

中華民國第四十六屆中小學科學展覽會
作品說明書

國小組 自然科

最佳創意獎

081549

遠離家園-具翅種子、果實的飛行模式分析

學校名稱： 桃園縣桃園市中山國民小學

作者： 小六 鄭翔 小六 汪邦宸 小六 李秉恒	指導老師： 林文鄉
----------------------------------	--------------

關 鍵 詞：具翅種子、具翅果實、飛行模式

遠離家園—具翅種子、果實的飛行模式分析

壹、摘要

收集各類具翅種子、果實，觀察及測量其外型構造，研究其有利於飛行的原因，並和普通種子比較。此外，藉著設計實驗，來分析其飛行效能及飛行模式，嘗試了解種子、果實如何以飛行的方式飄散到遠處，避免與母株競爭，以爭取最大的生存機會。結果發現不同種類植物的種子、果實發展出幾種飛行的模式，有旋轉、滾轉、滑翔、擺動等，有些模式能讓種子、果實散播的更遠。而且，不同種植物間其種子、果實的飛行模式具有驚人的相似處。

貳、研究動機

自然課裡有一個單元「生物的繁殖」，介紹植物種子如果落在附近發芽，將很難和母株競爭陽光、水分、養分和生存空間，以致會影響幼苗成長。因此大部分的植物會千方百計的把自己的種子、果實分散出去，以增加生存機會。經由課本，我們知道種子散播的方式有靠自身力量彈出、藉風力、藉水力、靠動物……等等。其中藉風力散播的部份，我們發現有些植物的種子、果實具有很特殊的翅膀構造，更有特殊的飛行動作，因此激起我們的好奇心，陸續到校園、公園、街道及植物園去尋覓更多的飛翔種子、果實，希望透過觀察與實驗，能進一步了解其飛行模式的神奇與奧妙。



圖 1：本研究所收集的各類種子、果實

參、研究目的

- 一、觀察具翅種子、果實的型態特徵。
- 二、比較具翅種子、果實與無翅種子、果實的差別。
- 三、研究具翅種子、果實的飛行模式。
- 四、分析具翅種子、果實的飛行穩定性。
- 五、研究高度對具翅種子、果實散播的影響。
- 六、研究風力對具翅種子、果實散播的影響。

肆、研究設備及器材

碼表、電子秤、皮尺、鉛錘、棉線、風扇、風速計、照相機、圓錐體模型、游標卡尺

表 1:所研究的植物類別及部位

植物類別	研究部位
大葉桃花心木	種子
青楓	單翅果
黃鐘花	種子
印度紫檀	莢果
印度黃檀	莢果
紫薇	種子
大花紫薇	種子
藍花楹	種子
肯氏南洋杉	種子
翅果鐵刀木	種子
羊蹄甲	種子
台灣百合	種子
黃花風鈴木	種子
盾柱木	莢果
鳳凰木	種子

伍、研究過程、結果及發現

一、研究一：具翅種子、果實的型態特徵與基本資料分析

(一) 方法：

1. 收集各類植物的種子、果實，每種以 30 個為樣本。
2. 觀察其基本型態。
3. 把種子約略當作長方形，定義最長處為翅長，最寬處為翅寬，並計算其平均值。
4. 以電子秤量其重量，有些種子重量極輕，採秤多數之後再取平均值。
5. 表面積以平均的翅長乘翅寬所得之值來估計。
6. 計算單位表面積的重量及長寬比（翅長/翅寬）。
7. 用圓錐體模型測量其重心位置。

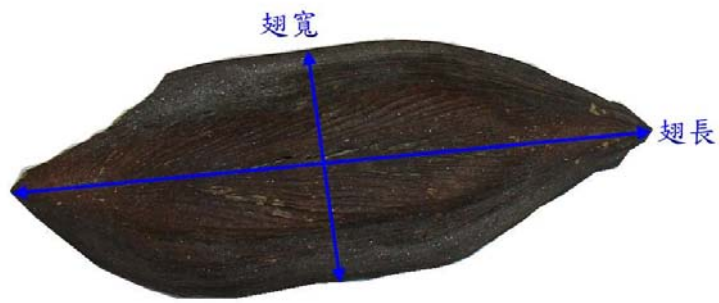


圖 2：種子的翅長、翅寬



圖 3：測重量



圖 4：量長、寬



圖 5：測重心

(二) 結果：

表 2：種子、果實的基本資料

類別	翅長 (公分)	翅寬 (公分)	重量 (公克)	表面積 (平方公分)	重量/表面積 (公克/平方公分)	長寬比 (翅長/ 翅寬)
大葉桃花心木	8.07	1.973	0.436	15.92	0.0274	4.09
青楓	2.43	0.776	0.04	1.89	0.021	3.13
黃鐘花	1.785	0.62	0.0062	1.106	0.0056	2.88
印度紫檀	5.20	5.31	0.76	27.61	0.0275	0.98
印度黃檀	4.82	1.12	0.037	5.40	0.00685	4.30
紫薇	0.67	0.28	0.00052	0.1876	0.0028	2.39
大花紫薇	1.32	0.56	0.0054	0.74	0.0073	2.36
藍花楸	2.17	1.12	0.015	2.43	0.0062	1.94
肯氏南洋杉	2.396	2.99	0.25	7.164	0.035	0.80
翅果鐵刀木	0.64	0.51	0.043	0.326	0.132	1.25
羊蹄甲	1.40	1.18	0.21	1.65	0.127	1.19
台灣百合	0.68	0.44	0.00068	0.3	0.00226	1.55
黃花風鈴木	2.70	0.885	0.0181	2.39	0.00757	3.05
盾柱木	6.82	2.26	0.72	15.4	0.0468	3.02
鳳凰木	1.92	0.66	0.27	1.267	0.213	2.91

