

生物科

科別：生物科

組別：高中組

作品名稱：百香果捲鬚向觸性之探討

關鍵詞：百香果、向觸性、莖捲鬚

編號：040703

學校名稱：

國立宜蘭高級中學

作者姓名：

李宗穎、康鈺泓、康哲偉、楊宏農

指導老師：

陳賢賓



摘要

此作品主要探討方向為：一、百香果的自捲捲鬚和有接觸物而纏繞的捲鬚之比較；二、百香果捲鬚向觸性和接觸點的關係；三、百香果捲鬚向觸性和捲曲物粗細的關係。而以上之三點在參考資料中或者以往科展的資料中均無詳細的研究，因此我們的實驗比較創新且富有挑戰性，所以，如有不完善之處，請多多指教。

壹、動機

在書上看到瓜果類之植物，皆有類似捲鬚構造已攀附其他物體，此種向觸性引起了我們的興趣，而開始這方面的研究與探討，選用百香果是因為其捲鬚捲曲明顯且具有髓腔，易以插植法培養、容易觀察，於是利用百香果剪下的枝條，進行向觸性的觀察與研究。

貳、研究目的

- 一、百香果捲鬚的基本數據
- 二、百香果捲鬚向觸性和接觸點的關係
- 三、百香果捲鬚向觸性和捲曲物粗細的關係
- 四、百香果捲鬚向觸性的受器
- 五、百香果捲鬚為莖捲鬚？or 葉捲鬚？

參、設備及器材

百香果植株、花寶、礦泉水瓶、鐵絲（半徑 0.1cm）、指甲油、相機、紙膠帶、尺、量角器、顯微鏡、解剖刀。

肆、過程與結果

實驗一：紀錄捲鬚的各項基本數據

前言：根據我們找到的資料中所說的：瓜果類的捲鬚在搜尋不到適當的纏繞（捲曲）物時，會有所謂自捲的行為，那需經過一段滿長的時間。因此在這個實驗中，我們以捲到極限的大量自捲捲鬚為材料，紀錄下其各項數據，並和已經纏繞物體的捲鬚做比較。

A、自捲捲鬚：

（一）方法：

- 1、選取多株百香果植株（百香果植株插枝於用花寶調配過的礦泉水瓶中），觀察其上已經自捲的捲鬚。
- 2、選取 25 條自捲（1~25 號）的捲鬚，分別紀錄以下各種數據：
A：和莖的夾角。 B：自捲圈數。 C：自捲直徑。
D：總長度（拉開測量）。 E：莖到開始自捲部位的長度。
- 3、繪製表格，並比較各組自捲捲鬚的異同。

B、已經捲曲物體的捲鬚：

(一) 方法：

- 1、選取多株百香果植株（百香果植株插枝於用花寶調配過的礦泉水瓶中）。每株各選取一條原長約 10cm 的未自捲捲鬚。
- 2、在各組一旁分別架構鐵絲（半徑 0.1cm）於距捲鬚末端 5cm 處。（由下一個實驗得知，接觸點在距捲鬚末端 3~5cm 最敏感。）
- 3、未開始纏繞捲曲鐵絲時，先紀錄下 a、b 長（如下圖標示）。至其不再纏繞捲曲鐵絲時，再記錄下 a、b 長及捲曲圈數、直徑。

C、綜合觀察：

(一) 方法：

- 1、選取多株植株，觀察各株百香果植株的捲鬚的通性。

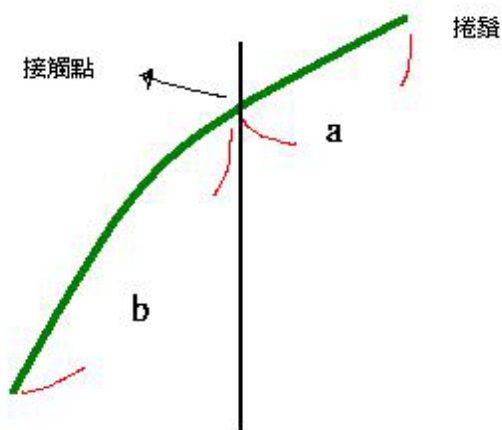
(二) 紀錄和結果：

● 自捲捲鬚的各種數據

自捲捲鬚	和莖夾角 °	自捲圈數	自捲直徑 cm	總長度 cm	未自捲部分 長度 cm	未自捲部分長 總長度
1	90°	14	0.28	17.2	4	0.2325
2	86°	15	0.3	21.6	5.2	0.2407
3	88°	14	0.3	17.8	3.9	0.2191
4	85°	15	0.25	17.6	4.4	0.2500
5	92°	15	0.3	18.1	4.5	0.2486
6	90°	13	0.25	17.3	5	0.2890
7	85°	15	0.28	19.1	4.9	0.2565
8	95°	14	0.3	17.7	4.1	0.2316
9	90°	14	0.3	17	4.2	0.2470
10	95°	13	0.28	16.8	4.4	0.2619
11	90°	14	0.3	17.2	4	0.2325
12	90°	14	0.3	18.5	5	0.2702
13	85°	15	0.3	18	4.5	0.2500
14	87°	14	0.3	19.5	5.2	0.2666
15	95°	16	0.3	22.1	5.5	0.2488
16	100°	15	0.3	18.5	4.2	0.2270
17	85°	15	0.28	18.5	4.9	0.2648
18	90°	16	0.28	19	5	0.2631
19	88°	14	0.3	17.8	3.9	0.2191
20	90°	15	0.3	18.2	4.6	0.2527
21	95°	15	0.28	17.9	4.5	0.2513
22	90°	14	0.3	17.5	4.5	0.2571
23	90°	16	0.3	20.2	5.1	0.2524

