

中華民國第四十六屆中小學科學展覽會
作品說明書

國中組 生物及地球科學科

031706

旋轉 90 度的秘密~探討馬利筋的特殊傳粉機制

學校名稱：彰化縣立埔心國民中學

作者：	指導老師：
國一 黃熙欽	林殿權
國一 劉士弘	江瑞雲
國一 張毓哲	
國一 賴佳宏	

關 鍵 詞：馬利筋、互利共生、花藥單位

旋轉 90 度的秘密

—探討馬利筋(*Asclepias curassavica* L.)的特殊傳粉機制

摘要

馬利筋(*Asclepias curassavica* L.)是普遍栽植在校園或公園裡的食草兼蜜源植物。它跟授粉者有互利共生的關係，花朵構造特殊而且需經過一連串機制才能完成授粉。

馬利筋的雄蕊與雌蕊癒合成一個特殊的蕊柱(gynostemium)，藉由構造上的導引讓授粉者能把花粉塊從管狀雄蕊中抽出來，再經過粉塊柄(translator)散失水分後而扭轉。然後花藥單位被帶到另一朵已經空出相對位置的蕊柱上，花粉塊碰到柱頭而達到授粉的目的。

樺斑蝶與馬利筋的共生關係很巧妙的完成了傳粉的目的，但是結果的機率似乎不高。不過因為植株本身有毒、無性生殖能力強、一個果實有多個種子以及種子有毛能隨風飄散等條件，所以還是使得馬利筋順利的在台灣繁衍下來。

壹、研究動機

馬利筋，生態教學園裡面的主角。它鮮豔而特殊的花朵一直都吸引著我們的目光。自然老師說這種植物要傳宗接代必須要藉助一種稱為樺斑蝶的幫忙，那是自然課本的生態系單元中將會提到的互利共生。而且它的花粉還會經過一連串的奇妙變化才能使精細胞跟卵細胞完成受精作用。

我們決定用學校現有的儀器及簡單的實驗觀察來親自發現馬利筋的奇妙之處。

貳、研究目的

- 一、探討馬利筋的分類與生態特性
- 二、觀察馬利筋各部位的形態
- 三、探討馬利筋特殊花粉囊與柱頭的生長情形
- 四、觀察馬利筋的特殊傳粉機制
- 五、觀察馬利筋的授粉者(蝴蝶)與結實機率的相關性

參、研究器材與設備

- 一、設備：複式顯微鏡(目鏡 10X；物鏡 1X，4X)、
解剖顯微鏡(目鏡 10X；物鏡 10X，40X，100X，400X)、數位相機
- 二、器材：放大鏡、小刀、剪刀、滴管(數支)、燒杯(數個)
- 三、材料採集地點：本校生態教學園



(圖 0-1) 本校生態教學區



(圖 0-2) 馬利筋的授粉者—樺斑蝶

肆、研究方法與步驟

- 一、蒐集馬利筋的分類與生態特性：
我們利用網路資源、本校圖書館圖書資源蒐集關於馬利筋在生態上的各種資料。
- 二、觀察馬利筋的各部形態：
 - (一) 直接肉眼觀察並記錄馬利筋的根、莖、葉等構造。
 - (二) 利用解剖顯微鏡觀察特殊花柱的生長構造：從最外圍的花萼開始依序除去花瓣、副花冠、雄蕊、花藥單位，直到觀察柱頭的位置。
 - (三) 以解剖顯微鏡觀察花藥單位的各部構造。
- 三、觀察馬利筋的特殊傳粉機制
 - (一) 實地觀察授粉者(蝴蝶)採蜜時的情況，並以數位相機紀錄及觀察導引機制。
 - (二) 探討何種體型大小的授粉者最適合達到替馬利筋傳粉的目的。
 - 1. 分別以紋白蝶前、中、後的附肢模擬將花粉塊拉起。
 - 2. 為期 10 天，利用每節下課時間到生態園觀察前來採蜜的蝴蝶種類，並加以統計。
 - 3. 總計觀察時數：七天，每天八個時段，每時段 10 分鐘；合計 560 分鐘。
 - (三) 觀察花粉塊旋轉構造與方式；探究其旋轉條件與所需時間。
 - 1. 以複式顯微鏡放大100倍(10X10)，觀察粉塊柄的構造，探討粉塊柄的旋轉機制。
 - 2. 以解剖顯微鏡觀察：
在視野下同時放置兩枚花藥單位，對照組不做任何處理，另一枚實驗組則用滴管取燒杯中純水滴在粉塊柄上以保持潮濕。觀察兩者差異，並計算粉塊柄脫離蕊柱之後旋轉的時間。
- 四、觀察馬利筋的授粉者與授粉成功比例的相關性
 - (一) 以隨機選取方式，計算平均每個花序的花朵數量以及花凋謝後，結果的數量。(數過之後以油性筆在花梗做記號，以免重複統計。)
 - (二) 以『結果實比例』反應此種機制的『授粉成功比例』。

