附到任何物體，它仍會自行捲一圈。

(參考資料-12)

(六) 產生高位瓶的莖將會產生花莖，伸長的莖就是為能使花在陽光下盛開，而開過花的莖，在接下來的幾年內都會開花；此時的豬籠草已長得很高大，基部長出來的側枝會很快地產生巨大的葉柄及低位瓶，因此，生長多年的豬籠草其主幹會相當粗，若栽培時間不夠久，無法產生高位瓶，就不會開花。

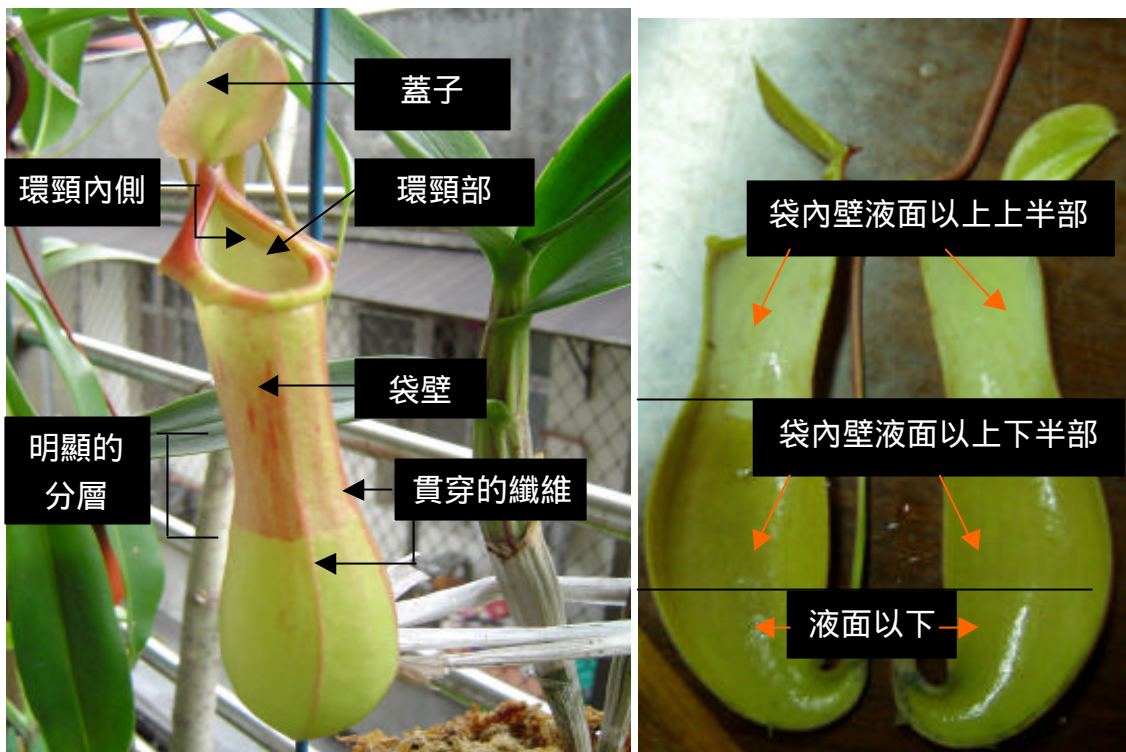
(參考資料-12)

(七) 豬籠草的花序屬於總狀花序，由莖頂抽出一根共同花軸，上面著生許多花梗近乎等長的小花，數量可能從十數朵到上百朵，小花並沒有花瓣，那些看似花瓣的構造事實上是花萼，其花朵小且平淡，還會散發出特別的味道；豬籠草通常藉由風來傳送花粉，但其小花的花萼會分泌花蜜，可吸引昆蟲前來授粉。當雌花授粉後，其子房便開始膨大、轉成褐色；當果實成熟後，會裂開，釋出數百粒微細的種子，隨著風飄向遠方。(參考資料-12)

(八)捕蟲袋的構造：

1. **捕蟲袋**：外觀成瓶狀。
2. **捕蟲袋的蓋**：在捕蟲袋上端，開蓋後就不會再蓋上；它能減少雨水的入侵；有的品種甚至在蓋上分泌蜜汁，誘引動物前來避雨。
3. **環頸部**：開蓋前環繞在袋口，此時柔軟且尚未捲曲；開始捲曲時的力量促進了蓋子的開啟；完全捲曲後，即成為堅硬、富有蠟質的環頸部。
4. **袋壁**：分為浸有液體部分與未浸液體部份。
5. **袋內液體**：來自於袋底細胞團之泌液作用，稍有黏滯性、觸摸時沒有刺激感；液體表面常有許多藻類漂浮，可能是昆蟲帶入的。在豬籠草的四周，可以嗅到酸且刺鼻的氣味，可能是袋內液體發出的味道。

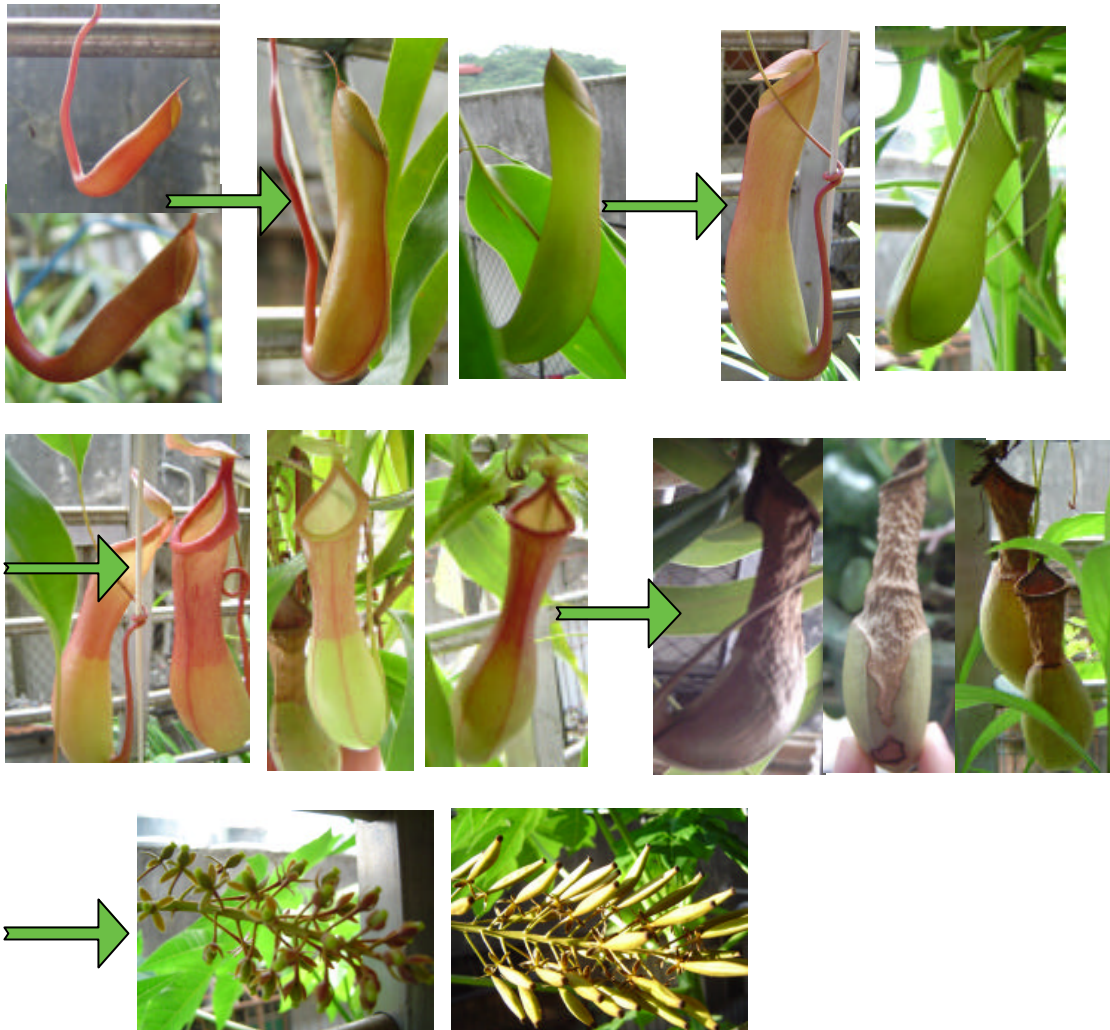
圖一



(九)捕蟲袋依袋齡約列分為五期：

1. 未熟袋：呈紅色，末端乾扁。
2. 一齡袋：略有膨大、已有瓶狀外型，此時瓶蓋大多仍未打開，袋內也沒有澄清液體。
3. 二齡袋：袋內已有液體，多數瓶蓋在此時陸續打開。
4. 三齡袋：袋身略呈紅褐色、袋壁較堅硬，且部分環頸部及袋壁具有花紋。
5. 老化袋：袋身枯萎老化，袋內液體逐漸減少。

圖二：各部位及花



(十)捕蟲方式：

1. 環頸部和蓋子可能含有誘引物，誘使動物徘徊於此；而環頸部上的蠟質易使其上的動物打滑、不甚失足滑入而淹死。

(參考資料-1、2、5、9、23、24、25、26、27)