24	90°	14	0.3	18	4.8	0.2666
25	85°	13	0.3	17	4	0.2352
平均值	89.84°	14.48	0.29	19.08	4.39	0.2490

● 已經捲曲物體的捲鬚



a：接觸點至捲鬚末端的長度

b：接觸點至莖的長度

接觸點距捲鬚末端 5cm：(3 組平均)

	捲曲後總長	捲曲後 a	捲曲後 b	捲曲的直徑
數值	17.8	9.8	8.5	0.3
	原長	原 a	原 b	捲曲圈數
數值	10	5	5.4	8
差值	7.8	4.8	3.1	.....
比值	1.78	1.96	1.57	

(三) 討論：

1、根據 25 組自捲捲鬚的各種數據顯示：

- (1) 和莖夾角大約 90 度。
- (2) 自捲圈數在 13~16 圈之間 (平均：14 圈)。
- (3) 直徑約 0.3cm。
- (4) 總長度在 17~22.1cm 之間 (平均：19.08cm)。
- (5) 未自捲部分長度 (捲曲起始點) 在 3.9~5.5cm 之間。
- (6) $\frac{\text{未自捲部分長}}{\text{總長度}}$ 之比值平均為 0.249。
- (7) 由第 (5)、(6) 項數據發現：生長至極限的捲鬚保留了未自捲部分約 4cm (為莖至捲鬚的過渡長)。而其過渡長度約佔了捲鬚的四分之一。
- (8) 其自捲的方向 (順時針 or 逆時針) 並無特定規律性。

2、根據 3 組平均的正常捲鬚 (有接觸物) 的數據顯示，捲鬚會以接觸點為軸心纏繞捲曲物體而至繞完為止，時間約為一星期至一個半星期。其捲曲後：

總長 17.8cm、捲曲圈數為 8 圈、捲曲直徑 0.3cm。

- 3、在纏繞捲曲物體時：a（接觸點至捲鬚末端的長度）、b（接觸點至莖的長度）皆會變長。而 a 成長的比例較 b 為高（a 的成長比例為 1.96；b 的成長比例為 1.57。）總長度約會變為原長的 1.78 倍。

- 4、正常捲鬚（有接觸物）V.S 自捲捲鬚：

（1）總長度（17.8cm）、捲曲（0.3cm）直徑無明顯差別。

（2）捲曲的圈數相差約 6 圈（正常捲鬚 8 圈，自捲捲鬚 14 圈）

其原因為：正常捲鬚的捲曲起始點即是一開始的限定接觸

點，所以其捲曲的部份即是接觸點至末端的長（9.8cm）。而自捲的捲鬚其起始點約為莖至捲鬚 3.9~5.5cm 之間（占總長約 1/4），所以其自捲部分長約為 14cm，因此所自捲的圈數當然大於正常捲鬚的圈數。

- 5、綜合觀察百香果植株上的捲鬚發現：

（1）除頂端外，其餘部分在葉的一旁，皆恰有一條捲鬚。而頂端部分，則有 2~4 條捲鬚。

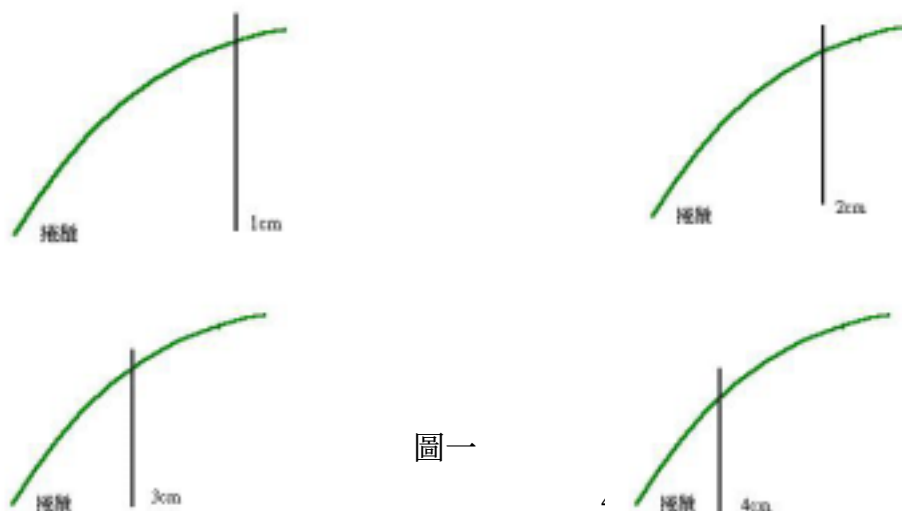
實驗二：捲鬚在何區間最為敏感？

前言：根據長時間觀察捲鬚的經驗，我們發現百香果的捲鬚在纏繞物體時，會以捲鬚和物體的接觸點為軸心而捲曲。因此設計此實驗，試著找出其最恰當的接觸點（纏繞捲曲速率最快），也就是最敏感的部位。