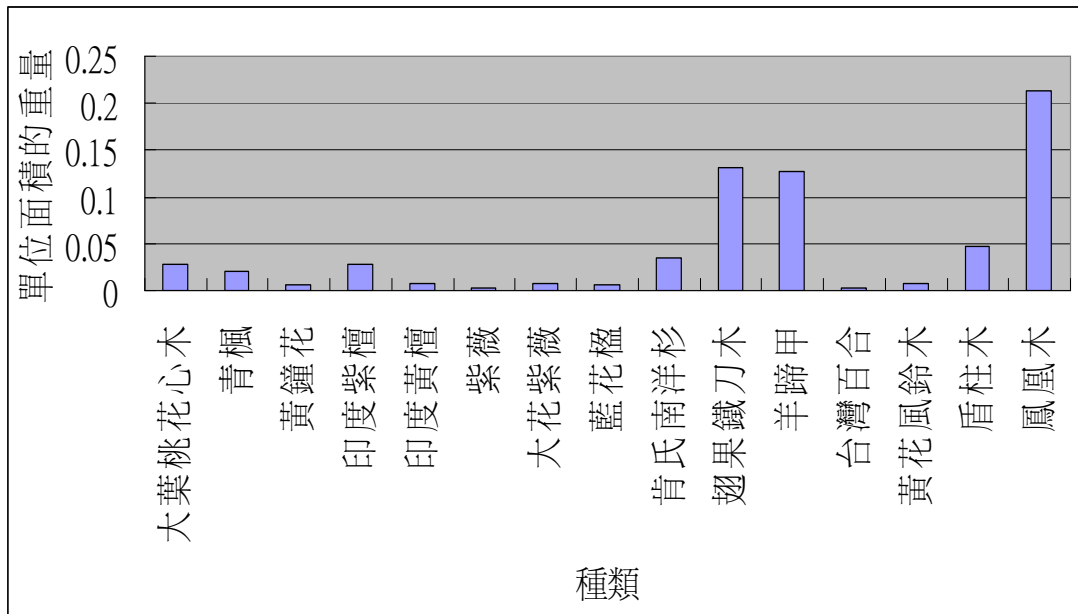


圖 6：種子、果實的單位面積重量

(三) 發現：

1. 具翅種子、果實有薄翅狀物，可增加表面積，像飛機的機翼或鳥類的翅膀一樣，可增加升力、減少阻力，有利於散播距離的延長。
2. 具翅種子、果實一般具有重量輕、表面積大的特點，其單位面積的重量非常小。
3. 翅果鐵刀木種子顆粒小、無翅；羊蹄甲種子如圓盤，然而重量重；盾柱木莢果呈扁狀，雖表面積頗大，然而重量仍稍重；鳳凰木種子不具翅狀物，而且重量重。由觀察知此四種果實、種子並非具翅種子、果實，其單位面積的重量也都比較大，在此可作比較用。



圖 7：翅果鐵刀木種子



圖 8：羊蹄甲種子



圖 9：盾柱木莢果



圖 10：鳳凰木種子

二、研究二：具翅種子、果實的飛行模式分析

(一) 方法：

1. 在無風狀態，取種子、果實分別由高處釋放。
2. 反覆觀察其飛行動作。
3. **X 軸**定義為平行種子平面較長之一邊；**Y 軸**定義為平行種子平面較短之一邊；**Z 軸**定義為垂直種子平面。

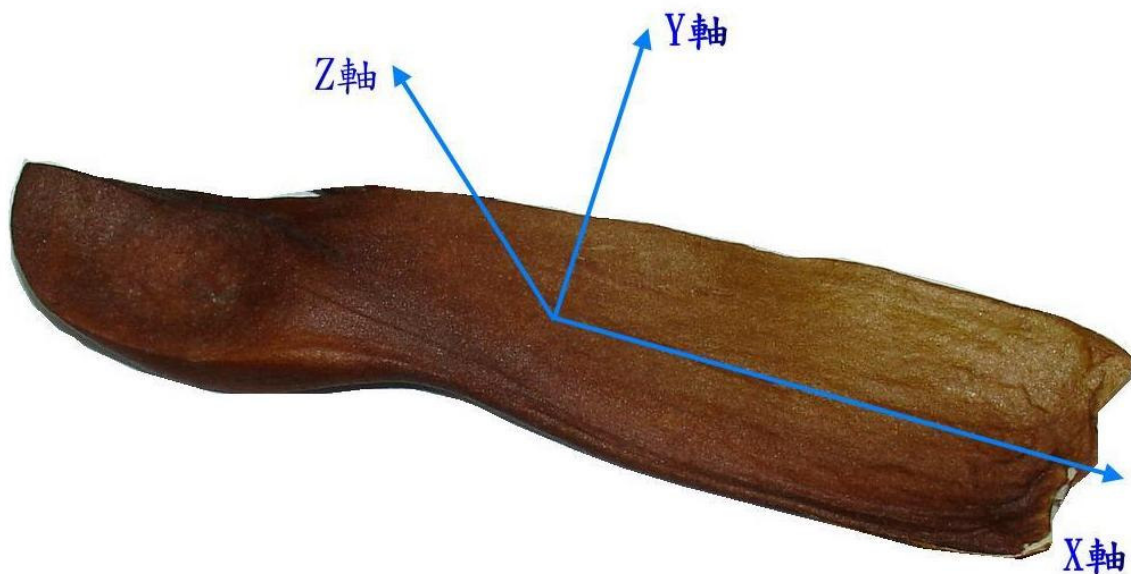


圖 11：座標軸的定義

種子的運動方式定義如下：

對著 X 軸轉動稱為**滾轉**

對著 Y 軸轉動稱為**翻轉**

對著 Z 軸轉動稱為**旋轉**

左右搖晃稱為**擺動**

平穩前進稱為**滑翔**

無明顯轉動或擺動現象稱為**墜落**

(二) 結果：

表 3：飛行動作

類別	飛行動作
大葉桃花心木	旋轉
青楓	旋轉
黃鐘花	旋轉或滑翔
印度紫檀	擺動
印度黃檀	滾轉或擺動
紫薇	旋轉
大花紫薇	旋轉
藍花楹	旋轉或滑翔
肯氏南洋杉	滑翔
翅果鐵刀木	墜落
羊蹄甲	墜落
台灣百合	滾轉、翻轉或滑翔
黃花風鈴木	旋轉或滑翔
盾柱木	擺動或墜落
鳳凰木	墜落

(三) 發現：

1. 由飛行動作來區分，大葉桃花心木、青楓（單翅果）、紫薇、大花紫薇其種子、果實可分為同一類，其種子、果實皆呈不對稱形，種仁偏向一邊，使重心也偏向靠近種仁的這一邊，翅的兩邊厚薄不同，由厚邊先畫過空氣後開始旋轉。飛行模式為以重心為中心的方式旋轉。