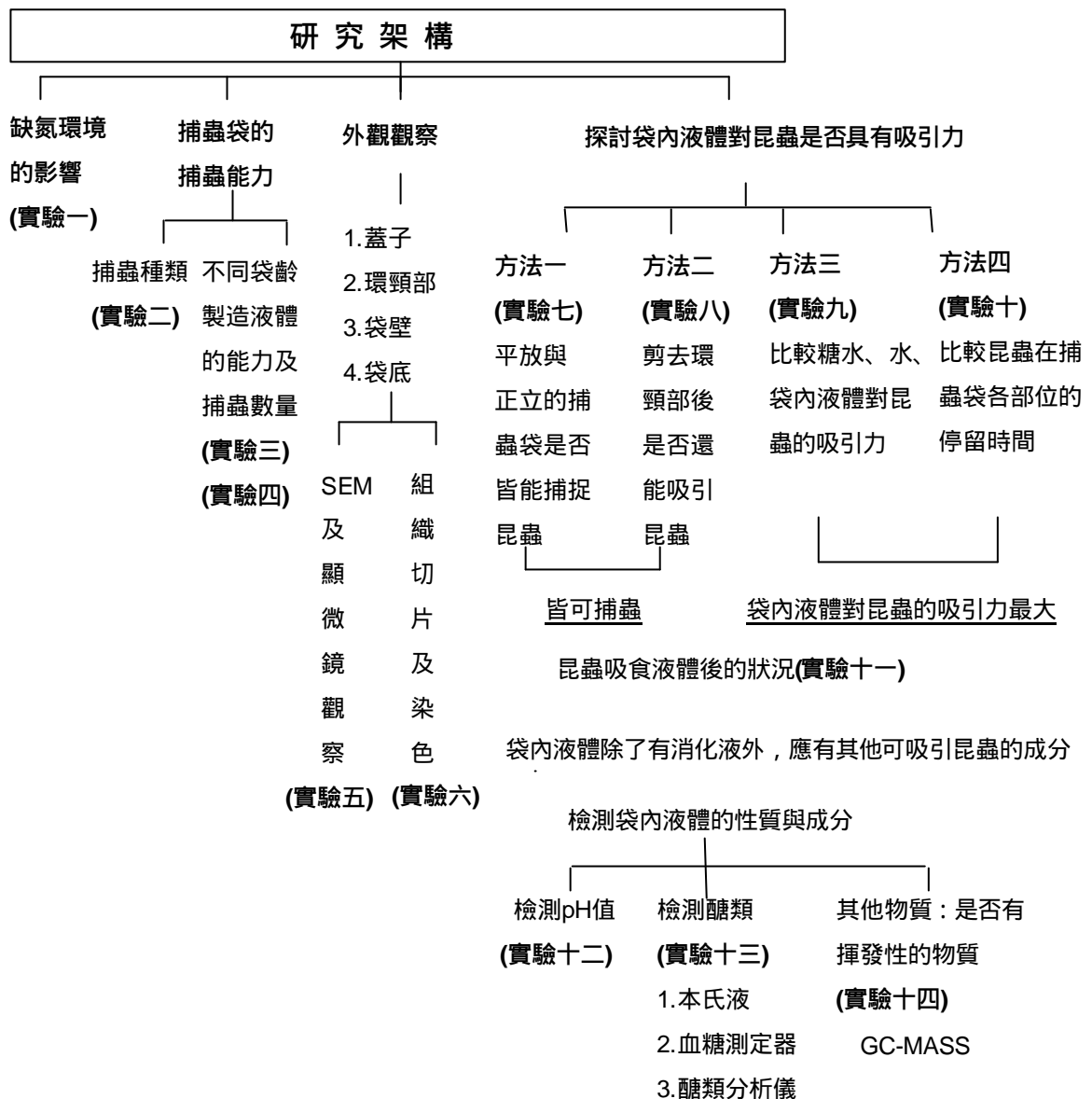
2. 動物受環頸部、蓋子或袋內液體吸引徘徊於袋口時，捕蟲袋的蓋子會立即合上，待袋內動物死去後，蓋子又再打開。(參考資料-4、24)

## 肆、研究目的

- (一) 探討缺氮環境對豬籠草的影響
- (二) 探討不同袋齡的捕蟲袋其捕蟲功能以及捕蟲種類
- (三) 探討捕蟲袋各部位構造及功能
- (四) 探討豬籠草的捕蟲方法

## 伍、實驗器材

十株馬來西亞種之雜交種豬籠草、古早肥(含有銨態氮 1%、硝酸態氮 0.5%)、量筒、滴管、放大鏡、複式顯微鏡、解剖顯微鏡、埋蠟機、埋蠟用烘箱、切片機、溶蠟機、刀片、塑膠容器數、計時器、廣用試紙、本氏液、葡萄糖液、血糖測定儀、酒精燈、陶瓷纖維網、三腳架、燒杯、數位照相機、攝影機、顯微鏡、氣相層析儀(GC-MASS)、醣類分析儀、電腦設備、玻璃容器。



## 陸、研究過程與方法

### 一、探討缺氮環境對豬籠草的影響

#### 實驗一：探討缺氮環境對豬籠草的影響

觀察：不是每個捕蟲袋都等成熟了(二齡袋)才開蓋，有的甚至在一齡就開蓋了，我推測這和土壤的養分多寡有關

方法：對六株豬籠草 ABCDEF 作實驗：對 A、B 施古早肥 (含有銨態氮 1%、硝酸態氮 0.5%)；對 C、D 不施肥只澆水。每株取 1 只捕蟲袋觀察其開蓋時間及捕蟲數，30 天後計算整株豬籠草新結之捕蟲袋數。

結果：若豬籠草可由其他途徑獲得足夠肥料，捕蟲袋的開蓋時間不必太早，所以一定時間內所捕的昆蟲也愈少。

表 1

編號	A	B	C	D
開蓋天數(天)	3-4	3	2	1-2
施肥後 30 天內新結的捕蟲袋數目(只)	5	4	7	8
開蓋 30 天後(都已長到同一個階段)之捕蟲數目(隻)	10	15	20	22

### 二、探討不同袋齡的捕蟲袋其捕蟲功能以及捕蟲種類

#### 實驗二：探討豬籠草的捕蟲種類

方法：取 15 只捕蟲袋觀察袋內昆蟲及種類

結果：各個捕蟲袋其捕食的動物有不同的種類，由於生活環境的關係，其中以蟻科數量最多；初期的屍體仍清晰可數，到後期就已模糊不可計。

表 2：分析袋內動物及種類

瓶內物		螞蟻	蚊子	果蠅	其他
1	二齡袋	345	2	1	已被支解的螳螂 1 隻
2		121	5	0	蒼蠅 1 隻、
3		109	8	20	已被肢解的白蛾 1 隻
4		100	30	5	蒼蠅 1 隻、蝸牛 1 隻、毛蟲 1 隻(已模糊不清)
5		98	2	5	大蜘蛛 1 隻、天牛 1 隻
6	三齡袋	50	6	2	小蜘蛛 3 隻、已被支解的大型螳螂 1 隻。

7		63	1	8	金龜子 1 隻、白蟻 2 隻
8		59	0	11	小螺 1 隻
9		128	0	0	春椽 1 隻
10		120	0	0	小蜘蛛 1 隻
11	老化袋	34	0	0	蜘蛛 1 隻及黏結成一球的屍體，已模糊不可數。
12		20	0	0	發黑的乾蜜蜂 1 隻、黏結成一球的屍體
13		32	0	0	黏結成一球的屍體
14		24	1	0	黏結成一球的屍體
15		21	0	1	黏結成一球的屍體

表 3：統計袋內動物的種類

分類	昆蟲綱								蛛型綱
	蜚蠊科	蚊科	果實蠅科	蟻科	蜜蜂科	灰蝶科	椿象科	金龜子科	蜘蛛目
總計	2	55	53	1326	4	1	1	1	1(隻)

### 實驗三：不同袋齡的捕蟲能力探討

方法：1.取十籠捕蟲袋，觀察捕蟲袋隨著袋齡變化的捕蟲情形

- 2.詳細測量袋齡轉換的時間：一齡到二齡：約 3 天；二齡到三齡：約 30 天；三齡到老化：約 30 天
- 3.在二齡袋轉變為三齡袋時，將袋內昆蟲濾掉，測量二齡袋內昆蟲的數量及袋內液體的體積，再將液體倒回二齡袋中，每隔 30 天後重新記數三齡袋及老化袋的情形。

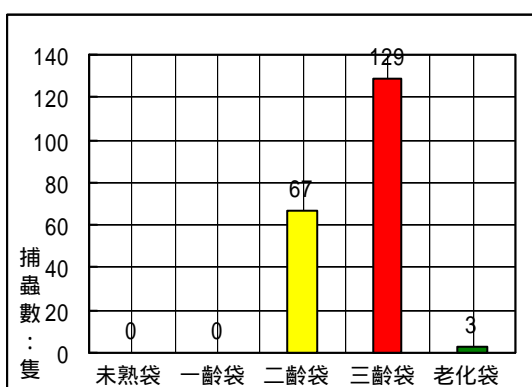
結果：

- 1.老化袋在捕蟲袋完全乾枯之前的液體體積和三齡袋相同，但當捕蟲袋完全乾枯後，袋內液體也迅即消失
- 2.由於三齡袋袋內液體體積的量與捕蟲數有關
- 3.由包括新舊消化液的三齡袋袋內液體捕蟲數最多可知，舊消化液中的酵素應仍具有活性