A、捲鬚在植株上且纏繞物（鐵絲）半徑 0.1cm

（一）方法：

- 1、選取七株百香果植株（插枝於用花寶調配過的礦泉水瓶中且其末端的捲鬚尚未捲曲）。分別標明 A、B、C、D、E、F、G 七組。捲鬚皆為約 9cm 長。
- 2、在七組植株一旁，分別架構同半徑（0.1cm）的鐵絲。
A 組：鐵絲架構於距離捲鬚末端 1cm 處。B 組：於 2 cm 處。
C 組：於 3 cm 處。D 組：於 4cm 處。E 組：於 5 cm 處。F 組：於 6 cm 處。
G 組：於 7 cm 處。（如圖）
- 3、繪製表格。分別紀錄七組捲鬚第一次繞圈重複碰到捲鬚的時間（120°）（如圖一、二）。
- 4、實驗重複做二次。



圖一

B、將捲鬚剪下且纏繞物（鐵絲）半徑 0.1cm

（一）方法：

1、選取七條長度相同的捲鬚（約 8cm）將之剪下，分別固定在標明 A、B、C、D、E、F、G 七組的礦泉水瓶中（花寶調配過）。

2、架構方式、測量方式同上（A）

（二）紀錄和結果：

● 捲鬚在植珠上

數據 距離末端	開始時間	結束時間	費時	轉動角度	小 R（直徑）	平均半徑 (p)
1 cm	13：03	.....	.....	.....	.....	.....
2 cm	13：03	16：25	3 時 12 分	120°	1.2	1.6
3 cm	13：03	14：08	1 時 05 分	120°	1.8	2.4
4 cm	13：03	14：38	1 時 35 分	120°	2.4	3.2
5 cm	13：03	15：24	2 時 21 分	120°	3	4
6 cm	13：03	.....	.....	.....	.....	.....
7 cm	13：03	.....	.....	.....	.....	.....

● 將捲鬚剪下

數據 距離末端	開始時間	結束時間	費時	轉動角度	小 R（直徑）	平均半徑 (p)
1 cm	14：00	.....	.....	.....	.....	.....
2 cm	14：00	17：20	3 時 20 分	120°	1.3	1.65
3 cm	14：00	15：02	1 時 02 分	120°	1.8	2.4
4 cm	14：00	15：09	1 時 09 分	120°	2.5	3.25
5 cm	14：00	15：55	1 時 55 分	120°	2.9	3.95
6 cm	14：00	.....	.....	.....	.....	.....
7 cm	14：00	.....	.....	.....	.....	.....

