

致命的吸引力

——豬籠草的捕蟲袋

國中組生物科第三名

高雄市立中正國民中學

作者：林哲民、戴逸承、蔡坤宏、鄭凱仁

指導教師：葉阿保、潘致強

一、研究動機

在花市的一角，我們發現了豬籠草這種葉子尖端特化出袋子的奇特植物。仔細地觀察袋子內，竟然裝有許多液體與蜂、蛾、蚊、蟻等昆蟲的屍體。記得以前上生物課時，老師也曾經在有關“植物的感應”提過類似的許多“食蟲植物”如毛氈苔、捕蠅草、瓶子草等。正所謂「虫吃草，不稀奇。草吃虫，才怪異」。豬籠草的捕虫袋到底存在著什麼奧秘？我們很想研究探討，一定很有趣。

二、研究目的

- (一)了解豬籠草的生長環境。
- (二)了解豬籠草的基本構造。
- (三)對於捕虫袋底部構造功能探討。
- (四)對於捕虫袋頸部構造功能探討。
- (五)對於捕虫袋口部構造功能探討。

三、研究設備器材

顯微攝影器材、顯微鏡、解剖器材、玻片、溫度計、濕度計，PH meter，測微尺、放大鏡、培養皿、250mL錐形瓶、試管、底片盒、大垃圾桶、解剖顯微鏡、凡士林、碼表、天平、10mL量筒、紅工蟻、豬籠草盆栽數盆等。

四、研究方法與過程

- (一)了解豬籠草的生長環境：
 - 1.尋找參考資料和詢問園藝、花卉栽植者，以對豬籠草有基本認知，便於在實驗過程中對植株作妥善的培植並對發生的問題做合理的假設。

- 2.就種類而言，全世界約有四百多種食虫植物。其中豬籠草約有八十多種，分類上屬於豬籠草科（Nepenthsceae）；豬籠草屬（Nepenthes）。豬籠草種間易雜交，經扦插、壓條、播種等法繁殖，雜交後仍帶有生殖力。
- 3.就分佈而言，主產於東南亞與澳洲，生活環境高溫多濕。臺灣本地並無野生種，所以一般栽植多來自雜交，產地以臺中、南投低海拔山區為主。市售種類往往依捕虫袋的大小外觀在價格上有極大差異。基於成本考量，我們選用的植株價格約在150~180元間。為瓶狀葉種(N.phyllamphora)。
- 4.根據廠商建議，將豬籠草培植於下列環境中：

要 點	說 明	目 的
地 點	實驗室內窗戶旁	避免強烈日照
放 置	置於大垃圾桶內，每桶2盆，稍加蓋	便於掌控溫濕度
溫濕度	溫度：22度~28度 濕度：50%~70%	避免低溫乾燥
照 料	每日澆水於植株底部早晚一次，且不施以任何肥料。	
編 號	觀察組：1~5號 解剖實驗組：6~25號	

(二)了解豬籠草的基本構造：

甲、植株的巨觀外型：

- 1.雙子葉，多年生草本。莖柔弱，故常藉葉攀緣或附生。園藝種為美觀起見多以鐵絲加以支撐。葉互生，末端特化成螺旋狀捲鬚，在捲鬚末端常接有一捕虫袋，捕虫袋間隔分佈於下層葉，上層葉常付之闕如，一般每一植株約有5~7個捕虫袋，一旦捕虫袋被剪除，40天內並無再生跡象出現，但隨著下層捕虫袋的老化與死亡，上層葉能再形成捕虫袋。
- 2.捕虫袋呈瓶狀，具蓋子，但蓋子並無法蓋上，分析我們所擁有的捕虫袋（即將解剖者共10盆，63袋）以對其發育過程有所認識，並加以歸類以利研究。（約略如下）

種 類	數量	特 色
未熟袋	4	捲鬚末端稍有膨大，呈暗褐色，壓擠則有黃色汁流出
一齡袋	7	已有膨大外型，但蓋子尚未打開，若打開內有澄清液
二齡袋	29	呈青綠色，共發現26隻昆蟲
三齡袋	18	袋頸部略呈黃紅色，共發現34隻昆蟲
老化袋	9	袋口袋頸部已老化枯萎，共發現39隻昆蟲