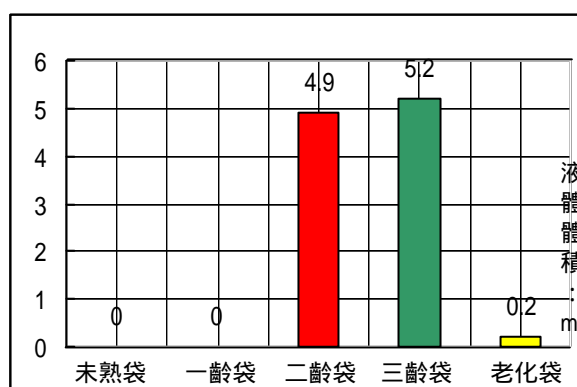
表 4

袋齡 編號	未熟袋	一齡袋	二齡袋		三齡袋		老化袋	
	捕蟲數	液體體積	捕蟲數(隻)	液體體積(ml)	捕蟲數(隻)	液體體積(ml)	捕蟲數(隻)	液體體積(ml)
1	未開蓋	尚無液體	58	5	159	5.2	8	0
2			69	5.1	123	5.4	0	0
3			66	4.8	164	5.0	1	0
4			70	4.6	120	5.0	4	0
5			79	4.7	110	4.8	7	0
6			52	4.6	98	4.8	2	1.1
7			66	5.1	134	5.2	1	0.1
8			80	5.3	154	5.4	10	0.2
9			76	5.0	130	5.2	0	0.3
10			50	4.7	94	4.9	0	0.2
平均	0	0	67	4.9	129	5.2	3	0.2

圖三



圖四



#### 實驗四：不同袋齡製造液體的能力

方法：取兩只未開蓋捕蟲袋，紀錄每一天倒去後，隔天新增的液體；未開蓋一齡袋的袋內液體體積即是以一開蓋時二齡袋的液體體積來計算

- (一)探討袋內液體在捕蟲袋開蓋後是否還會增加
- (二)了解袋內液體何時會停止分泌

結果：

- 1、表 5 的實驗結果顯示：袋內液體在開蓋後仍不斷增加。而實驗中增加的液體量多於在無人為干擾下，原本捕蟲袋所製造的量！與實驗(三)比較，雖然三齡袋的袋內液體最多，但各袋齡的液體體積並沒有很大的差異；經由我將袋內液體倒掉後，捕蟲袋似乎代償性的製造更多的消化液出來。
- 2、表 5 的另一個實驗結果顯示：袋內液體的分泌量隨著袋齡的增加而漸減，直







體積 (毫升)	D	1.4	1.5	1.7	1.7	1.7	1.7	1.7	1.7	1.8	1.8	1.8	1.8	2.0	2.1
倒去後 第幾天		27	28	29	30	31	32	33	34	35	36	37	38	39	
液體 體積 (毫升)	C	2.5	2.5	2.7	2.8	2.8	2.8	2.9	3.0	3.0	3.0	3.0	3.0	3.0	3.0
	D	2.1	2.1	2.2	2.3	2.4	2.4	2.4	2.5	2.5	2.5	2.5	2.5	2.5	2.5

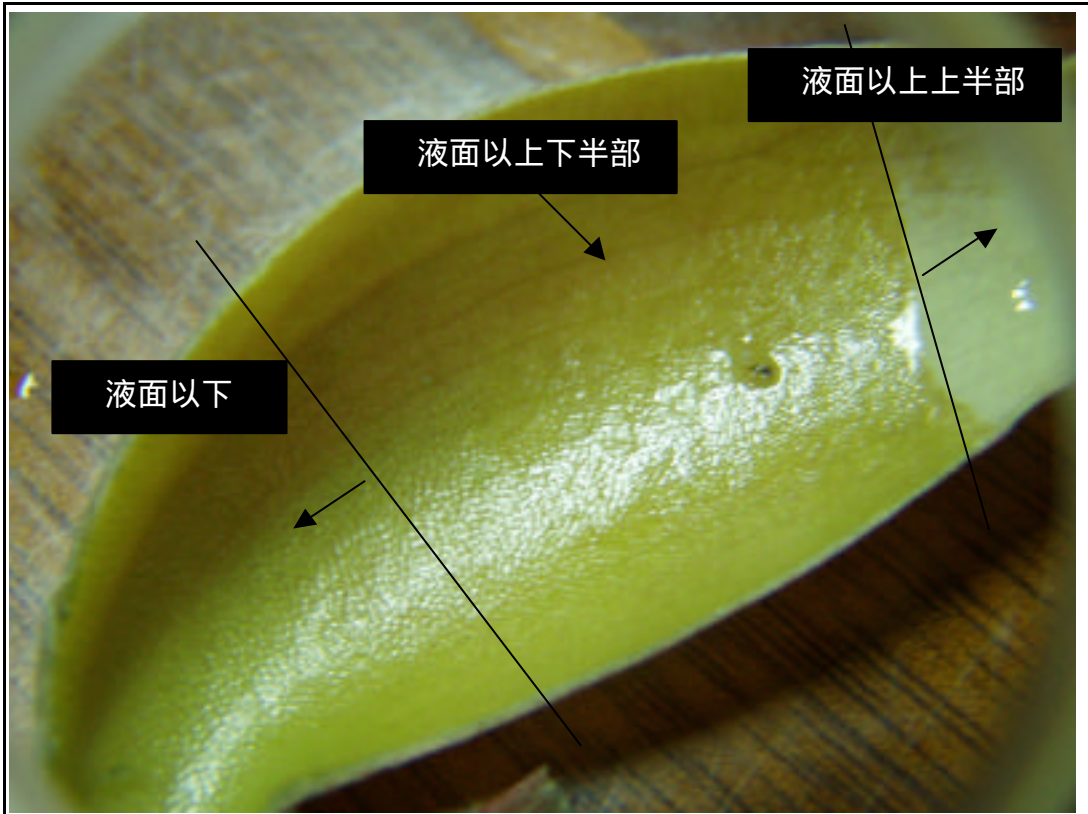
### 三、探討捕蟲袋各部位的構造

#### 實驗五：觀察捕蟲袋內部構造

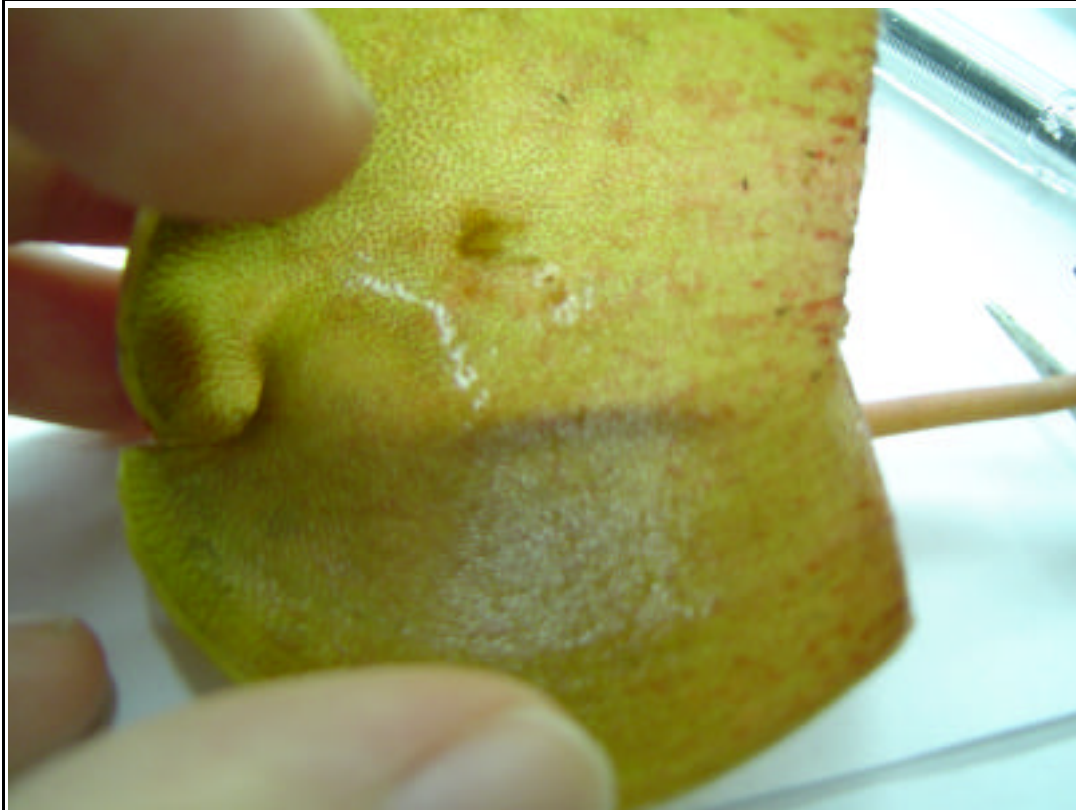
方法(一)：直接剖開捕蟲袋，以放大鏡作觀察

圖五：

	
捕蟲袋之外觀： 顏色較內壁紅、沒有很特殊的構造	捕蟲袋內壁：顏色較綠



捕蟲袋內壁液面以下及液面以上下半部分具有蠟質，且可以觸摸到無數的小顆粒；相較於它們，液面以上上半部分就顯得較黯淡、不光滑，但小顆粒仍然存在，只是由下往上漸漸變小。