伍、研究結果

一、馬利筋的分類與生態特性：

(一) 馬利筋為植物界、被子植物門、雙子葉植物綱，龍膽目，蘿藦科

(Asclepiadaceae)、Asclepias屬，正式學名為 *Asclepias curassavica* L.。

別稱：蓮生桂子花、尖尾鳳、芳草花。葉對生披針形，全緣，長約6~12公分，寬約1~3公分，花冠紅到橘紅色，副花冠黃色，花絲聚合成管狀。

(二) 蘿藦科：

屬於雙子葉植物的一支。多年生草本、灌木、藤本或稀為喬木。主要分佈在熱帶至亞熱帶地區。蘿藦科在全世界約有250屬，2000多種。

蘿藦科 (Asclepiadaceae) 植物最大特徵是它特別的授粉機制。本校生態教學園的馬利筋是較常見也容易栽培的一種，是樺斑蝶幼蟲的食草，也是成蟲蜜源植物。

馬利筋的雄蕊及雌蕊會癒合成一體，稱為蕊柱(gynostemium)，花粉隱藏在雄蕊的管狀花絲內。最特別的是結成塊狀的花粉，稱為花粉塊 (pollinium)，傳粉過程必須靠昆蟲等外力，屬於蟲媒花。

二、觀察馬利筋的各部形態：

(一) 觀察根、莖、葉與生殖等構造。

1、根部：屬於雙子葉植物的軸根系 (圖2-1-1)。

2、莖部橫切：會流出具有毒性的白色乳汁，這也是蘿藦科植物的特徵 (圖2-1-2)。

3、葉片觀察：薄紙質，披針型 (圖2-1-3)。

4、花序：聚繖花序，每個花序約10朵花組成 (圖2-1-4)。

5、花朵外觀：花瓣往下翻，副花冠具有特殊的角狀構造 (圖2-1-5)。

6、果實：蓇突果 (圖2-1-6)。

7、種子：具有種纓 (coma)，可藉由風力傳播 (圖2-1-7)。



(圖 2-1-1) 軸根系



(圖 2-1-2) 莖部橫切



(圖 2-1-3) 葉片披針型



(圖 2-1-4) 花序



(圖 2-1-5) 紅色為花瓣，黃色為副花冠



(圖 2-1-6) 果實



(圖 2-1-7) 具有種纓的種子

(二)觀察蕊柱：以解剖顯微鏡放大10倍(1 X 10)

- 1、除去花瓣與副花冠：露出兩雄蕊之間的細長、微凹的導引構造(圖2-2-1)
- 2、除去左邊的雄蕊：露出左邊的花粉塊(圖2-2-2)
- 3、除去右邊的雄蕊：露出完整的花藥單位。(圖2-2-3)
- 4、除去花藥單位：可觀察到一根擋住柱頭的構造(圖2-2-4)
- 5、除去擋在柱頭前方的構造：露出柱頭(圖2-2-5)