※·袋口頸部易黃化與枯萎，而袋底仍保持綠色。

※·分析所發現的99隻昆蟲：雙翅目 17隻———蠅、蚊…等。

膜翅目 32隻———蜂、蟻…等。

其他 50隻———蛾………等。

3.成熟的捕虫袋內有液體，清澈和一般水似無差異。死亡的昆蟲常外似被膜狀物包裹。對捕虫袋做詳細地觀察，可發現許多奇特構造：

(1)袋口部有膨大環常是螞蟻駐足處。

(2)袋外壁上被有褐色之細小毛狀物。

(3)袋內底部壁上均勻密佈許多深綠或褐色小顆粒。

(4)袋內頸部壁上塗有似臘質之白色物，不沾水，且螞蟻很難在上面爬行。

(5)利用解剖顯微鏡，仔細觀察昆蟲屍體的膜狀物，可發現內含許多絲狀之綠藻類，與不透明物。

乙、捕虫袋的微觀構造：

1.爲了進一步了解捕虫袋的構造，我們將袋子區分成幾個部份以做系統觀察。

(1)袋口部膨大環。

(2)蓋內表皮。

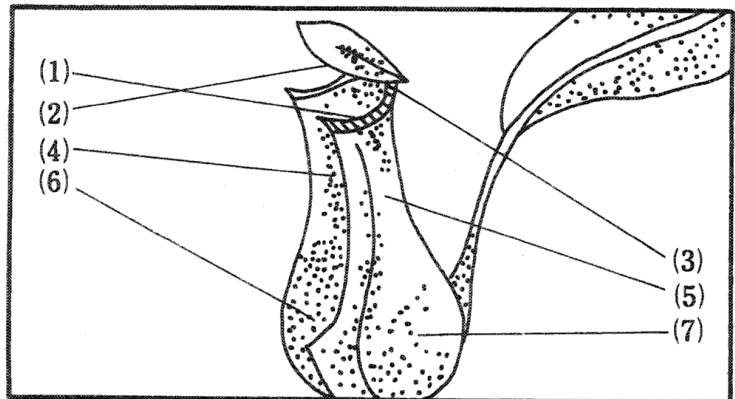
(3)蓋外表皮。

(4)袋內頸部表皮。

(5)袋外頸部表皮。

(6)袋內底部表皮。

(7)袋外底部表皮。



@·圖右：捕虫袋的解剖分區圖。

2.取用不同齡層之捕虫袋，將上述七部份均做成表皮切片，利用顯微鏡與解剖顯微鏡加以觀察並記錄下來製表分析。（見表一）

※基於我們所能利用的捕虫袋數有限和(一)、(二)項所得資料，接下去(三)、(四)、(五)項探討均以二、三齡袋爲主。

(三)對於捕虫袋底部構造功能探討：

1.袋內液體基本分析：（和雨水、自來水、唾液、乙醚等液體比較）

(1)PH值測試：隨機取10袋樣本，倒出袋內液體於底片盒中，利用PH meter依次測試並求平均值。

(2)生物感應測試：隨機取10袋樣本，用滴管吸取袋內液2~3滴於培養皿中央，輕取等大小之紅工蟻5隻依次放入水滴中，計算爬

至皿緣時間並觀察復原情形。(以同法測試雨水、自來水、唾液、乙醚之結果做比較)

(3)消化功能測試：分別秤取熟蛋白、肉部油脂、飯粒團各1克，一起丟入隨機10袋樣本，連續五天取出測重，觀察重量變化，對照組則為試管內裝入等量逆滲透水，放置於相同狀況以為比較。

(4)酵素測試(蛋白質)：收集未含昆蟲屍體的袋內液體共10mL：

勺取5mL液體隔水加熱10分鐘。

勺取5mL液體2mLTCA(trichloroacetic acid)試劑，混勻。

勺取5mL清水當對照組。

2.袋底細胞團之功用分析：(袋底細胞團就切片觀察和維管束似乎有關連)

※從分佈部位和構造聯想，做以下假設：

(1)消化功能：隨機取20袋樣本，分四組，每組五袋。

勺先倒出袋內液體，袋底用棉花棒塗上凡士林，再倒回。

勺先倒出袋內液體，隔水加熱10分鐘，再倒回。

勺先倒出袋內液體，袋底用棉花棒塗上凡士林，袋內液體用90度水溫熱10分鐘，再倒回。

勺對照組(不做處理的捕蟲袋)