捕蟲袋液面以下部分顆粒不但較大，連顏色也明顯深於液面以上部分

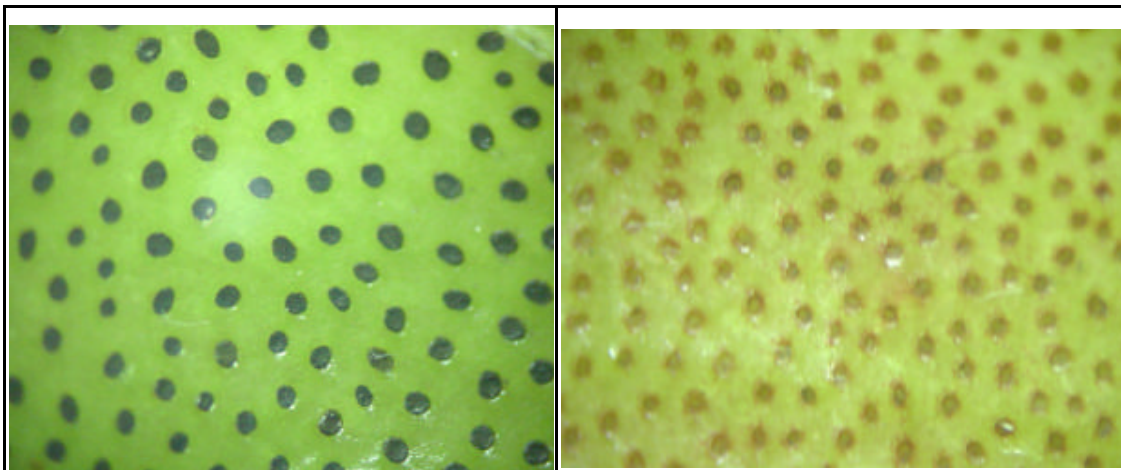


<p>垂直摸</p> <p>環狀摸</p> <p>示意圖</p>	<p>環頸部的表面具有蠟質，摸來非常光滑；其上的紋路十分明顯，環狀摸來感到粗糙、垂直摸來則光滑無比</p>
----------------------------------	---

方法(二)：解剖顯微鏡觀察

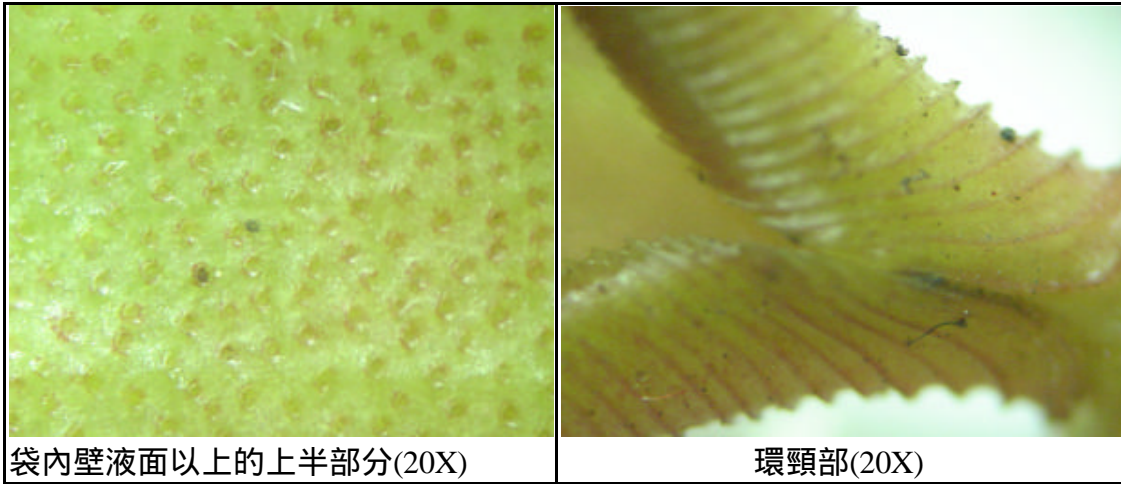
結果：

圖六



袋內壁浸有液體的部分(20X)

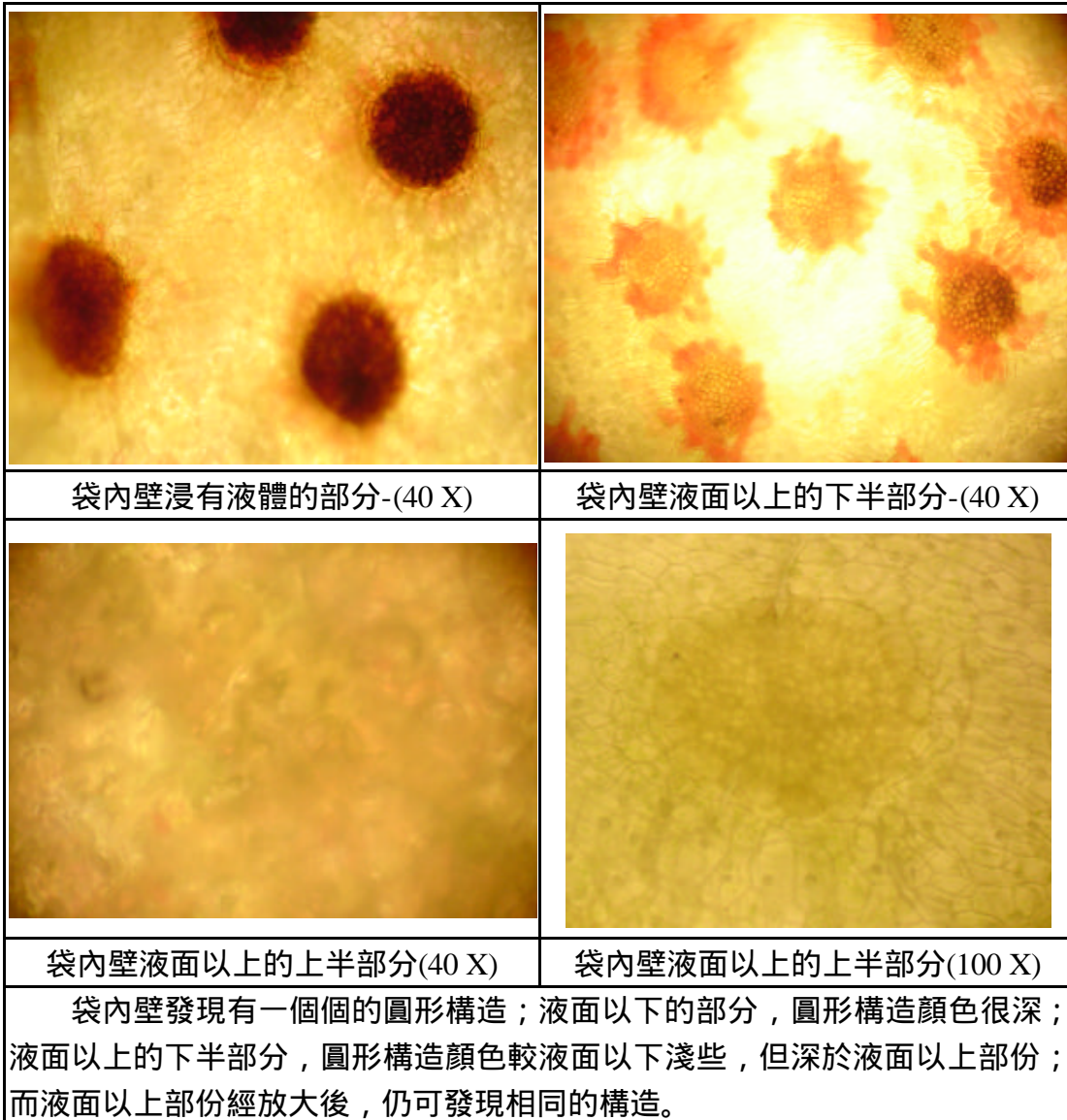
袋內壁液面以上的下半部分(20X)