(圖2-2-1)除去一片副花冠



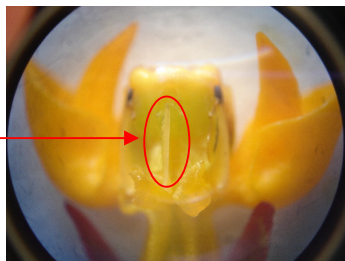
(圖2-2-2)除去左邊的雄蕊



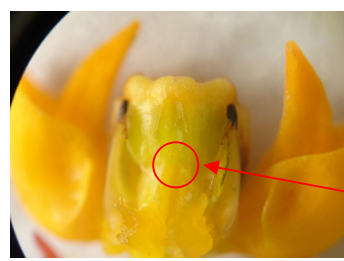
(圖2-2-3)除去右邊的雄蕊

兩雄蕊間的細長、微凹的導引構造。

擋住柱頭的構造



(圖2-2-4)除去花粉單位



(圖2-2-5)除去柱頭前的構造

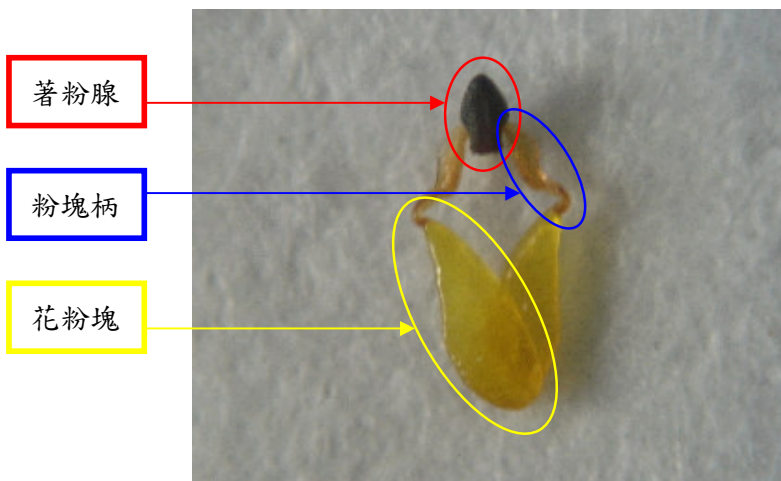
花粉單位

左邊的花粉塊

柱頭

(三)觀察特殊的花藥單位：

- 1、解剖顯微鏡下的花藥單位(圖2-3-1)，放大40倍(4x10)。
- 2、複式顯微鏡下的花粉塊，表面有網狀花紋(圖2-3-2)，放大100倍(10x10)。



(圖 2-3-1)花藥單位



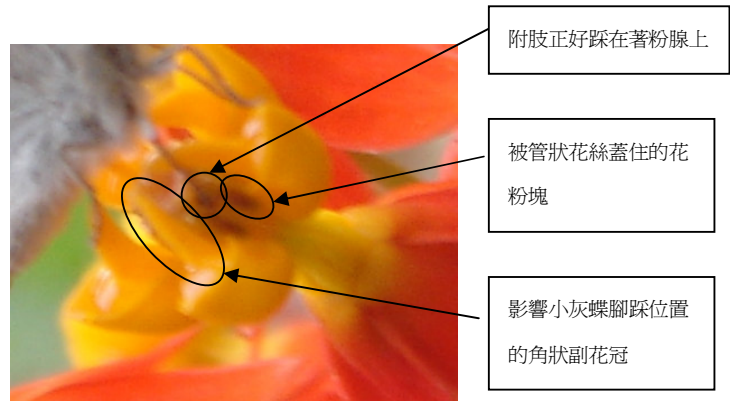
(圖 2-3-2)花粉塊

三、觀察馬利筋的特殊傳粉機制

(一) 觀察導引構造及機制：

1、我們經查詢相關資料得知，由於副花冠上方有突起的角狀構造，所以當蝴蝶停在花朵上時並無法踩在副花冠上。於是經由構造上的導引而踩在著粉腺上(圖 3-1-1)。

2、機制：圖放大說明(圖 3-1-2)