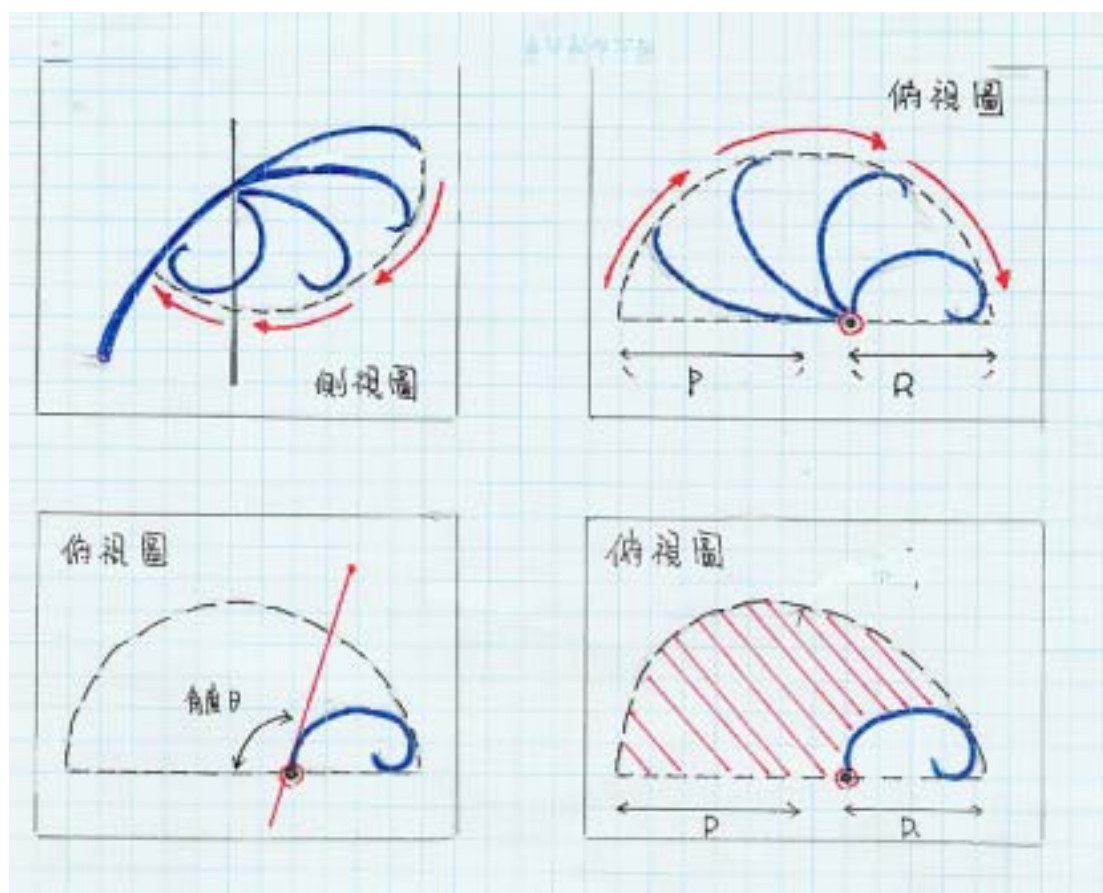
● 速率比較

捲鬚在植珠上	角速度 °/ 分	$p^2 - \left(\frac{R}{2}\right)^2$	略掃面積 cm^2	略掃面積速率 $cm^2/ 分$
2 cm	0.625°/ 分	2.2	3.454	0.0179
3 cm	1.846°/ 分	4.95	7.771	0.1196
4 cm	1.263°/ 分	8.8	13.816	0.1454
5 cm	0.851°/ 分	13.75	21.587	0.1530
將捲鬚剪下				
2 cm	0.6°/ 分	2.3	3.611	0.0180
3 cm	1.935°/ 分	4.95	7.771	0.1253
4 cm	1.739°/ 分	9	14.13	0.2047
5 cm	1.043°/ 分	13.5	21.195	0.1843

※注：當捲鬚以接觸點為軸心捲曲，第一次再次碰到捲鬚時（120°），其所掃過的軌跡，就如

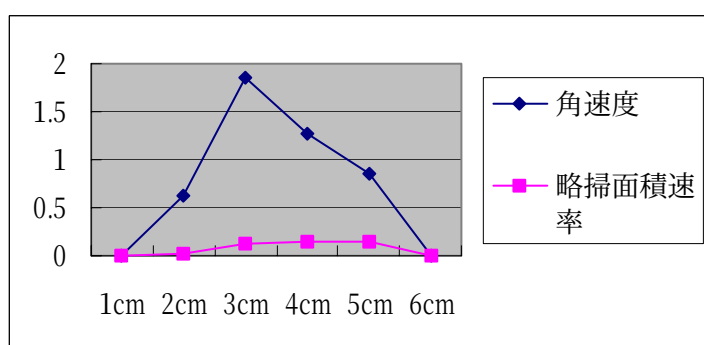
同是一個半圓的圓弧長，因此可大約算出其略掃面積為：

$$\frac{\pi}{2} \left[p^2 - \left(\frac{R}{2} \right)^2 \right] \quad (\text{只有些微的誤差})$$

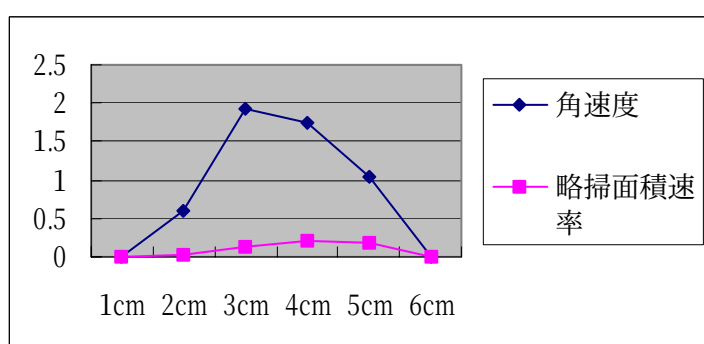


圖二 ※注： θ 為 120° 、紅色斜線部分為略掃面積。

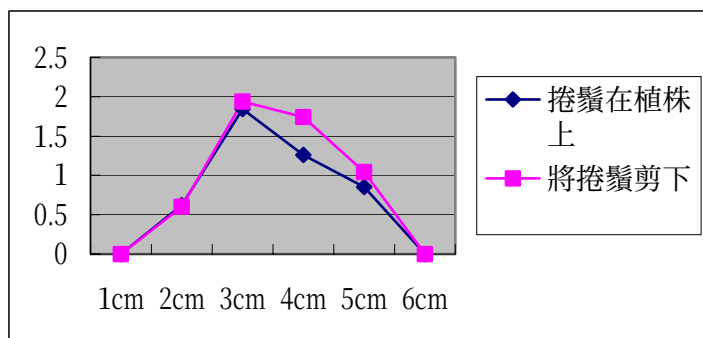
(圖三) 捲鬚在植株上： (角速度 & 略掃面積速率)



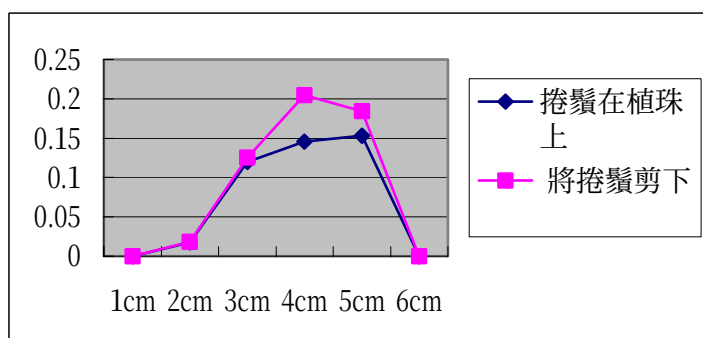
(圖四) 將捲鬚剪下： (角速度 & 略掃面積速率)