秤取3塊1克熟蛋白團之泡水重後，丟入捕蟲袋中，五天後取出測重，觀察重量變化。

(2)吸收功能：將紅色液體倒入5個捕蟲袋內，每10分鐘取出一個做切片觀察。

(3)泌液功能：隨機取15袋樣本，分三組，每組五袋，倒去袋內液體。

勺倒去袋內液體，再用保鮮膜封住袋口。

勺倒去袋內液體，袋底壁上用棉花棒塗上凡士林，再用保鮮膜封住袋口。

勺對照組(先倒光袋內液體)。

五天後測袋內液體體積。

(四)對於捕蟲袋頸部構造功能探討：

※根據基本構造探討，我們已知袋內頸部壁上塗有似臘質之白色物，不沾水，且螞蟻很難在上面爬行。針對此點，設計實驗加以數據化說明。

(※)生物滑落功能：1.從袋口依次量取2，3，4，5cm之袋頸，將之剪下固定於土中，袋頸內置10隻等大小之紅工蟻，2分鐘後計算爬出隻數，並重複三次。

2.方法同1.，但將頸部臘質刮去。

(五)對於捕虫袋口部構造功能探討：

※根據基本構造探討，我們已知袋口部有膨大環常是螞蟻駐足處。袋口部是否存在誘引物質，針對此點，設計實驗加以數據化說明。

1.嗅覺誘引功能：取八株豬籠草，各取三個袋子，將其袋口各做如下處置：

(1)剪去袋口環

(2)前去蓋子

(3)剪去袋口環和蓋子

(4)在袋口環部，塗上凡士林

(5)在蓋子處，塗上凡士林

(6)在袋口環部，塗上葡萄糖

(7)在蓋子處，塗上葡萄糖

(8)對照組

在植株底部各倒入25隻等大小之紅工蟻，三日後統計掉入隻數

2.視覺誘引功能：利用紫外線底片攝影，觀察捕虫袋在昆蟲紫外線視覺下，和肉眼所見有何不同。

五、結果與分析

(一)根據觀察到的豬籠草顯微構造，將之列表如下並做分析

表一：捕虫袋表面的特殊顯微構造

名稱 \ 特色	位置分佈	形態, 顏色	直徑大小	說明
袋內細胞團	僅分佈於袋內底部	圓形細胞團 深綠或褐色	直徑約 0.1mm	凹陷於袋內壁中, 由10~20個細胞組成, 且位於維管束分佈路線上。分佈均勻 (49粒 / 40X視野範圍)
外壁褐色毛	分佈袋外壁與捲鬚上	褐色	長度約 0.5mm~2mm	由三個細胞組成、壁厚尖端細胞細長, 但長度差異大 (9根 / 100X視野範圍)
黃褐色顆粒	葉子上下表皮捲鬚與袋外	黃褐色	直徑約 0.07mm	在400X下看來中間有一圓形構造 (8個 / 100X視野範圍)
氣孔	葉下表皮與袋外壁	靠氣孔的內面細胞壁加厚、呈綠色	直徑約 0.02mm	袋外表皮, 氣孔多 (20個 / 100X下視野範圍) 袋內表皮, 無氣孔

分析：(1)袋內細胞團凹陷於袋內壁中，捕虫袋齡層越輕，袋內細胞團越綠，反之則越呈褐色或深褐色。又因此細胞團位於維管束分佈於維管束分佈路線上，故推測和植物體內物質運輸有關。

(2)外壁褐色毛倒生於袋外壁與捲鬚上，若昆蟲往袋底方向爬行，則或許對此構造有刺激之作用。

(3)袋外表皮氣孔多而袋內表皮無氣孔，故可知袋外為下表皮。

(4)袋口部膨大環有規則凹凸之構造。

(二)袋內液體PH值測試結果

表二：袋內液體PH值測試結果

袋號	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	平均
PH值	6.12	5.82	5.22	5.70	5.70	5.42	5.90	5.76	5.80	5.45	5.689

表三：各種不同液體
PH值比較表

項目	PH值範圍
一般雨水	4.23~6.52
高市自來水	5.50~6.80
唾液	7.20~7.80
胃液	約2
乙醚	約7

分析：1.袋內液體平均PH值：5.689，呈弱酸性。

2.比較不同種類的液體，我們發覺並不如一般書籍所描述地似胃酸般地酸，而和一般自來水、雨水等較為相近。故推測澆水、下雨等可能是來源之一。但也不排除來自植株本體之分泌之可能性。