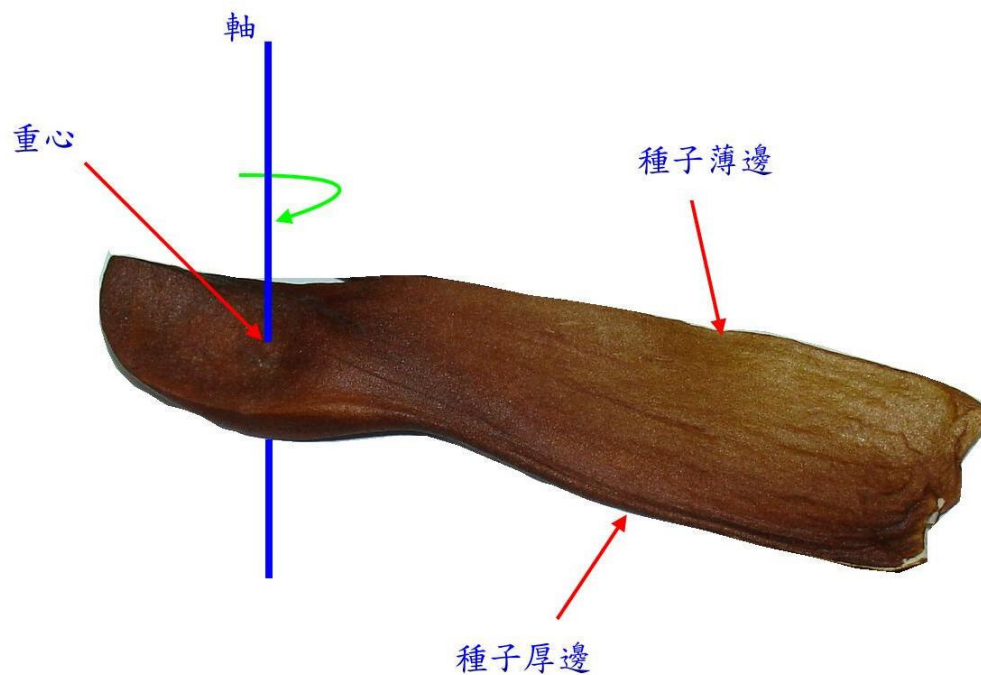


圖 12：不對稱旋轉模式



圖 13：大葉桃花心木種子



圖 14：青楓翅果



圖 15：紫薇種子



圖 16：大花紫薇種子

2. 由飛行動作來區分，黃鐘花、藍花楸、黃花風鈴木種子可分為同一類，因為其種子皆對稱形，呈雙翅構造，重心在種子中心位置，飛行模式為以重心為中心的方式旋轉。此類的種子重量特別輕，翅很薄。

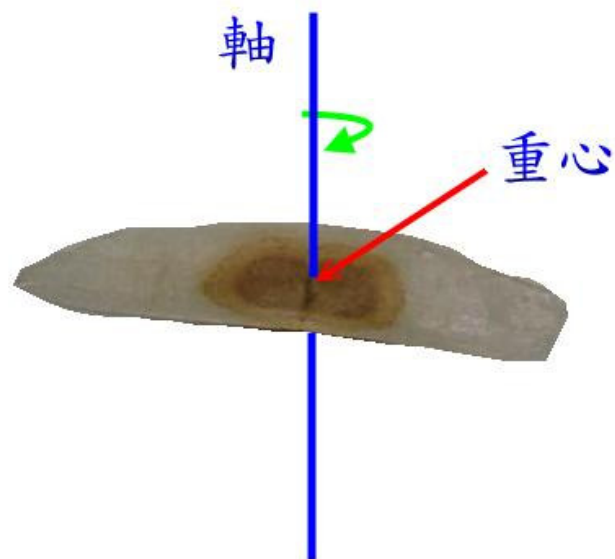


圖 17：對稱旋轉模式



圖 18：黃鐘花種子



圖 19：藍花楹種子



圖 20：黃花風鈴木種子

3. 由飛行動作來區分，滾轉的印度黃檀莢果可分為一類，其特點是翅長比翅寬大很多，圖 22 顯示，印度黃檀的翅長與翅寬比值最大，可見長寬比較大是滾轉模式的必要條件。