(圖五) 角速度比較： (捲鬚在植株上 V.S 將捲鬚剪下)



(圖六) 略掃面積速率比較： (捲鬚在植株上 V.S 將捲鬚剪下)



(三) 討論：

- 1、在實驗的紀錄中，我們觀察到了捲鬚纏繞鐵絲而螺旋捲曲的過程（如圖二）：無論在植株上或是剪除下的捲鬚，當其接觸到鐵絲時（接觸點為距末端 1、2、...、6cm 處），捲鬚的末端 1cm 都會先稍微捲曲約 25°~35°。接著，才會隨著各個接觸點的不同，且以之為軸心，螺旋捲曲（除了距末端 1cm 和 6cm 以上外）。而螺旋捲曲的軌跡類似蚊香般，一圈圈縮小。
- 2、以接觸點的不同（距捲鬚末端的遠近）做比較：A 組（距末端 1cm）、F 組（距末端 6cm）、G 組（距末端 7cm），皆無法捲曲至 120°。而 B 組（距末端 2cm）、C 組（距末端 3cm）、D（距末端 4cm）、E 組（距末端 5cm）則都可捲曲至 120°，且能繼續捲曲至極限為止（至繞完）。
- 3、根據圖三（捲鬚在植株上）、圖四（將捲鬚剪下）之接觸點對角速度、接觸點對略掃面積速率之折線圖發現：接觸點在距捲鬚末端 3cm~5cm 最為敏感（捲曲速率快）。而角速度以 3cm 最快；略掃面積速率以 4cm~5cm 最快。但接觸點在距捲鬚末端 1cm 以下或 6cm 以上皆無法捲曲至 120°（1cm 以下只有些微捲曲；6cm 以上則是因反應過慢，捲鬚會有“脫離”鐵絲的行為而另尋捲曲的物體....這一點可能為捲曲產生自捲的因素之一）。
- 4、根據圖五、圖六（為捲鬚在植株上&將捲鬚剪下的角速度比較、略掃面積速率比較）發現：即使只將捲鬚剪下，只要將其固定在水中，仍然可存活的很好（仍具有向觸性），而且和捲鬚在植株上的角速度或是略掃面積速率比較後，將捲鬚剪下的組別在各接觸點的螺旋捲曲反應都稍微快了一些（尤其以 3cm~5cm 較明顯）。角速度最多快了 0.476°/ 分；略掃面積速率最多快了 0.0593 cm²/ 分（在 4cm 處）。

實驗三：向觸性和捲曲物粗細的關係

前言：平常在瓜果園裡看到的捲鬚，其纏繞物的半徑大多為 0.1cm~0.5cm 之間。我們在想，如果增加或減少其半徑，百香果的捲鬚是不是就放棄不纏繞了？因此藉此實驗而找出其捲曲物體的半徑範圍。

A：接觸點距末端 5cm

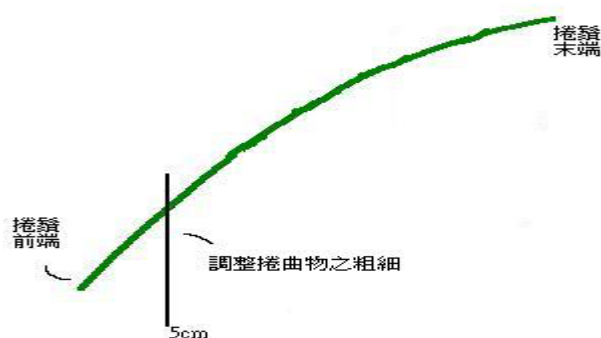
(一) 方法：

- 1、選取五株百香果植株（插枝於用花寶調配過的礦泉水瓶中且其末端的捲鬚尚未捲曲）。分別標明 A、B、C、D、E 五組。捲鬚皆為約 9cm 長。
- 2、A 組：一旁架構半徑 0.05cm（周長 0.314cm）之物。
B 組：一旁架構半徑 0.1cm（周長 0.628 cm）之物。
C 組：一旁架構半徑 1cm（周長 6.28 cm）之物。
D 組：一旁架構半徑 2cm（周長 12.56 cm）之物。
E 組：一旁架構半徑 5cm（周長 31.4 cm）之物。

（皆接觸於距捲鬚末端 5cm 處）

- 3、觀察各組捲鬚是否可纏繞物體。若可纏繞，是否可繼續纏繞至極限；或是纏繞至一半後脫離放棄。

(二) 紀錄和結果：



組別 (cm)	A (r=0.05) (週長 0.314)	B (r=0.1) (週長 0.628)	C (r=1) (週長 6.28)	D (r=2) (週長 12.56)	E (r=5) (週長 31.4)
可否纏繞	不可	可	可	纏繞後放棄脫落	纏繞後放棄脫落
5cm 捲曲物周長	15.9	7.96	0.79	0.39	0.16