(圖 3-1-2)放大圖及說明

(二) 探討何種大小的蝴蝶最適合達到替馬利筋傳粉的目的。

1、以蝴蝶前、中、後的附肢模擬將花粉塊拉起。

(1) 取下紋白蝶(在校園撿到的屍體)的前、中、後腳，以解剖顯微鏡觀察(4X10)(圖 3-2-1~圖 3-2-4)。



(圖 3-2-1)紋白蝶屍體



(圖 3-2-2)前肢



(圖 3-2-3)中肢



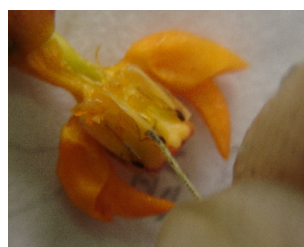
(圖 3-2-4)後肢

(2) 在解剖顯微鏡下，嘗試用前、中、後腳的爪來鉤取著粉腺的位置：結果無論是前、中、後腳均無法拉起花藥單位(圖 3-2-5) (放大 10 倍)。

(3) 我們推測可能與雄蕊的存在有關。因此去掉雄蕊之後，果然均可順利鉤下花藥單位(圖 3-2-5~圖 3-2-8) (放大 10 倍)。



(圖 2-3-5)雄蕊還沒除去，無法取下花藥單位。(10X)



(圖 2-3-6)除去雄蕊(10X)



(圖 2-3-7)順利取下花藥單位(10X)



(圖 2-3-8)後腳也可以(10X)

2、為期 10 天，利用每節下課時間到生態園觀察前來採蜜的傳粉者(蝴蝶)種類，並加以統計。

(1)傳粉者出現種類與數量統計表（表一）。

日期	3/9(四)	3/10(五)	3/11(六)	3/13(一)	3/14(二)
傳粉者種類與數量 (單位:隻)	因為部分時段未觀察，不採記。	小灰蝶：6 紋白蝶：1	因為部分時段未觀察，不採記。	小灰蝶：6 紋白蝶：0	小灰蝶：10 紋白蝶：2
日期	3/15(三)	3/16(四)	3/17(五)	3/18(六)	3/1(一)
傳粉者種類與數量 (單位:隻)	小灰蝶：12 紋白蝶：1	小灰蝶：7 紋白蝶：1	小灰蝶：12 紋白蝶：1	因為部分時段未觀察，不採記。	小灰蝶：6 紋白蝶：0

(2)總計：在七天的觀察天數，每天八個時段，每時段 10 分鐘（合計 560 分鐘）的觀察時數裡。共有小灰蝶：59 隻；紋白蝶：6 隻。

(三) 觀察粉塊柄構造與旋轉方式；探究它的旋轉條件與時間。

1、以解剖顯微鏡放大40倍(4X10)，並以數位相機每10秒鐘攝影記錄一次。

(圖3-1-1~圖3-1-6，為擷取粉塊柄轉動最明顯的部分照片。)



(圖 3-1-3 ~ 圖 3-1-6。最左側原本約是張開 180 度，最右側轉至成 90 度。)

2、以複式顯微鏡放大(4x10)，觀察粉塊柄的構造。

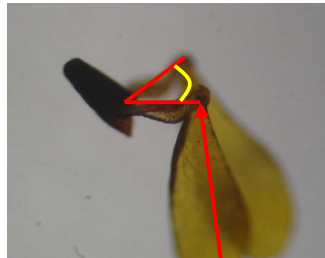
(1)粉塊柄扭轉前與扭轉後的外觀比較(圖3-2-1)。

(2)可看見粉塊柄已扭轉(圖3-2-2)。

(3)未扭轉前的粉塊柄(圖3-2-3)(10x10)。



(圖 3-3-1)兩者比較(40X)



(圖 3-3-2) 夾角約成 90 度(40X)。



(圖 3-3-3)未扭轉前的粉塊柄 (100X)