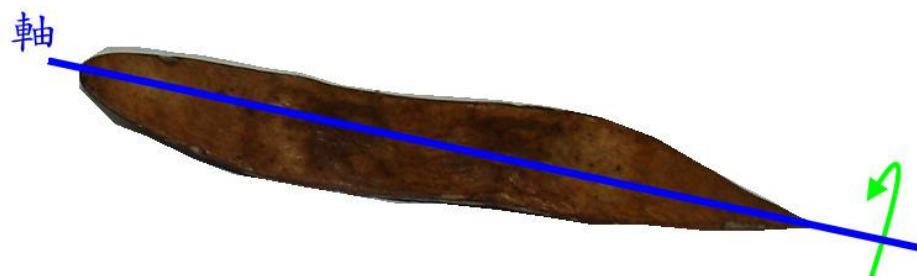


圖 21：滾轉模式

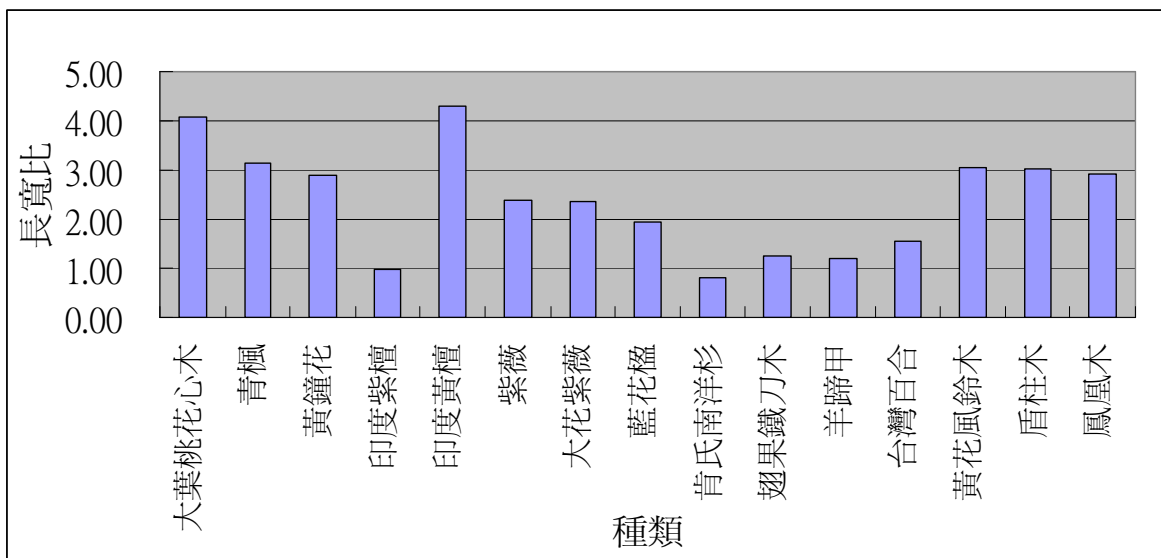


圖 22：翅長與翅寬的比值



圖 23：印度黃檀莢果

4. 由飛行動作來區分，擺動的印度紫檀莢果可分為一類，其造型像飛碟，種子位於中心位置，周圍有翅、翅有皺褶。其長寬比最接近 1，飛行模式是擺動，但並不很規律，靠的是大表面積造成較大的空氣阻力，以飄離的方式遠離母株。



圖 24：印度紫檀莢果

5. 台灣百合種子的飛行方式有滾轉、翻轉與滑翔，較無規律性，推測因為種子重量極輕，且薄如紙，本身會隨氣流而飄散。



圖 25：台灣百合種子

6. 肯氏南洋杉的種子類似葵花子，種子周圍延伸有薄翅，但是重量不輕，飛行的軌跡不是很規律，推測是因為翅膀並不平滑、對稱有關，飛行動作主要是滑翔。



圖 26：肯氏南洋杉種子

7. 翅果鐵刀木、鳳凰木是無翅種子，種子急速墜落。羊蹄甲、盾柱木種子或果實具有扁平的特點，然而種子重量重，大多以墜落方式掉落。

三、研究三：紙片模擬分析

(一) 方法：

1. 剪裁紙片，重量、表面積保持不變，改變長寬比，觀察紙片飄落的差異。
2. 剪裁紙片，表面積、長寬比保持不變，改變重量，觀察紙片飄落的差異。



圖 27：紙片模擬

(二) 發現：

1. 重量、表面積保持不變，紙片長寬比越大，也就是越細長，飄落時的飛行模式越能表現出滾轉；若紙片越接近正方形則會混雜翻轉、滾轉、擺動的不規律飛行模式。
2. 表面積、長寬比保持不變，紙片重量越重，飄落時不再滾轉，取而代之的是擺動及墜落。
3. 由以上實驗可知，單位面積的重量及長寬比會影響飛行模式。

四、研究四：具翅種子、果實的飛行動作穩定性分析

(一) 方法：

1. 在種子、果實的一面上用螢光筆塗上顏色，以區別正、反面。
2. 在無風時，種子或果實分別以不同的姿態（正面、反面、側面）由高處釋放，觀察其飛行動作有無差異。



圖 28：畫記號



圖 29：正面



圖 30：反面



圖 31：側面

(二) 發現：

1. 大葉桃花心木、青楓、紫薇、大花紫薇其種子、果實不管由什麼姿態釋放，落下一段距離之後，最終皆能進入旋轉的飛行模式，顯示這類種子、果實的飛行穩定性極佳。正、反面皆可能朝上而旋轉，然而不管哪一面朝上，都是由厚邊先畫過空氣旋轉。有時會有翻面的情形，尤其是大葉桃花心木種子，正、反面明顯有差異，正面較平，反面末端種仁突出，由正面、反面、側面釋放後絕大多數是正面朝上旋轉落下，我們推論是末端種仁的重量使種子會在空中自動翻面。
2. 黃鐘花、藍花楸，不論正、反、側面釋放皆能進入旋轉狀態，然而黃花風鈴木種子具有明顯的上反角，反面釋放就是下反角，不僅旋轉變慢，也較不穩定。



圖 32：黃花風鈴木種子，上反角特寫

3. 印度黃檀莢果側面釋放易產生滾轉，正面、反面釋放易產生擺動。
4. 印度紫檀莢果不論正、反、側面釋放都是擺動落下，但並沒有穩定的飛行軌跡。
5. 台灣百合種子由正、反、側面釋放，都無規律的飛行動作。
6. 肯氏南洋杉的種子由正、反、側面釋放，其飛行動作主要是滑翔，但並沒有穩定的飛行軌跡。
7. 翅果鐵刀木、鳳凰木、羊蹄甲、盾柱木種子、果實不論正、反、側面釋放皆無明顯的飛翔動作。

五、研究五：具翅種子、果實的滯空時間與散播距離探討

(一) 方法：

1. 在無風狀態，取種子、果實分別由兩公尺的高度釋放。
2. 每一種以 30 個種子、果實為測量的樣本。
3. 測量滯空時間（從種子釋放後到落地之間的時間），取平均。

4. 測量散播距離（從種子釋放處到落地處之間的水平距離），取平均。



圖 33：定點釋放

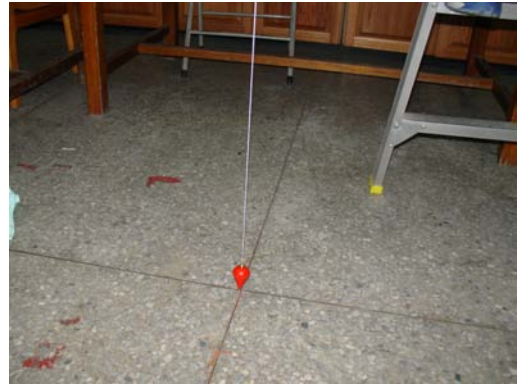


圖 34：以鉛錘定出落下的原點



圖 35：以皮尺測量距離

(二) 結果：

表 4：滯空時間、散播距離的平均值

類別	滯空時間 (秒)	散播距離 (公分)
大葉桃花心木	1.85	11.78
青楓	2.01	9.30
黃鐘花	2.59	10.80
印度紫檀	1.21	57.17
印度黃檀	1.54	50.20
紫薇	2.22	9.67
大花紫薇	2.21	6.60
藍花楹	2.26	8.67
肯氏南洋杉	0.90	16.25
翅果鐵刀木	0.51	0
羊蹄甲	0.87	0
台灣百合	3.24	7.50
黃花風鈴木	2.18	8.87
盾柱木	0.86	37.33
鳳凰木	0.62	0