*（接觸點均在距捲鬚末端 5cm 處）

*（ $\frac{5\text{cm}}{\text{捲曲物周長}}$ 為接觸點距捲鬚末端的長度和捲曲物周長的比值）

B：接觸點距末端 8cm

前言：根據上表發現 D 組（r=2）E 組（r=5）雖可纏繞，但之後會放棄脫落，所以我們懷疑是否與

$\frac{\text{接觸點之末端長}}{\text{捲曲物周長}}$ 的比值有關。於是將接觸點加長至距末端 8cm。

(一) 方法：同上（但接觸點距末端 8cm）

(二) 紀錄和結果：

組別 (cm)	A (r=0.05) (週長 0.314)	B (r=0.1) (週長 0.628)	C (r=1) (週長 6.28)	D (r=2) (週長 12.56)	E (r=5) (週長 31.4)
可否纏繞	不可	不可	可	可	纏繞後放棄脫落
$\frac{8\text{cm}}{\text{捲曲物周長}}$	25.47	12.7	1.27	0.64	0.25

※ 接觸點距末端 5cm **V.S** 接觸點距末端 8cm $\left[\frac{\text{接觸點之末端長}}{\text{捲曲物周長}} = K \right]$ ：

組別 (cm)	A (r=0.05) (週長 0.314)	B (r=0.1) (週長 0.628)	C (r=1) (週長 6.28)	D (r=2) (週長 12.56)	E (r=5) (週長 31.4)
K 值比較					
接觸點距末端 5cm	15.9	7.96	0.79	0.39	0.16
接觸點距末端 8cm	25.47	12.7	1.27	0.64	0.25

※ 紅色代表可纏繞捲曲、黑色代表不可、藍色代表纏繞後又放棄脫落

根據上表推測其公式：

$K \geq 12.7$ 無法纏繞捲曲
$7.96 \geq K \geq 0.64$ 可纏繞捲曲
$K \leq 0.39$ 纏繞後又放棄脫落

※注意：接觸點距末端長度必定需 $\geq 3\text{cm}$

(三) 討論：

- 就接觸點距末端 5cm 而言，除 B 組 (r=0.1cm)、C 組 (r=1cm) 可纏繞捲曲外，A 組 (r=0.01cm) 無法捲曲；D 組 (r=2cm)、E 組 (r=5cm) 則纏繞捲曲上後又放棄脫落。
- 就接觸點距末端 8cm 而言，除 C 組 (r=1cm)、D 組 (r=2cm) 可纏繞捲曲外，A 組 (r=0.01cm)、B 組 (r=0.1cm) 無法捲曲；E 組 (r=5cm) 則纏繞捲曲上後又放棄脫落。
- 以上面表格比較接觸點距末端 5cm 和接觸點距末端 8cm 發現：
 - 若是 $\frac{\text{接觸點之末端長}}{\text{捲曲物周長}} = K > 12.7$ ，則無法纏繞捲曲。

- 若是 $7.96 \geq K \geq 0.64$ ，則可纏繞捲曲。

(3) 若是 $K \leq 0.39$ ，則纏繞後又放棄脫落。

- 4、根據此實驗結果發現只要有適當的接觸點（接觸點距捲鬚末端長度恰當），不管捲曲物的粗細，同樣可纏繞捲曲至極限（但接觸點距末端長度必定需 $\geq 3\text{cm}$ ）
- 5、若有時間，我們會再增添數據，以求得更準確之 K 範圍：預期結果可能如下：

$K \geq 10$ 無法纏繞捲曲
$10 > K \geq 0.5$ 可纏繞捲曲
$K < 0.5$ 纏繞後又放棄脫落

實驗四：向觸性的受器

前言：根據我們找到的資料中所說的：「瓜果類的捲鬚皆有敏銳的向觸性，其原因是因為這些捲鬚接觸到其他物體時，接觸的一側和未接觸的一側生長程度不同，於是彎曲生長，形成螺旋狀捲曲。」除此之外，我們並猜測：百香果捲鬚末端的小勾勾也可能影響其向觸性（因為小勾勾所朝向的方向，即是其捲曲的方向）為了驗證這兩個說法，我們設計了此實驗。

（一）方法：

- 1、選取三株百香果植株（插枝於用花寶調配過的礦泉水瓶中且其末端的捲鬚尚未捲曲）。分別標明 A、B、C 三組。捲鬚皆為約 9cm 長。
- 2、A 組：捲鬚內側塗抹指甲油（不影響其生長）。
B 組：將捲鬚末端 0.2cm 剪除
C 組：將捲鬚末端 3cm 剪除
D 組：不做改變，為對照組。
- 3、在四組一旁，分別架構同半徑（0.1cm）的鐵絲於距末端 3cm 處（剪除後）。使捲鬚可接觸到而開始繞之捲曲。
- 4、觀察四組的捲鬚是否可捲曲，若可以，紀錄下其第一次繞圈重複碰到捲鬚的時間（120°）（如圖）及角度。
- 5、重複實驗二次。

（二）紀錄和結果：

	開始時間	結束時間	費時	捲曲角度	影響程度
A（指甲油）	14：30	.....	.....	20°	大
B（剪 0.2cm）	14：30	18：54	4 時 24 分	120°	中
C（剪 3 cm）	14：30	.....	.....	.....	大
D（對照組）	14：30	15：37	1 時 07 分	120°	.....