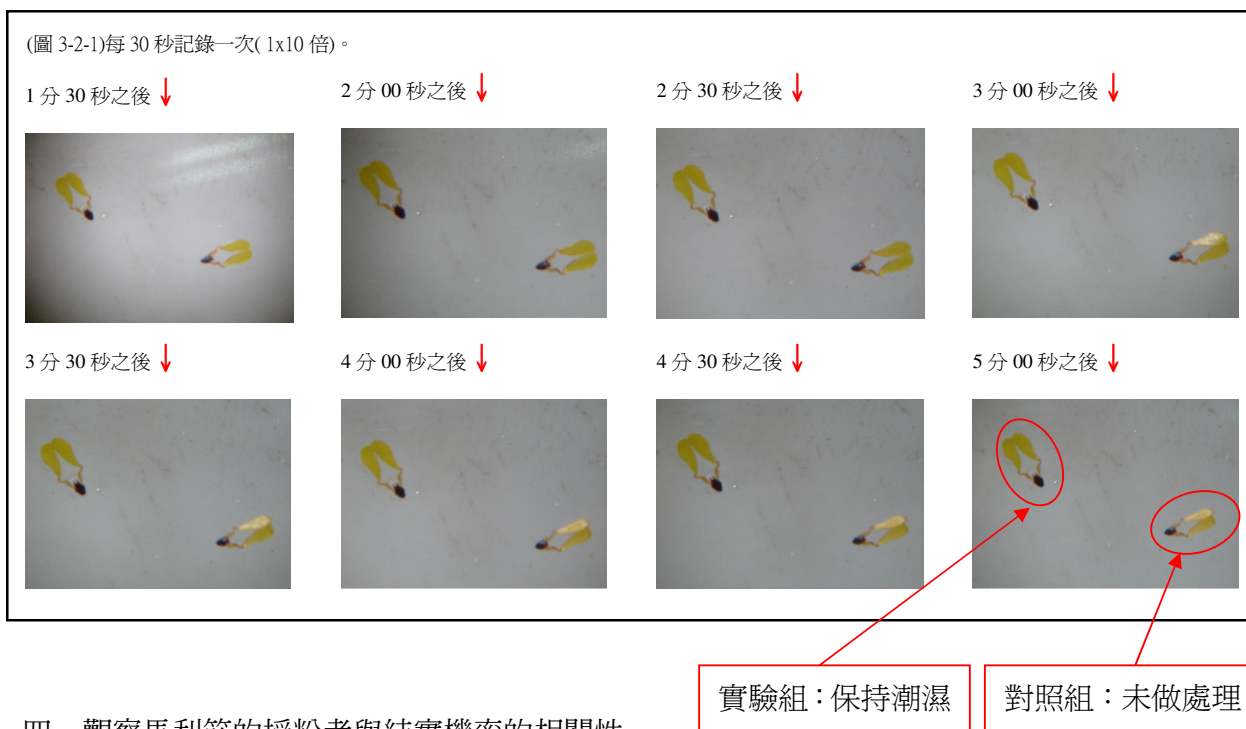
扭轉，導致原為
180 度的交角轉
為 90 度。

未扭轉，粉塊柄
為同一平面。

2、以解剖顯微鏡觀察粉塊柄的扭轉是否與水分有關：我們假設粉塊柄的扭轉是因為水分的散失。

(1)實驗組：施加純水以保持潮濕 (圖3-2-1)

(2)對照組：不做任何處理 (圖3-2-1)。



四、觀察馬利筋的授粉者與結實機率的相關性

(一)每個花序的花朵數量 (表二)；

取樣編號	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
數量(朵)	12	11	12	10	10	11	8	10	10	14
取樣編號	11	12	13	14	15	16	17	18	19	2
數量(朵)	10	13	14	13	10	12	10	8	9	9
取樣編號	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30
數量(朵)	11	12	13	12	11	10	8	9	12	8

(表二)

(二)單位花序上的花朵數量平均值：

$$(12+11+12+10+10+11+8+10+10+14)+(10+13+14+13+10+12+10+8+9+9)+(11+12+13+12+11+10+8+9+12+8) / 30 = 108 + 108 + 106 / 30 = 10.7 \text{ (朵/每個花序)}$$