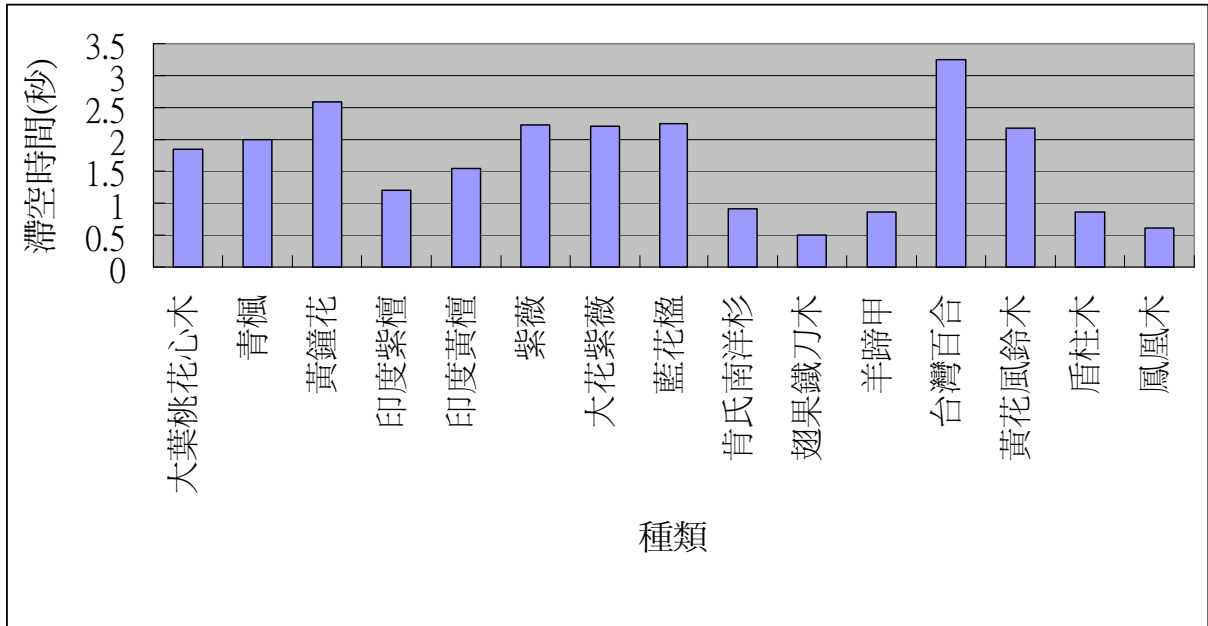


圖 36：滞空時間比較

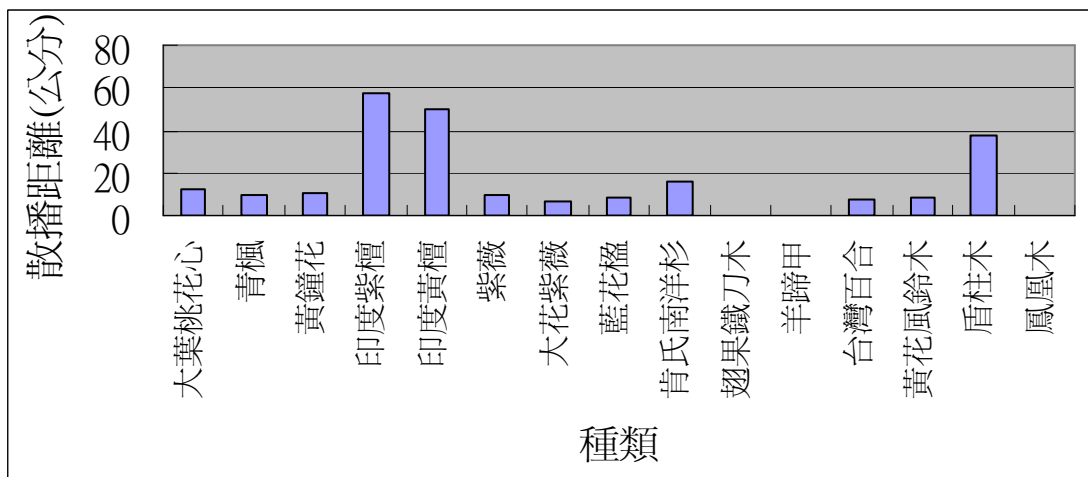


圖 37：散播距離比較

(三) 發現：

1. 滞空時間與重量較有關係，重量越輕，滞空時間越長。例如台灣百合、黃鐘花、藍花楹。
2. 散播距離與表面積較有關係，表面積越大，散播距離越長。例如印度紫檀、盾柱木。
3. 滾轉有助於種子、果實散播距離的增長。例如印度黃檀。
4. 無風時，旋轉模式對種子、果實散播距離較無幫助。例如大葉桃花心木、青楓、黃鐘花、紫薇、大花紫薇、黃花風鈴木、藍花楹其種子、果實散播距離比較起來並不特別突出。推測因為這類種子、果實皆繞著重心旋轉，無法像滾轉一樣產生橫向的移動力。
5. 旋轉有助於種子、果實延長滞空時間，例如大葉桃花心木、青楓、黃鐘花、紫薇、

大花紫薇、黃花風鈴木、藍花楹，其種子、果實滯空時間皆比較長。

六、研究六：高度對具翅種子或果實散播的影響

(一) 方法：

1. 在無風狀態，取具翅種子、果實分別由 2 公尺、8 公尺的高度釋放。
2. 每一種以 30 個種子、果實為測量的樣本。
3. 測量滯空時間、散播距離，取平均。