●速率比較：

	角速度 ° / 分	略掃面積 cm ²	略掃面積速率 cm ² / 分
B (剪 0.2cm)	0.4545	7.771	0.0294
D (對照組)	1.7910	7.771	0.1159

(二) 討論：

- 1、A (表面塗指甲油)、D 組 (對照組) 做比較：A 組捲鬚只捲曲了 20° 便不再繼續螺旋捲曲，推測其原因為：剛開始塗抹指甲油時，因接觸塗抹其捲鬚，使其受到刺激而有些微捲曲。等到全塗抹完畢後，才在距捲鬚末端 3cm 架構一鐵絲，但因接觸點已經被指甲油隔絕，捲鬚並無接收到特定一點的刺激，因此並無明顯的螺旋捲曲行為 (無法以接觸點為軸心捲曲)。
- 2、C 組 (剪去捲鬚末端 3cm)、D 組 (對照組) 做比較：C 組實驗的設計主要是爭對 **實驗二** 結論的驗證 (接觸點在 6cm 以上無法捲曲)，而這個實驗的結果正好符合：**將末端 3cm 剪除後，再將鐵絲置於距末端 3cm 處**，捲鬚並無法纏繞捲曲，因為根據實驗二的結果，捲鬚的接觸點只在距末端 3~5cm 較敏感。
- 3、B 組 (剪去捲鬚末端 0.2cm)、D 組 (對照組) 做比較：B 組捲鬚仍可以接觸點為軸心捲曲至 120°，且能繼續捲曲至極限為止。但和 D 組有差距的是其所花費的時間 (約慢了 3 個多小時)。
比較兩組的角速度和略掃面積速率，B 組也慢了 D 組約四分之一倍。推測其原因為：捲鬚末端的小勾勾可能為一個**搜尋感應器 or 訊息接收器**，他會去搜尋適當的物體而捲曲，或是當捲鬚接觸到物體時，接觸點所受到的刺激會轉換成生長程度的差別 (接觸一側和未接觸一側)，而這訊息也可能傳到捲鬚末端的小勾勾，使小勾勾會向捲曲方向進一步移動，以加速捲鬚以接觸點為軸心而螺旋捲曲的速度。因此若剪除此部份，可能會降低其螺旋捲曲的速度。

實驗五：觀察捲鬚之細微構造 (莖捲鬚? or 葉捲鬚?)

前言：根據書中所寫的：「捲虛實乃葉莖幼枝等器官之變態而成。」因此我們以徒手切片的方式，用顯微鏡觀察百香果植株的莖、捲鬚、葉枕處的橫切面，比較其異同，並判斷是為莖捲鬚，還是葉捲鬚。

(一) 方法：

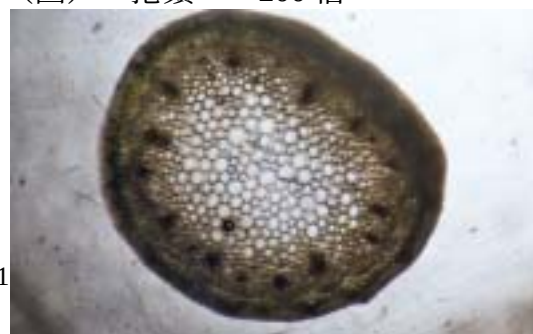
- 1、選取一株正常的百香果植株。以徒手方式做橫切。
A：莖部的橫切。 B：捲鬚處的橫切。 C：葉枕處的橫切。
- 2、選取較好的薄片，做成標本，以複式顯微鏡觀察，比較三者的差別。並用顯微鏡的照相設備紀錄下來