方法(三)：複式顯微鏡觀察

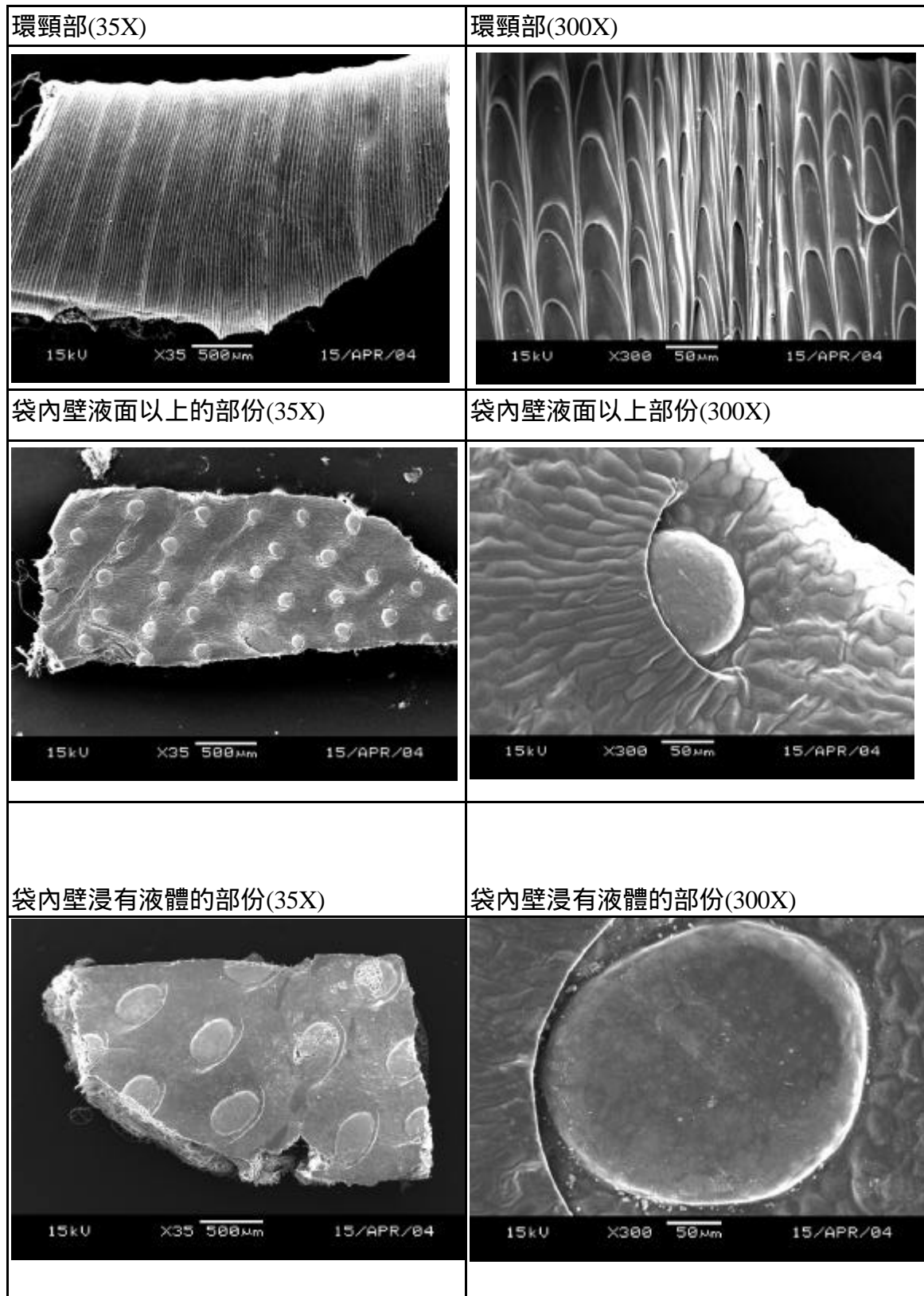
結果：

圖七



方法(四)：SEM 掃描式電子顯微鏡觀察

結果：圖八



綜合以上觀察結果：

捕蟲袋內壁液面以上部份：發現許多圓形突起物，顏色淺綠、顆粒較淺；

捕蟲袋內壁液面以下部分：發現許多圓形突起物，顏色偏黑紅、顆粒較大且較深；

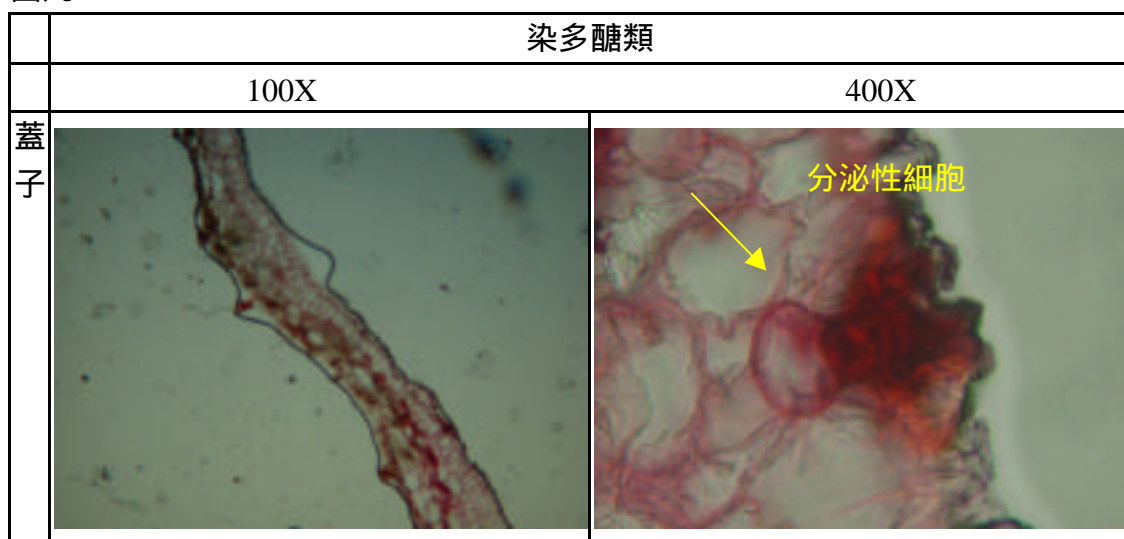
而這些圓形突起物就是分泌性細胞，可能是分泌消化液或袋內液體的構造。

#### 實驗六：組織切片與染色

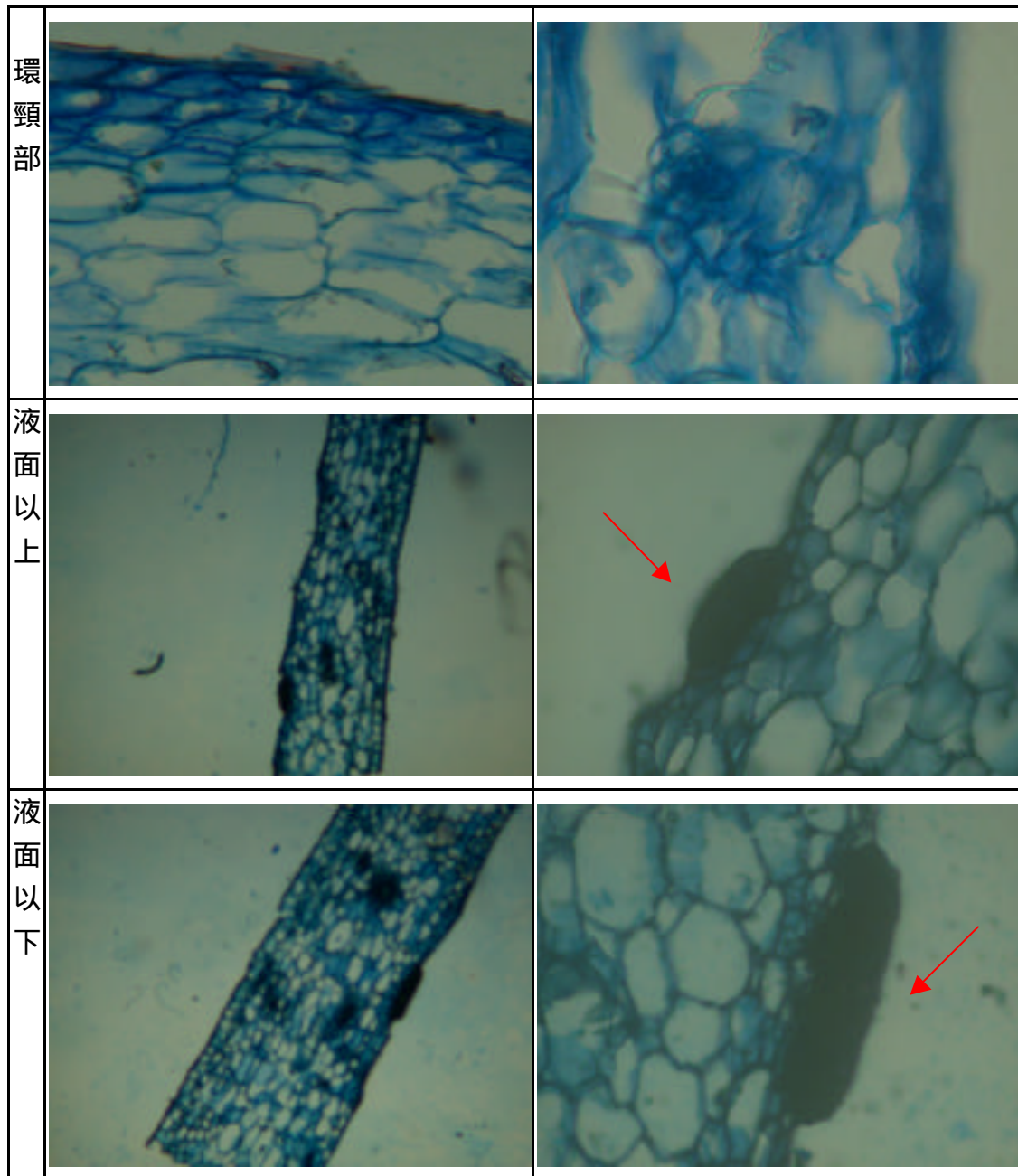
方法：固定組織內的物質 脫去組織內的水分 染色 滲蠟 埋蠟 切片，  
溶蠟後分別染多醣類及蛋白質檢測其是否存在。

- 結果：
- 1、捕蟲袋的蓋子上檢測出多醣類和蛋白質 猜測可能與有一些昆蟲會停留在蓋子上吸食有關。
  - 2、頸部向內捲曲的部分檢測出多醣類，但沒有發現蛋白質 可以說明昆蟲停留在環頸部時，總是停留在環頸部內側吸食的觀察。
  - 3、液面上下部分皆檢測出分泌性細胞上有多醣類和蛋白質的存在；分泌性細胞的大小以液面以下部分者較大，但兩者的數量差不多。
  - 4、由染多醣類及蛋白質後的呈色部份集中在分泌性細胞上來看可知：捕蟲袋袋內壁上的分泌性細胞兼具有分泌蛋白質及醣類的功能；而製造的醣類可能與吸引昆蟲前來吸食有關。