(二) 結果：

表 5：不同高度滯空時間及散播距離的平均值

類別	滯空時間 (秒)		散播距離 (公分)	
	2 公尺	8 公尺	2 公尺	8 公尺
大葉桃花心木	1.85	12.68	11.78	160.33
青楓	2.01	10.25	9.30	99.50
黃鐘花	2.59	23.68	10.80	242.56
印度紫檀	1.21	3.88	57.17	141.22
印度黃檀	1.54	7.79	50.20	311.52
紫薇	2.22	24.72	9.67	264.32
大花紫薇	2.21	10.05	6.60	68.24
藍花楹	2.26	10.77	8.67	173.23
肯氏南洋杉	0.90	3.02	16.25	89.52
翅果鐵刀木	0.51	1.86	0	12.25
羊蹄甲	0.87	1.64	0	16.65
台灣百合	3.24	14.41	7.50	305.56
黃花風鈴木	2.18	11.31	8.87	266.43
盾柱木	0.86	3.21	37.33	167.50
鳳凰木	0.62	1.25	0	14.52

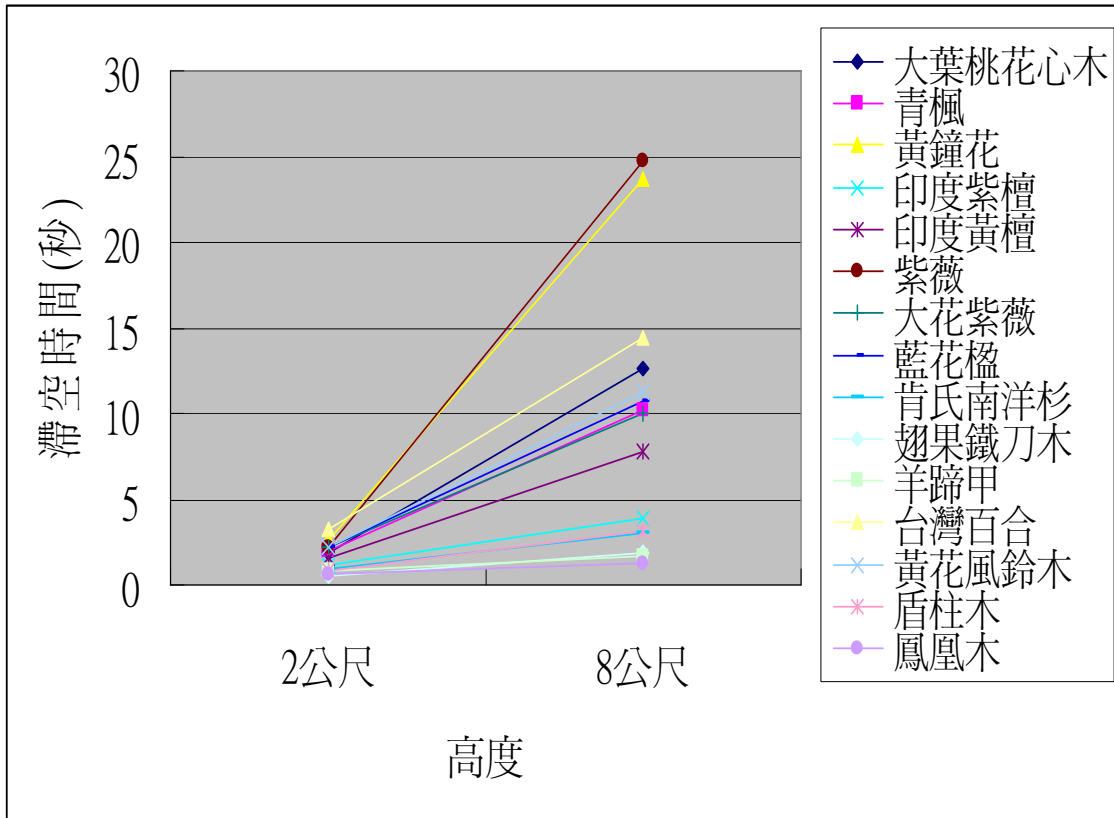


圖 38：不同高度的滞空時間比較

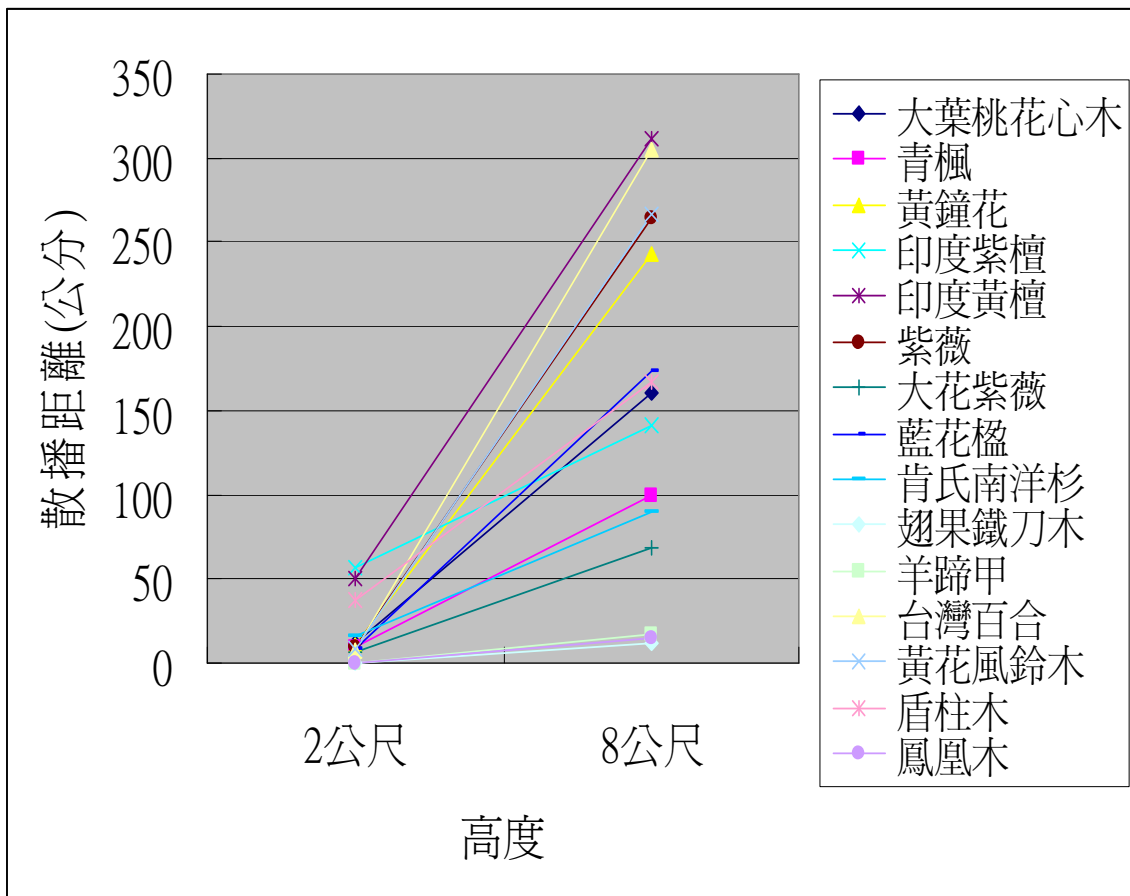


圖 39：不同高度的散播距離比較

(三) 發現：

1. 隨著高度的增加，具翅種子、果實的滯空時間及散播距離的增加都比無翅種子、果實明顯很多。
2. 隨著高度的增加，重量越輕對滯空時間、散播距離的延長的效果更加突顯。例如台灣百合、紫薇、黃花風鈴木、黃鐘花。
3. 隨著高度的增加，滾轉對散播距離的增加效果更加突顯。例如印度黃檀。

七、研究七：風力對具翅種子、果實散播的影響

(一) 方法：

1. 在無風狀態，取具翅種子、果實分別由 2 公尺釋放。