(三)以結果比例表示此種機制的授粉成功比例：

由於我們觀察單一花序上面成功結果的數量幾乎都只有一個，所以我們把分子（單位花序的結果數量）當作 1。計算如下：

$$1 \div 10.7 = \frac{1}{10.7} \text{ (結果數目/每個花序上的花朵數目)}$$

陸、討論

一、馬利筋的生態適應：

- (一) 本校生態教學區的馬利筋原本只是校園角落裡的一小叢，後來以枝條扦插的方式換到現在的位置。目前已經生長的相當茂密。
- (二) 我們經由搜尋資料得知，馬利筋的毒性會被樺斑蝶的幼蟲所利用，轉為自己體內的毒素。所以通常斑蝶類的飛行都很緩慢，因為鳥類不會吃他們。而成蝶會幫馬利筋傳粉，這就是自然界互利共生的例子。

二、馬利筋的特殊傳粉機制：

- (一) 蘿藦科植物最大特徵是它特殊的花朵構造。以我們的實驗材料馬利筋為例，它的雄蕊、雌蕊合在一起稱為蕊柱(gynostemium)。蕊柱呈五角柱狀，花粉塊、著粉腺(retinacula)跟連接一對花粉塊的粉塊柄(translator)合成一個『花藥單位』。相鄰的副花冠間有一個凹槽構造，是授粉的昆蟲能夠踩踏的地方。當昆蟲飛走時，會順勢帶走一個花藥單位。等到牠停棲到另一朵花上時，同樣受到花朵構造的限制而把腳放在相同地方。此時，粉塊柄已經扭轉以致於原本成平面的整個構造變成90度折角。於是，花粉塊便能碰觸到在著粉腺下方的柱頭位置。花粉塊破裂，完成授粉。
- (二) 因為被取出來的花藥單位會隨著昆蟲的採蜜而帶到另一朵花。因此，我們可想見另一朵接受花粉的花朵必須已經被抽出花藥單位，才能空出一個位置接受另一個被授粉者帶過來花粉。

由此可見，授粉成功的機率應該是非常小，所以我們也決定統計本校馬利筋族群的結果比例。

此外，我們從實驗結果(二)的蕊柱觀察發現，花粉單位必定要被抽出花絲的筒狀凹槽才能扭轉90度，然後碰觸到另一朵花的柱頭。乍看之下很像很麻煩，但是我們認為這種『強迫異花授粉』可以增加後代的個體差異，增加生存的適應。

(三) 授粉者如何帶走花藥單位的研究：

實驗過程中，我們用刀背推著粉腺來取下花藥單位。取下之後會發現著粉腺是有相當的黏度，不容易將它弄到培養皿或玻片上。可是當我們用紋白蝶附肢上的爪(觀察過程中也有紀錄到紋白蝶停棲在馬利筋上)來鉤取花藥單位時，卻很難辦到。直到去除兩邊的雄蕊之後，可以把花藥單位鉤下來了，但這卻無法模擬自然的情況了。

- (四) 在觀察傳粉者(蝴蝶)種類與數量的統計中，出現最多的是小灰蝶、而紋白蝶數量次之。但是所查到的資料知道馬利筋的主要傳粉者是樺斑蝶。可能是植栽面積不夠大，但是本校之前的馬利筋上有數量頗多的幼蟲。可能是季節上剛轉入春天，所以比較少見。

三、授粉者帶走花藥單位的過程中，發生了什麼事呢？

- (一) 在顯微鏡下觀察能見到扭轉後的粉塊柄。扭轉的結果導致原本是呈180度平面的兩個花粉塊變成90度夾角。而這個型態正好可以在花藥單位回到另一朵花的相同位置時，花粉塊碰到位於著粉腺底下的柱頭而授粉成功。
- (二) 抽離雄蕊之後，經實驗比較發現粉塊柄大約在2分30秒之後會扭轉。而實際環境下，授粉者帶走花粉在空氣中飛舞應該會加速它的扭轉。可是在我們的觀察中，授粉者在不同花朵之間的移動似乎都是十幾秒鐘左右的事。以這樣來看，好像授粉成功的機率更困難了。