圖九



環頸部		
液面以上		
液面以下		
染蛋白質		
100X		400X
蓋子		



#### 四、探討袋內液體對昆蟲是否具有吸引力

實驗七：探討不同情形下的捕蟲袋，捕蟲之情形。

對於其他資料中所提及「...昆蟲不甚跌入而死...」的說法，在平時的觀察中，產生了疑慮及不同的看法：難道有飛翔能力的飛蛾、蚊子、果蠅；動作敏捷的蒼蠅；體型粗大的蟑螂；善牽絲的蜘蛛，都會「不慎跌入」嗎？於是在此作出以下推論：正常的捕蟲袋是正的，那麼「...昆蟲不甚跌入而死.....」可能成立，但是捕蟲袋若是平躺的、且捕有昆蟲、那該如何解釋？

方法：取三只平躺、三只正立、袋齡分別相同的捕蟲袋，濾掉袋內昆蟲屍體後，觀察其三週內的捕蟲情形。



結果：平躺三齡袋 C 的傾斜角度較大、有大部分袋內液體流失(原有 51mm 袋內液體者，一經平躺，液面降至 1mm)，故所捕的昆蟲極少，但共同的結果是：平躺的捕蟲袋也可捕蟲，表示昆蟲的進入與袋內液體有關

表 7

捕蟲袋袋齡	二齡袋		三齡袋 A		三齡袋 B	
	正立	平躺	正立	平躺	正立	平躺
捕蟲數	56 隻	6 隻	125 隻	9 隻	78 隻	5 隻
袋內液面高度	32mm	3mm	51mm	3mm	42mm	1mm

圖十：平躺三齡袋 A(左)、平躺三齡袋 B(右)



#### 實驗八：探討剪去環頸部後是否還能吸引昆蟲

方法：將三只捕蟲袋的環頸部剪去，並濾掉袋內液體中之昆蟲後，兩週後檢查  
結果

結果：昆蟲並非由環頸部跌入而死，失去了環頸部，捕蟲袋依然具備捕蟲能力！

表 8

捕蟲袋編號	A	B	C	D(有環頸部)
捕蟲數(隻)	20	19	32	35

#### 實驗九：比較袋內液體、水、糖水、環頸部、袋內壁部分對昆蟲的吸引力

方法：將袋內液體、水、糖水、取下之環頸部、捕蟲袋內壁部分，置於容器中；個別作實驗後，再分組實驗，檢驗它們對昆蟲吸引力的大小關係。

結果：1.袋內液體、水、糖水、環頸部、袋內壁部分單獨實驗

吸引力→ 糖水>袋內液體>袋內壁>環頸部分>水

表 9

物質	袋內液體	水	糖水	環頸部分	袋內壁

實驗七次後，平均一天的吸引情形	吸引約 20 隻螞蟻、2 隻果蠅、1 隻蚊子	3 隻螞蟻前來喝水	吸引約 30 隻螞蟻及 1 隻果蠅	吸引約 10 隻螞蟻	吸引 10 隻螞蟻、4 隻蚊子
-----------------	------------------------	-----------	-------------------	------------	-----------------

2.袋內液體、水、糖水、環頸部、袋內壁部分兩兩實驗：

將不等式整理後得到結果：糖水>袋內液體>袋內壁>環頸部分>水

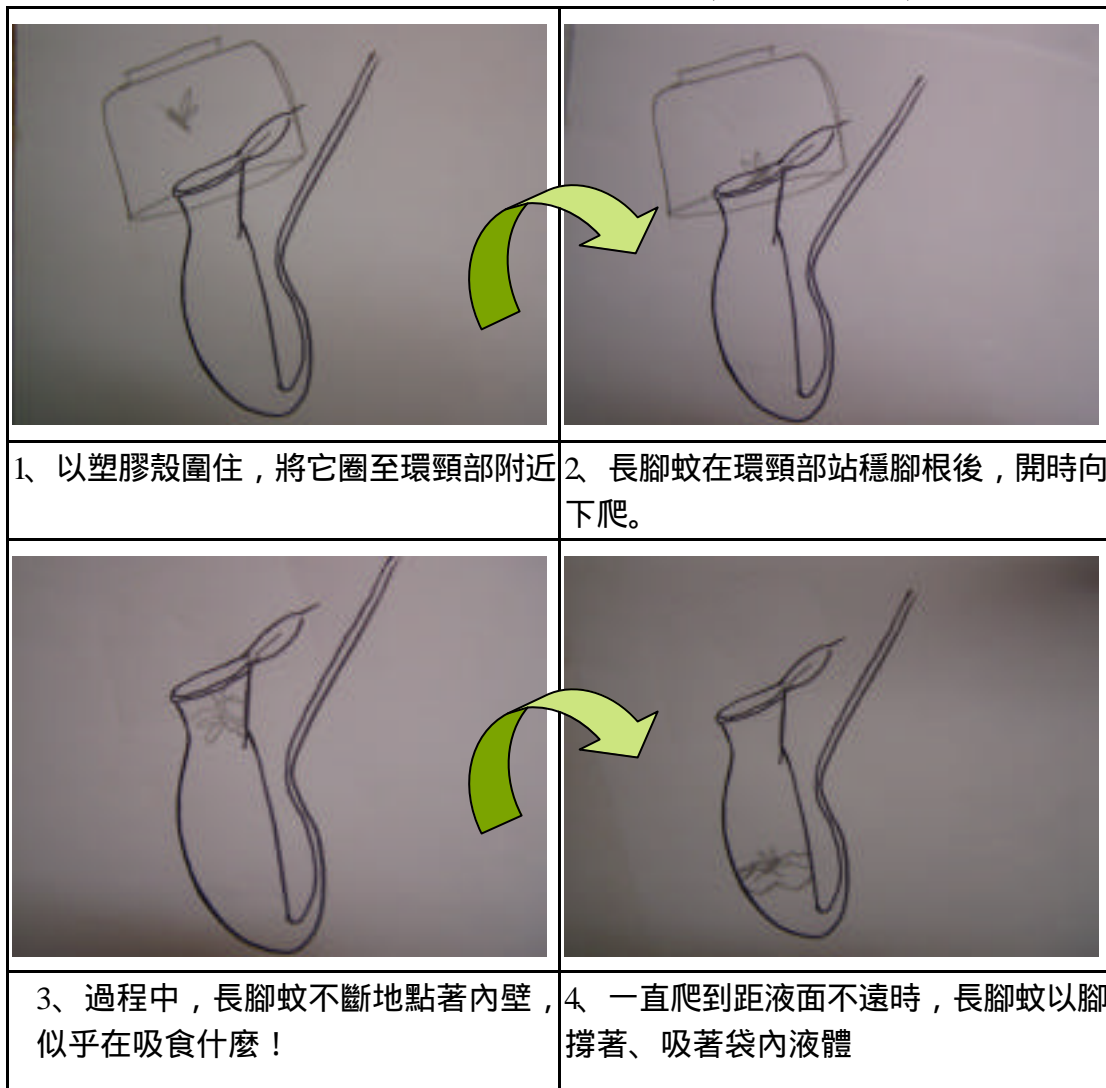
結論：在捕蟲袋中各部位對動物之吸引力為：袋內液體>袋內壁>環頸部分，我推測動物就是受到環頸部分、袋內壁、袋內液體漸強的吸引力影響，一步步邁向死亡！