2. 以每種 30 個種子、果實為測量樣本。
3. 在弱風（風速 2m/s）狀態，取具翅種子、果實分別由 2 公尺釋放。
4. 在強風（風速 3m/s）狀態，取具翅種子、果實分別由 2 公尺釋放。
5. 分別測量滯空時間、散播距離，取平均。



圖 40：測風速



圖 41：實驗裝置

(二) 結果：

表 6：不同風速的滯空時間及散播距離平均值

類別	滯空時間 (秒)			散播距離 (公分)		
	無風	弱風 (2.0m/s)	強風 (3.0m/s)	無風	弱風 (2.0m/s)	強風 (3.0m/s)
	大葉桃花心木	1.85	2.28	2.44	11.78	188.20
青楓	2.01	2.10	2.50	9.30	179.00	212.10
黃鐘花	2.59	2.58	2.57	10.80	152.50	223.33
印度紫檀	1.21	1.51	1.45	57.17	89.00	133.00
印度黃檀	1.54	1.52	1.88	50.20	88.75	146.50
紫薇	2.22	2.81	2.97	9.67	105.33	154.00
大花紫薇	2.21	2.34	2.69	6.60	132.25	227.33
藍花楹	2.26	2.82	3.02	8.87	199.13	204.15
肯氏南洋杉	0.90	1.15	1.30	16.25	61.67	78.67
翅果鐵刀木	0.51	0.81	0.92	0	5.00	13.50
羊蹄甲	0.87	0.77	0.91	0	6.50	6.20
台灣百合	3.24	3.32	3.31	7.50	185.82	231.26
黃花風鈴木	2.18	2.49	2.53	34	165.67	232.50
盾柱木	0.86	1.11	1.03	37.33	44.33	74.67
鳳凰木	0.62	0.78	1.19	0	2.50	8.60