(三)袋內液體生物感應測試結果

表四：不同測試液螞蟻逃脫時間

袋 號	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	平 均
自來水	11.2	10.8	9.9	9.6	9.4	11.0	10.2	10.5	9.2	8.5	10.03
雨 水	12.1	10.8	11.0	9.8	11.1	13.2	12.8	12.5	10.2	10.0	12.35
袋內液體	15.2	14.3	14.2	13.2	14.4	10.5	13.2	12.2	15.0	12.4	13.46
唾 液	22.0	17.5	14.2	18.5	17.6	17.6	15.2	19.0	20.0	21.2	18.28
乙 醚	40.0	38.5	35.6	29.2	32.4	34.2	34.2	35.1	35.3	34.2	34.87

分析：1.計算螞蟻的爬至培養皿緣的平均時間，可發覺袋內液體較一般自來水更不易逃脫。

2.觀察螞蟻逃脫情形，可發覺袋內液體稍有黏滯性。和唾液、乙醚相同，螞蟻會不斷用腳撥動觸角，有的甚至死亡。在自來水此種情形較少。

(四)袋內液體食物分解功能測試結果

表五：袋內液體對不同食物分解功能測試結果

(實驗組)		第一天	第二天	第三天	第四天	第五天	(對照組)		第一天	第二天	第三天	第四天	第五天
袋內液體	熟蛋白	1g	1.5g	1.1g	0.6g	0.4g	逆滲透水	熟蛋白	1g	1.7g	1.5g	1.4g	1.2g
	肥豬肉	1g	1.3g	1.2g	1.2g	1.1g		肥豬肉	1g	1.3g	1.1g	1.1g	1.1g
	飯 粒	1g	1.9g	1.7g	1.5g	1.2g		飯 粒	1g	2.1g	1.8g	1.6g	1.5g

分析：1.袋內液體對食物的分解力：蛋白質>肥豬肉>飯粒。

2.逆滲透水對食物的分解力：肥豬肉>蛋白質>飯粒。

3.可能因食物大量吸水故第二天質量均增加，且飯粒易吸水故和原先之預測是肥豬肉較難分解的結果，有所差異，一般書籍（參2.）則認為分解力大小為：蛋白質>澱粉>脂質。

4.由實驗結果發現蛋白質分解力似較佳。

5.五天後觀察二組之液體，發現袋內液體較為清澈。故推測可能有吸收作用在袋內進行。

6.觀察食物的消化，並未在食物的表面發現如昆蟲屍體般的包膜：

(五)袋內液體酵素測試結果

分析：1.袋內液體隔水加熱後產生白濁現象。

2.袋內液體加TCA處理後也產生白濁現象。

3.故推測未有昆蟲屍體的袋內液體中已含有蛋白質，此種蛋白質可能為酵素。

(六)袋底細胞團消化功能測試結果

表六、袋底細胞團消化功能測試結果

袋號	1	2	3	4	5	平均
ㄅ組	2.7	2.4	2.6	3.2	2.1	2.6
ㄆ組	2.4	2.8	2.5	2.3	2.0	2.4
ㄇ組	3.6	3.2	3.7	3.0	2.9	3.3
ㄏ組	1.7	2.2	1.7	1.6	1.8	1.8

(單位：g)

註：ㄅ先倒出袋內液體，袋底用棉花棒塗上凡士林，再倒回。

ㄆ先倒出袋內液體，隔水加熱10分鐘，再倒回。

ㄇ先倒出袋內液體，袋底用棉花棒塗上凡士林，袋內液體用90度水溫熱10分鐘，再倒回。

ㄏ對照組(不做處理的捕虫袋)

分析：1.塗上凡士林的目的是在隔絕袋底細胞團分泌物的進入，而隔水加熱則想破壞袋內液體中有消化力的物質。

2.比較ㄅ組(2.6g)、ㄏ組(1.8g)顯示食物分解力減弱，故推測袋底細胞能分泌可分解食物的物質。

3.比較ㄆ組(2.4g)、ㄏ組(1.8g)顯示食物分解力減弱，故推測袋內液體中可分解食物的物質，可能是蛋白質。

(七)袋底細胞團吸收功能測試結果

結果：請參見圖(略)