實驗十：比較昆蟲在捕蟲袋各部位的停留時間

方法：取 20 隻螞蟻、1 隻長腳蚊、5 隻蚊子，小心地放至捕蟲袋外圍，避免直接掉入或人為推趕，並以放大鏡凝神觀察。

結果：

圖十一：取長腳蚊 1 隻、蚊子 5 隻；1 次實驗 1 隻(以免不易控制)，共 6 次。



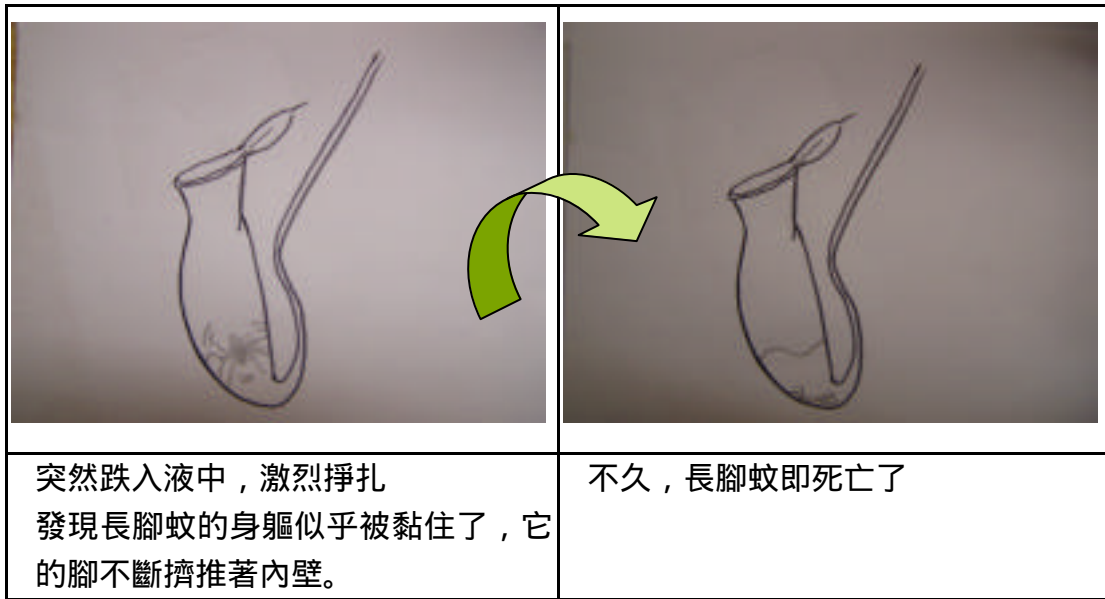
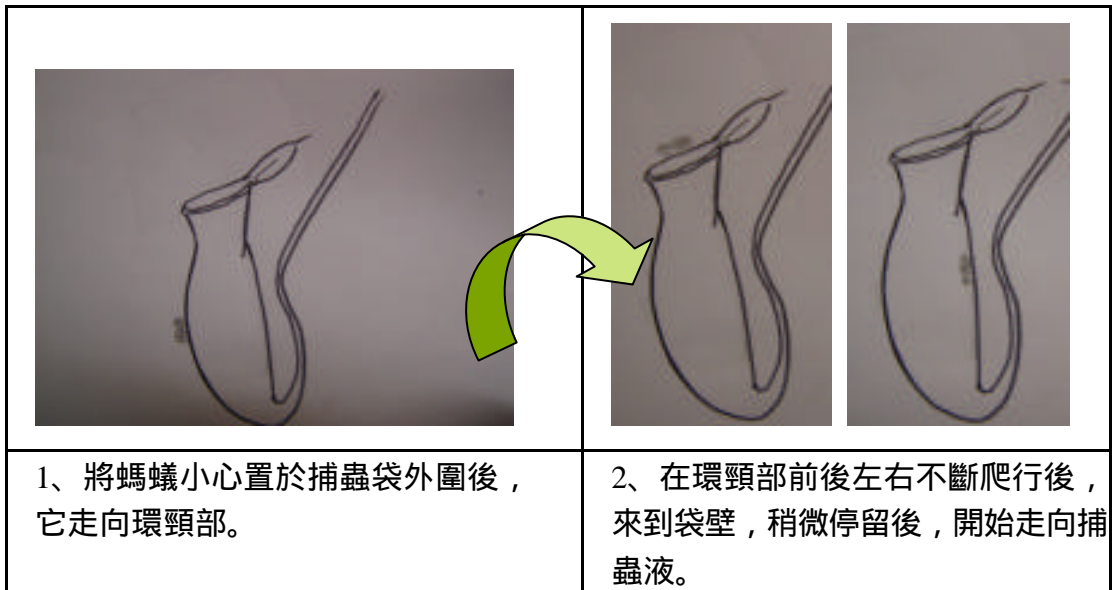
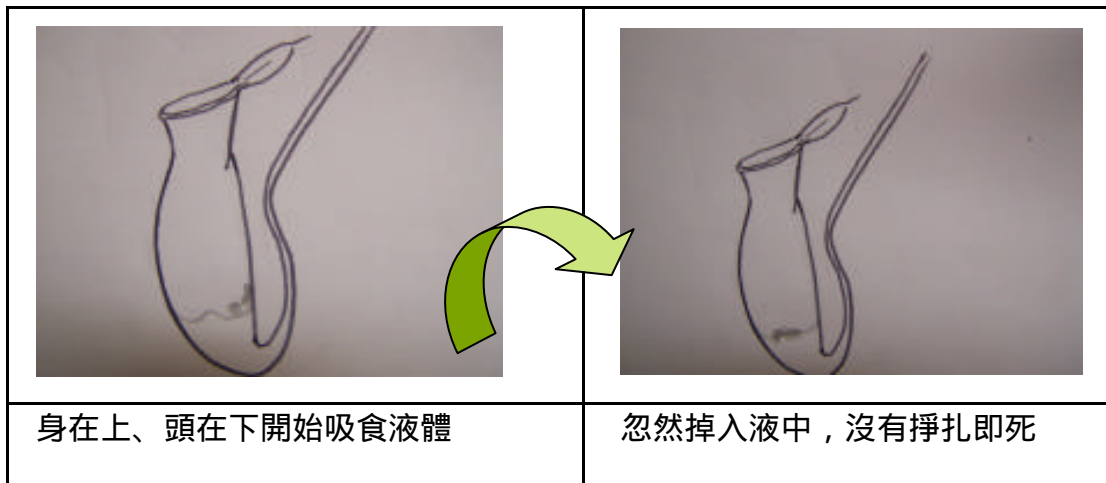


表 10：蟲在捕蟲袋各部位的停留時間(秒)

	環頸部	袋內壁(未浸水)	袋底(吸食液體)	跌入~死亡
一	19	20	90	180
二	19	21	170	164
三	0	22	160	153
四	17	20	151	177
五	20	25	62	186
六	15	24	123	152
平均	18	24	168	168

圖十二：取 20 隻螞蟻作實驗 (共作 20 次)





二十次實驗大致相同：螞蟻站在環頸部上來回爬行 經過捕蟲袋內壁，稍微停留後，來到捕蟲液邊 吸食後不久 跌入液中，沒有掙扎即死亡。

表 11：螞蟻在捕蟲袋不同部位的平均停留時間(秒)

環頸部	捕蟲袋內壁	捕蟲袋底部(袋內液體處)
8	15	60



圖十三：死於袋中的長腳蚊及數隻螞蟻

結論：

- 1、從螞蟻在環頸部上活動、而沒有跌入的情形可知：環頸部不會使在上方行走的動物跌入。
- 2、從長腳蚊在內壁吸食、沾點的情形可知：袋內壁應有蜜腺或是分泌性細胞製造某種物質吸引昆蟲進入。
- 3、從長腳蚊能安穩地在內壁行走可知：袋內壁不會使昆蟲滑入
- 4、從螞蟻與長腳蚊吸食袋內液體的情形(停留時間)來看可知：袋內液體比袋壁等其他部位更具吸引力。
- 5、從螞蟻與長腳蚊吸食液體後，均停留一段時間後才墜入可以推知：它們的生理正進行某些變化，才致使它們跌入。
- 6、螞蟻與長腳蚊跌入黏稠的液體中後，均不易掙脫，可見袋內液體有防止昆蟲再逃脫的功能。

- 7、綜合 5、6、與實驗十一“取出袋內液體，觀察昆蟲跌入情形”的實驗結果非常符合！
- 8、環頸部、袋壁、袋內液體對動物都具有一定的吸引力，其關係可由實驗過程中發現是：袋內液體 > 袋壁 > 環頸部(從昆蟲停留時間判斷)；層層的吸引，使昆蟲由環頸部 袋壁 袋內液體，一步一步走向死亡！\_

### 實驗十一：袋內液體對動物的影響

方法：

- 1、材料：6 隻紅眼果蠅、6 隻螞蟻、1 隻小型蟑螂、1 隻大型蟑螂、1 隻蜘蛛、1 隻蜜蜂、2 隻蚊子(材料的選擇是出於取材方便)
- 2、取 10 毫升袋內液體及水，分別置於塑膠殼中，觀察它們的活動情形

結果：

表 12

動物	實驗情形 (盛裝袋內液體之塑膠殼)
果蠅	飛翔一段時間後，漸漸移往液體邊，很快地跌入(時間不到 10 秒)，後來不斷在水中激烈掙扎，雖然它試圖上岸，仍無法成功；1 分鐘左右死去。連續對六隻實驗後，結果都相同。
螞蟻	置入容器中後，一樣漸漸移往液體邊後，很快地跌入，沒幾秒鐘(時間不到 5 秒)便死去了。連續對六隻實驗後，結果都相同。
小型蟑螂	置入容器中約 5 分鐘後，它爬向液體邊，喝了幾口便突然跌入，經過一番掙扎後將它救起，不久便恢復活力。
大型蟑螂	置入容器中後，可能因為需要一些時間適應環境、平穩心情，兩個多小時才進行第一次沾點；再一個小時後，第二次沾點，但休息不到 3 秒，便忽然向後栽進水中、激烈掙扎！一段時間後將它救起，不久便恢復活力。
蜜蜂	置入容器中時，便立刻進行第一次沾點(10 秒)，經過將近 15 次沾點後，發現蜂有行走緩慢、搖晃、傾斜、不穩的現象，並且開始頻頻落水(約 10 次)，最後奄奄一息，再也爬不上來，一段時間後將它救起。
蜘蛛	置入容器中後，便開始吸食液體；約 10 分鐘後，突然自頂端垂直跌入，經過少時的掙扎，它已奄奄一息；救起後不久便恢復活力。
蚊子	飛翔一段時間後(15 分鐘)，開始吸食液體；幾次後突然落水，並且不斷掙扎，很快地死去。連續對兩隻實驗後，結果都相同。

表 13

動物	實驗情形 (盛水之塑膠殼)
果蠅、螞蟻、蟑螂、蜂、蜘蛛	都曾下水沾點，但無特別反應。

結論：

- 1、不同動物跌入的時間不同，可能跟個體的大小、吸食液體的量有關。
- 2、將跌入的動物以外力救起後，便沒有死亡的危險了，可見液體並不類似毒藥，吸食了便難逃一死。
- 3、內置水的塑膠殼，並不會使昆蟲跌入，一來證明了昆蟲的跌入與袋內液體有關，二來也證實了不是因為塑膠殼太滑，才使它們跌入的。
- 4、使用普通的塑膠容器置袋內液體，同樣能吸引昆蟲吸食、跌入、死亡，表示應和環頸部無關、與袋內液體有關！可能在吸食液體或吸入袋內液體之氣味後，產生了暈眩、麻痺、意識不清的情況而跌入。