關於實際情況下粉塊柄扭轉所需的時間也是可以延伸討論的部分。

四、本校馬利筋族群的結果比率很低：

從 1/10.7 的比例來解釋，幾乎 10 朵以上的花才有 1 朵有機會授粉成功。

柒、結論

一、馬利筋要完成『成功授粉的條件』如下：

- (一) 副花冠有腺體會分泌花蜜吸引授粉者，副花冠上的突起角狀構造跟雄蕊之間的裂縫要能夠有效導引昆蟲的腳碰到著粉腺。我們的實地觀察並且記錄到發現授粉者確實會有剛好把腳踩在著粉腺上的狀況。
- (二) 因為雄蕊構造上的特化，所以花粉塊必須隨著粉腺被往上抽出管狀的雄蕊外面。但是此部分我們實際實驗觀察的結果發現似乎並不容易辦到。
- (三) 花藥單位在空氣中需要足夠時間藉由水分的散失使粉塊柄轉動 90 度。在我們的實驗觀察中發現所需要的時間大概在 2 分 30 秒到 3 分鐘之間。但是在實際情況下，蝴蝶帶走花藥單位時，風的條件應該會加速粉塊柄的轉動。
- (四) 當授粉者把花藥單位帶到另一朵花上，粉塊柄也已經順利扭轉。此時最後的條件是接受花粉的這朵花上面必須已經被抽出原有的花藥單位，才能空出新位置來完成授粉。

二、馬利筋並非台灣原生種，而且這種傳粉機制下的結果率並不高，但是卻夠順利普遍種植在公園或校園裡的原因如下：

- (一) 雖然它是原產地在熱帶美洲，但是台灣地處亞熱帶，在氣候上的條件是類似的。
- (二) 它的無性繁殖也很容易，譬如本校的馬利筋族群就是以莖節的無性繁殖來完成。
- (三) 加上我們所觀察到它的每一個果實中的種子數量很多，種子上又有種繯（毛狀物）的構造可以隨風散播。
- (四) 植物本身有劇毒，吃它的生物除了替它傳粉的樺斑蝶類幼蟲之外，就幾乎沒有了。而幼蟲雖然吃到馬利筋會造成植物本身的損失，但是羽化之後的成蝶就可以就近幫忙傳粉了。

因此雖然最後我們的結論是它的結果率並不高，但是卻還是成功的繁衍了下一代。

三、以後可以持續探討的問題：

- (一) 我們只用了紋白蝶的腳爪去鉤取著粉腺，雖然成功了，但卻是在『極為不自然的拔除雄蕊』的情況下。而且著粉腺本身有黏性，究竟是該用黏的還是用鉤的呢？而在沒有除去雄蕊的情況下無法鉤出花藥單位，是不是因為真正的授粉者是與它有共生關係的樺斑蝶才有特殊腳爪構造可以取下花藥單位嗎？還是另有其他原因？
- (二) 雖然知道粉塊柄是藉由水分的散失而轉動，但是我們在複式顯微鏡下看不清楚粉塊柄的細微構造，還是無法更清楚瞭解為何水分的有無會改變粉塊柄的形狀。

捌、參考資料

- 一、國中自然與生活科技 第二冊 第四章 第五節 植物界的生物 p80~85 南一書局
- 二、楊遠波 台灣維管束植物簡誌 第三卷 蘿藦科 台北 行政院農業委員會 1999
- 三、黃俊霖 花的奇妙構造（四）馬利筋的『花粉塊』傳粉機制
<http://e-info.org.tw/topic/plant/Asclepias-curassavica/Asclepias-curassavica.htm>
- 四、Wikipedia 維基百科全書 互利共生 蘿藦科植物
<http://zh.wikipedia.org/wiki/%E5%85%B1%E7%94%9F>

評 語

031706 旋轉 90 度的秘密~探討馬利筋的特殊傳粉機制

本研究探討植物的生殖行為，以馬利筋花粉塊為材料，並已獲得初步的結果。

已觀察獲得的結果，可以綜合並建構模型，以強化本研究的深度。