(二) 紀錄和結果：

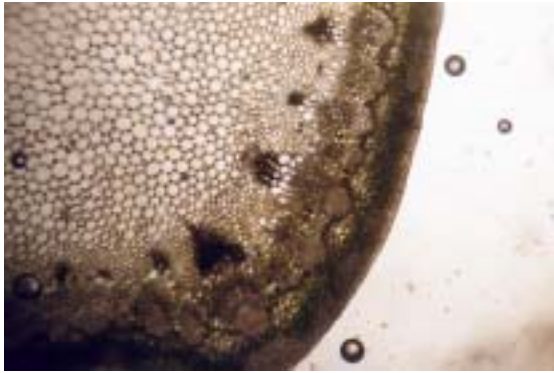
(圖四) 捲鬚：80 倍



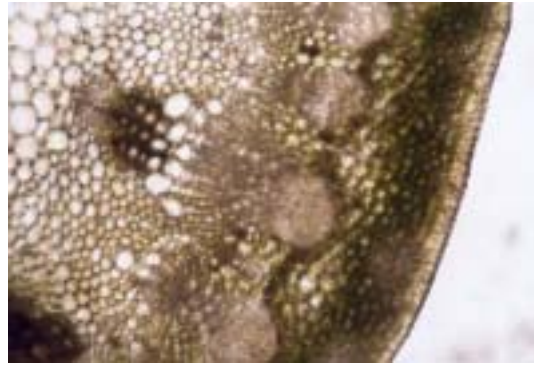
(圖) 捲鬚：200 倍



(圖九) 莖部： 80 倍



(圖十) 莖部： 200 倍



(圖十一) 葉枕： 80 倍



(圖十二) 葉枕： 80 倍



(三) 討論：

- 1、百香果植株的莖為中空的髓腔，而葉枕處則為實心。
- 2、圖七、圖八為捲鬚的橫切面，可明顯觀察到其外圍一圈的維管束，中間部份為髓（細胞是六角形的），黑黑一圈圈的為水泡。圖九、圖十為莖的橫切面，其維管束的排列和捲鬚橫切面類次：外圍一圈。中央部份也同為髓。圖十一、圖十二為葉枕處的橫切面，其維管束排列就明顯有別於捲鬚以及莖：是一個個分開的。
- 3、根據圖片比較過後，我們可以確知：百香果的捲鬚為莖捲鬚。

伍、結論

- 一、百香果捲鬚的自捲需要相當長的一段時間（幾個禮拜甚至幾個月），而且其原因尚未知曉（生長到一定長？下雨？風？.....）。可以確知的是：自捲至極限的捲鬚長度約為 20cm 上下，自捲圈數約 14 圈，自捲直徑在 0.25~0.3cm 之間，而最大發現的規律為：捲鬚前端約四分之一（占捲鬚總長）為莖至自捲部份的過渡長（雖為捲鬚的一部分，但不會產生自捲行為）。
- 二、正常捲鬚（有接觸物）V.S 自捲捲鬚：
 - （一）總長度（17.8cm）、捲曲直徑（0.3cm）無明顯差別。
 - （二）捲曲的圈數相差約 6 圈（正常捲鬚 8 圈，自捲捲鬚 14 圈）
因為正常捲鬚的捲曲起始點即是一開始的限定接觸點，所以其捲曲的部份即是接觸點至末端的長度（9.8cm）。
- 三、（一）百香果捲鬚的向觸性行為是以接觸點為軸心繞圈，而捲曲的軌跡如同一圈圈漸漸縮小的圓。

(二) 接觸點以在距捲鬚末端 3cm~5cm 之間的螺旋捲曲速率最快(最敏感的部分)。而將捲鬚剪下的組別也比捲鬚在植株上的組別捲曲速率快(角速度最多快了 0.476°/ 分; 略掃面積速率最多快了 0.0593 cm²/ 分)。

四、百香果捲鬚是否可纏繞某一定粗細之物體和其接觸點至捲鬚末端長度有一定之關係：

設 $\frac{\text{接觸點之末端長}}{\text{捲曲物周長}} = K$ 則

$K \geq 12.7$ 無法纏繞捲曲
$7.96 \geq K \geq 0.64$ 可纏繞捲曲
$K \leq 0.39$ 纏繞後又放棄脫落

五、(一) 百香果向觸性的行為應該是接觸點(捲鬚和鐵絲接觸部分)受到刺激造成的。所以我們將其表面塗了指甲油，便隔絕了捲鬚與鐵絲的接觸，而使其無法以接觸點為軸心螺旋捲曲。因此接觸點就是其受器所在。

(二) 百香果捲鬚末端的小勾勾也占了影響向觸性行為的一個小角色。如果將之剪除，會減緩以接觸點為軸心螺旋捲曲的速率(約變為正常的四分之一)，但不至於影響捲鬚整體的向觸性行為。

六、根據顯微照相比較後，確知百香果的捲鬚為莖捲鬚(莖和捲鬚橫切面的維管束的排列類似：皆為在外圍一圈)。

七、以上所探討的，雖然只是較基本的，但我們利用了現有的器材，以最簡單的方式著手，實驗出有意義的數據、歸納出適當的結論。未來，尚可深入研究其自捲的因素，甚至探討其他瓜果類的捲鬚，找出各類的異同處而加以比較，而那又是另一項浩大的工程了。

八、未來展望：此次因為時間限制，未能完整的觀察百香果的自捲行為，往後如有機會，尚可繼續研究百香果捲鬚和捲居物的關係(如粗細、材質)。甚至可推廣至研究其餘具有捲鬚構造的瓜果類植物。

陸、參考資料

- 一、李學勇(1987) 向觸性運動，向光性運動。基礎植物學，國立編譯館，頁 633
- 二、<http://www.bio.ncue.edu.tw/bioedu/sampleedu/8223008/e3.htm>
- 三、時代生活知識文庫 植物 頁 30

柒、附件

百香果資料：

學 名：*Passiflora edulis* 科 別：西番蓮科 常綠蔓性藤本

植株特徵：枝葉蔓延性強，具捲鬚，彈簧形，葉互生，掌狀深裂，裂片三枚，卵形至橢圓形（幼株呈橢圓形而不分裂）。

花 特 徵：春至秋季開花，腋生，具芳香，花冠圓形，萼片向外反捲如瓣狀，副冠二輪呈絲狀，柱頭三枚下垂，花形似時鐘。果實球形，紫色種成熟香甜，可生食。

自捲捲鬚：

自捲捲鬚的測量：



將捲鬚剪除（實驗二）

將捲鬚剪除（實驗二）



捲鬚在植株上（實驗二）

以捲曲至極限的捲鬚（實驗一）



評語

本作品創意甚高，後續的發展性亦強，學術性亦高。