#### 實驗十二：測袋內液體的 pH 值

方法：將廣用試紙分別置於水及袋內液體中，觀察其中的變化。

結果：測得水為中性，pH 值=7.0；袋內液體為酸性，pH 值=4.0

#### 實驗十三：檢測有無醣類存在

由實驗十一，動物吸食袋內液體後的反應推測袋內液體可能含有的成分有：

- 1、能夠吸引螞蟻及果蠅等愛好甜食動物的糖類，於是選取最易取得的葡萄糖來作實驗
- 2、若袋內液體含有糖類物質，當它發酵時，可能產生使動物昏醉的酒精

方法(一)：利用本氏液測定葡萄糖是否存在。將袋內液體加熱蒸去部分水分剩至 15 毫升後、連同 15 毫升葡萄糖和 15 毫升水，分別加入 5 毫升本氏液加熱 60 分鐘後，觀察顏色的變化。

方法(二)：利用血糖測定器檢測葡萄糖是否存在（由於此儀器專門用來檢測微量的葡萄糖，故而一試）。取袋內液體各 10um 測定器中檢測。

方法(三)：利用醣類分析儀檢測袋內液體是否有醣類存在

結果：1.本氏液不變色

2.袋內液體不含葡萄糖

3.我的實驗過程中是利用填充有陰離子交換樹脂的管柱進行檢測，但此管柱只能與標準品比較並判斷胺基酸及單醣種類，結果測不出有單醣的存在，未來將進一步檢測是否有其他型式的醣類存在。

#### 實驗十四：檢測有無能吸引昆蟲的揮發性物質存在(如：酒精、醇類等)

方法：利用 GC-MASS，取 3 毫升的袋內液體並加 10 毫升的水，以 10 毫升氯仿 (Chloroform)進行兩次的分離之後，分出可能溶有醣類或鹽類的水層（水層在實驗十三已用醣類分析儀檢測），及含有一些具揮發性氣體的 Chloroform 層 以 GC 做精密分析。

結果：沒有檢測到明顯的揮發性物質

## 柒、討論、結論與應用

### 1、參考資料與實驗結果之比較

參考資料	描述	實驗驗證	
1	昆蟲常被吸引來到瓶口，袋內頸部覆有蠟質，極滑不沾水，昆蟲致此跌入瓶底。	動物是受到捕蟲袋環頸部分、袋內壁、袋內液體層層吸引而進入捕蟲袋，並非因環頸部上的蠟質而滑入；在吸食了袋內液體後，動物的生理產生了一些變化，可能是暈眩、麻痺、意識不清，使它們最後跌入袋內液體中溺斃。	
2	袋口環和蓋子可能含有誘引物，誘使螞蟻徘徊於此，若螞蟻一不小心，便會失足滑落，很難再爬上來。		
5	豬籠草瓶上的顏色有吸引力、且袋壁有鮮果香味的蜜汁，動物一受吸引踏上環頸部時，就滑入袋底了。		
9	捕蟲袋的葉內有溜滑的蠟，動物進入後便立即滑入袋底而死。		
25	瓶內有汁液誘捕昆蟲，誤墜其中者即被消化吸收		
26	蓋口會分泌甜甜滑滑的液體吸引小昆蟲，蟲子靠近豬籠草的蓋口，一不小心就會滑進籠子裡，消化個三到五天。		
27	囊裡藏有蜜香的黏液，當嘴饞的動物爬進時，一骨碌掉進金籠裡，再也無法爬上來。		
23	1、蟲兒跌入後.... 2、豬籠草捕蟲囊壁發出木材香味，引誘白蟻入囊後，囊蓋閉合，囊底分泌消化液分解之		一、由觀察可以知道：豬籠草的蓋子打開了之後就再也不會蓋上了。 二、袋內液體在豬籠草開蓋前(一齡袋)時即存在了，並非動物進入後才分泌。
24	內壁和邊緣有飽滿的蜜汁，對昆蟲有極強的吸引力，而且邊緣十分光滑，因此昆蟲很容易受騙上當而滑進去。一旦有獵物掉進小籠子，它便會自動合上小籠子的蓋子，把昆蟲關在裡面，然後迅速分泌出消化液，只須幾小時小昆蟲就會變成一堆殘骸，然後再打開蓋子。		
4	當被吸引前來的動物進入捕蟲袋吸食花蜜時，捕蟲袋立即蓋上蓋，阻止昆蟲逃出。		

2、由於自己本身知識能力尚嫌不足、精密儀器的借用不易、時間不足等因素，有許多方面的實驗無法達到預期的目標，如：袋內液體的確實成分究竟是什麼？是否含有足以吸引昆蟲接近的醣類？以本氏液及血糖測定器來檢測葡萄糖，結果顯示不含有葡萄糖；以測定單醣的醣類分析儀分析後，結果也顯示不含單醣，是袋內液體的醣類含量濃度太低？或是它們以其他醣類形式存在呢？還是袋內液體中的醣類已發酵成為酒精了？GC-MASS 氣相層析後的結果亦無顯示有揮發性氣體的存在，是因為它們已揮發殆盡了？還是有其他的原因？這就是我往後要繼續努力的。

3、至於豬籠草是否能用於日常生活中，我從五年的栽種經驗中找到了些線索！我發現在豬籠草栽培區周圍植物的病蟲害特別少！於是我做了一個簡單的後續實驗：把小白菜分別栽種在沒有豬籠草及掛滿豬籠草的兩個環境中，觀察它們的生

長情形；兩個月後發現，在豬籠草圍繞下的小白菜幾乎沒有病蟲害，而另一處的小白菜則慘遭蟲吻，我推測接近它們的菜蟲都被豬籠草吸引去了！

圖十四



這真是一個有趣的現象！未來若有機會將此一發現擴大至農業方面，期望能達到蔬果無農藥、無蟲害的理想目標！研究是無止境的，只要疑問存在我心，我就會一直朝這條路前進。

## 捌、參考文獻及其他

### (一)科展作品

- 1、高雄市立中正國民中學國中組生物科科展第三名作品『致命的吸引力 豬籠草的捕蟲袋』
- 2、科展作品『捕蟲專家---豬籠草之研究』

### (二)書籍資料

- 3、自然界奇觀 (Our Amazing World of Nature)  
出版商：讀者文摘、遠東有限公司；頁數：P.99、P.100
- 4、奇趣的生物界 出版商：金藏書籍編輯部輯；頁數：P.157
- 5、珍奇的植物界 頁數：P.138、P.139
- 6、植物奇觀 作者：何豐吉；出版商：華大；出版日期：1977(民 66)



- 7、植物奇觀 作者：楊平世、馮鵬年；出版商：正中書局；頁數：P.61
- 8、植物奇談 作者：鄭元春；出版商：臺灣省立博物館；出版日期：1994(民83)；頁數：P.102、P126
- 9、植物趣談 作者：鄭元春；出版商：臺灣省立博物館；出版日期：1988(民77)集叢：臺灣省立博物館自然科學通俗讀物
- 10 植物世界的探索 發行人：林春輝；出版商：光復書局；頁數：P.18、P19
- 11 綠色資產 作者：赫胥黎(Huxley, Anthony Julian, 1920-)著 劉德祥譯  
出版商：大樹文化；出版日期：1997[民86]；集叢：自然生活情報系列7；  
頁數：P.18、P19

(三)網路資料

- 12、 <http://www.cp-essay.com/> 食蟲植物記
- 13、 <http://www.carnivorousplants.org/> 國際食蟲植物協
- 14、 <http://www.exoticaplants.com/> **Exotica Plants.com**
- 15、 [http://www2.labs.agilent.com/bot/cp\\_home](http://www2.labs.agilent.com/bot/cp_home)
- 16、 [http://plaza27.mbn.or.jp/%7ENepenthes\\_hybrid/](http://plaza27.mbn.or.jp/%7ENepenthes_hybrid/)
- 17、 <http://www.edit.ne.jp/%7Eterroosa/index.html>
- Carnivorous Plants Visual Dictionary**
- 18、 <http://www.donature.com/work/ReadNews.asp?NewsID=45> 大自然探索
- 19 <http://home.pi.be/nepenthes/> **Early history of CP illustration and description**
- 20、 <http://www.dab.hi-ho.ne.jp/jips/> **CpFaq/faq.html 食虫植物 FAQ 日本語版**
- 21、 <http://www.pitcherplant.org/> **Meadowview Biological Research Station**11、  
<http://www.sarracenia.com/faq.html> **The Carnivorous Plant FAQ**12、  
<http://www.cpjungle.com/> **The CP Jungle**
- 22、 <http://www.malesiana.com/html/home.htm> **Malesiana Tropicals**
- 23? <http://yam.udn.com/yamnews/daily/1886728.shtml> 2004/03/09 簡慧珍撰
- 24、 <http://www.kepu.com.cn/gb/lives/banna/orchistree/orc02.html>  
植物吃動物——豬籠草 (Nepenthes mirabilis (Lour.) Druce
- 25、 <http://www.geocities.com/liwaion/w960716.htm>
- 26、 <http://www.mama123.com/e/ee/ee0204/ee02040201.php3>
- 27、 [http://www.chinagreen.gov.cn/hhyy/hhy/hhy\\_a12.htm](http://www.chinagreen.gov.cn/hhyy/hhy/hhy_a12.htm)