分析：1.觀察結果發覺袋底細胞團被染成紅色，且時間越久，顏色越深。

2.30分鐘之後，發現維管束亦被染紅，故推測袋底細胞團和維管束相連且可能具有吸收袋內液體中物質的功能。

(八)袋底細胞團泌液功能測試結果

表七、袋底細胞團泌液功能測試結果

袋號	1	2	3	4	5	平均
ㄅ組	3.9	3.6	3.3	3.5	3.2	3.5
ㄆ組	2.4	2.1	2.0	2.1	1.8	2.1
ㄇ組	4.9	4.0	4.0	4.6	3.5	4.2

(單位：mL)

註：ㄅ倒去袋內液體，再用保鮮膜封住袋口。

ㄆ倒去袋內液體，袋底壁上用棉花棒塗上凡士林，再用保鮮膜封住袋口。

ㄇ對照組(先倒光袋內液體)

分析：1. 隔絕袋底細胞團與袋底基部，袋內液體大量減少，推測袋內液體可能來自袋底細胞團之泌液作用。

2. 用保鮮膜封住袋口，可防止濕度所造成之水氣凝集。比較∟、∏組可發現袋內液體可能有部份來自濕度所造成之水氣凝集。

(九) 捕虫袋頸部生物滑落功能測試結果

表八、袋頸滑落功能探討之結果

袋頸長度		第一次	第二次	第三次	平均隻數
未刮去臘質	2cm	9	9	10	9.3
	3cm	10	7	9	8.7
	4cm	5	6	6	5.7
	5cm	4	2	3	3.0

袋頸長度		第一次	第二次	第三次	平均隻數
刮去臘質	2cm	8	10	9	9.0
	3cm	10	8	7	8.3
	4cm	8	7	8	7.6
	5cm	7	5	6	6.0

(單位：隻)

分析：1. 4cm以上之袋頸長對螞蟻的滑落已有顯著效果。

2. 4cm以上之袋頸刮去臘質，螞蟻爬出機會比未刮組大。故臘質確實有防止螞蟻爬出之功能。

3. 本園藝種袋頸長度多在5cm左右。

(十) 捕虫袋口部生物誘引功能測試結果

表九、不同處理後之捕虫袋捕食結果(分十株、每株3個捕虫袋)

袋號	第1株	第2株	第3株	第4株	第5株	第6株	第7株	第8株
1	3	2	0	1*	1	3	5	7**
2	0	3	3	2	4	4	2	1
3	1*	1	0	2	2	5**	3	2
合計	4	6	3	5	7	12	10	10

(單位：隻)

註：1. 第1株：剪去袋口環

第2株：剪去蓋子

第3株：剪去袋口環和蓋子

第4株：在袋口環部，塗上凡士林

第5株：在蓋子處，塗上凡士林

第6株：在袋口環部，塗上葡萄糖

第7株：在蓋子處，塗上葡萄糖

第8株：對照組

2.※表示有蚊子、蒼蠅等非蟻類昆蟲的出現。

分析：1.比較1.2.3.8.四株，我們發覺袋口環和蓋子有助於對螞蟻的誘引。剪去或隔絕袋口環和蓋子，袋子誘食力下降。

2.比較4.5株與6.7株發覺隔絕袋口環和蓋子的誘引力比起塗上葡萄糖袋的口環和蓋子誘引力有顯著差別。

3.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，很難再爬上來了。

4.蚊子、蒼蠅等非蟻類昆蟲出現於袋內，有可能是爲了喝水而不小心跌落淹死。

六、討論與結論

(一)就生長環境而言，豬籠草的原始生長環境多爲高溫多濕，但土壤酸性氮素缺乏之環境。爲了獲得足夠氮元素以合成蛋白質，於是特化出食蟲行爲。雖然一般園藝種栽培時多供給有足夠養分，較爲馴化，可是仍可發現明顯誘蟲行爲。據統計我們的捕蟲袋平均掉入1.89隻昆蟲。其中包含了飛翔性與爬行性之昆蟲。

(二)食蟲植物因生活在氮、磷缺乏之環境中，爲了獲得足夠氮、磷用以合成維持生命所需之蛋白質與礦物質，所以特化出捕蟲機制，以補充氮、磷。據業者表示，豬籠草捕蟲袋的形成有季節性，約在夏末秋初，溫度過低會使捕蟲袋枯萎，故在培植時需特別注意減少氮素供給、維持適當溫度。

(三)豬籠草的捕蟲袋之所以能捕捉昆蟲，必定要有誘捕與消化之機制。其中有幾項較細微構造值得注意。

1.袋底細胞團：(1)在解剖構造上，每個細胞團均有維管束經過。根據吸收功能測試結果，袋底細胞團和維管束均被染紅且根據泌液功能測試結果顯示和袋內液體的增加有關。

(2)用凡士林隔絕袋內壁則食物分解力稍微減弱，所以此構造應和消化有關。

2.外壁褐色毛：由三細胞組成，倒生於袋外壁與捲鬚上，在構造上似多細胞茸毛。應爲腺體，可能和麻醉與誘引有關。

3.黃褐色顆粒：由單細胞組成，廣泛分佈於袋外各處。無法以酒精褪色，所以應非色素粒，可能爲誘引腺體，或有防蟲食之功用。

也有說法認為有儲水與吸水之功能。

4.氣孔：袋外壁多，所以為下表皮。袋內壁少，所以為上表皮。

(四)袋內液體透明澄清，無色無味，實驗發現有數項特色：

1.偏弱酸性。

2.滴在螞蟻身上，發現螞蟻不斷用腳撥動觸角，且較難掙脫，甚至死亡，有點似在酒精和乙醚中之情形，故推測袋內液體黏稠度比一般水來的大，或許也帶有些微麻醉成分。

3.對食物分解力比純水來的強。不同食物分解力大小：蛋白質>澱粉和油脂。加熱後分解力會降低。故推測水中可能存在微生物或酵素可助於食物之分解。

4.袋內液體的可能來源：（可能為雨水、泌液作用、水氣凝集）

(1)用灑水器灑水，我們發現捕虫袋的蓋子可稍微防止水份進入袋內，但仍有部份雨水進入。

(2)解剖未熟袋，袋內已有黃色液體。

(3)在成熟後袋底細胞團便開始分泌的液體。

(4)溼度過大也會致使水氣凝集於袋內。

(五)昆蟲的誘引與死亡：

1.從不同處理後之捕虫袋誘引結果，顯示蓋子與袋口環部在昆蟲的誘引功能上扮演了重要的角色。而規則凹凸之細微構造很類似一種密腺構造。

2.袋內頸部的臘質與捕虫袋的瓶狀外型則可降低昆蟲掉入後再爬出之機率。

3.昆蟲一旦難以爬出就有可能被淹死，最後就被袋內液體中之微生物或酵素之類的物質所包裹消化，成為豬籠草的美食了。

4.昆虫屍體只有內部組織被分解，而殘留外部空殼。可知消化液無法分解幾丁質。

(六)由於經費與材料有限，我們在幾個問題上若有機會仍想深入研究：

1.利用紫外線攝影探討捕虫袋是否對於昆蟲有視覺誘引？

2.探索包裹昆蟲屍體的膜狀物及其內含之藻類。

3.探索袋內液體之水位控制機制。

4.利用電子顯微鏡或染色法觀察袋外壁褐色毛與黃褐色顆粒以證實其是否為腺體？

實驗之中除了知識的增進，科學方法的學習外，更感受到生命的奧妙與自然界的無奇不有，獲益良多。但實驗疏漏之處，尚請老師多多給我們建議與指教。

七、參考資料

- (1)大不列顛百科
- (2)中山科學大辭典 P25, 268, 287, 324, 625, 652
- (3)家庭園藝 (薛聰賢)
- (4)漢幼小百科
- (5)環華百科(15) P186
- (6)植物解剖學 (蔡淑華) P291-298 國立編譯館
- (7)植物學(上) (亞當斯原著) P266 水牛出版社
- (8)植物學(上) (曾潤祥) P97-98 環球書社
- (9)熱帶觀葉植物 (黃啟敏) P36, 37, 70, 71 世界文物出版社
- (10)園藝栽培入門(5) (鄭元春) P82-86 園藝
- (11)最新植物生理學 (易希道) P55-57 環球
- (12)General Anatomy

評 語

在一般的觀念中，動物吃植物是大家都知道的事，但是本件是在展示植物也能吃動物，同時將豬籠草如何捕捉昆蟲的步驟做詳細的研究，有啟發同學們研究新事物的啟發作用，本試驗的方法與步驟都很合理，故給予獎勵。