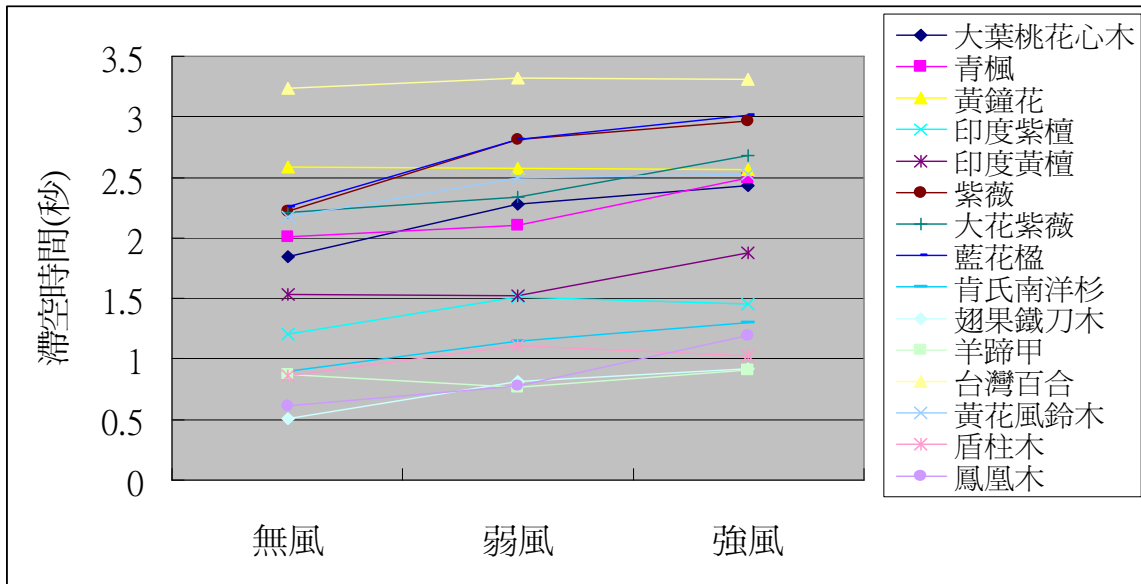


圖 42：不同風速的滯空時間比較

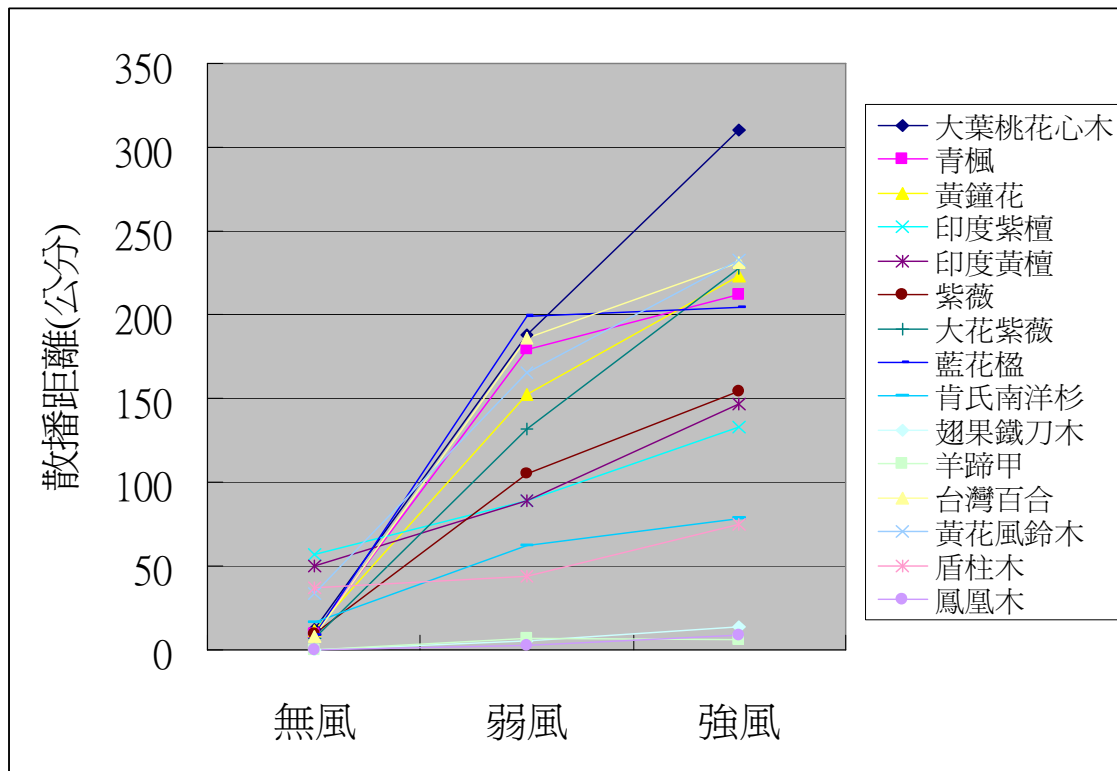


圖 43：不同風速的散播距離比較

(三) 發現：

1. 各種子、果實在不同風速下的滯空時間些微增加。
2. 隨著風力增強，具翅種子、果實散播距離的增加都比無翅種子、果實明顯很多。
3. 散播距離的增加，以不對稱旋轉模式，例如大葉桃花心木、青楓、紫薇、大花紫薇受到風的影響最明顯；對稱旋轉模式，例如黃鐘花、藍花楸、黃花風鈴木受到風的影響也很明顯。顯示滯空時間長，受風吹襲的效果也增強。同時顯示此類種子、果實在有風的情形下穩定性良好，也更佔優勢。

陸、討論

- 一、青楓的翅果有雙翅構造，可是發現雙翅狀態並無法旋轉飛行，而是會墜落，根據野外的觀察，青楓翅果成熟後，雙翅之間會鬆脫並分離，以單翅果才能旋轉飛行，也才能散播更遠的距離。楓樹科植物的翅果皆有如青楓，推測這類植物翅果的飛行模式也相似。
- 二、大葉桃花心木、青楓、紫薇、大花紫薇，其種子、果實皆呈不對稱形，重心偏向一邊，翅的兩邊厚薄不同有如鳥類的翅膀或飛機的機翼。根據伯努利原理，流過上翼面會加速，造成上下壓力差，因此能產生升力。所以這一類種子受到風的吹襲之後，反而散播距離更遠。然而，這類種子在無風狀態下，其散播距離並不特別長，但旋轉飛行模式可延長滯空時間，因此能增加其接受風影響的機會。旋轉也能增快種子面與空氣的相對速度，因此也有利提昇升力。研究顯示，旋轉也能增加飛行的穩定性，使種子、果實不至於很快失速墜落。

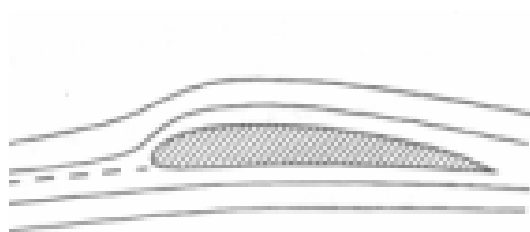


圖 44：空氣流過翼面

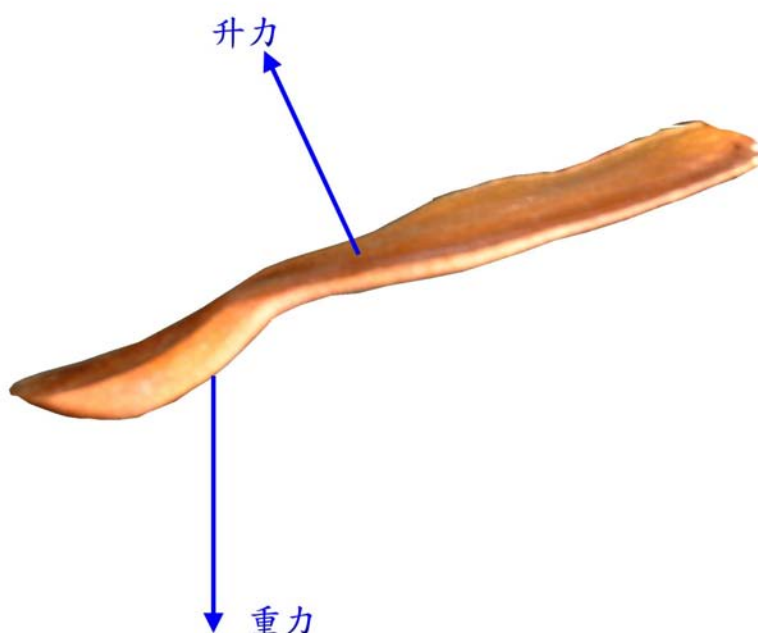


圖 45：不對稱旋轉模式，重力與升力的關係

- 四、黃鐘花、藍花楸、黃花風鈴木種子其種子皆對稱形，呈雙翅構造，重心在種子中心位置。飛行模式為以重心為中心的方式旋轉。此類種子重量特別輕，翅很薄。當翅能保持完整對稱時，會以滑翔的方式運動；當翅不能保持完整時，容

易產生旋轉的動作。其外形如滑翔翼，並有類似飛機上反角構造，尤其是黃花風鈴木種子最明顯，根據參考資料 2 指出，上反角有助於飛行穩定。

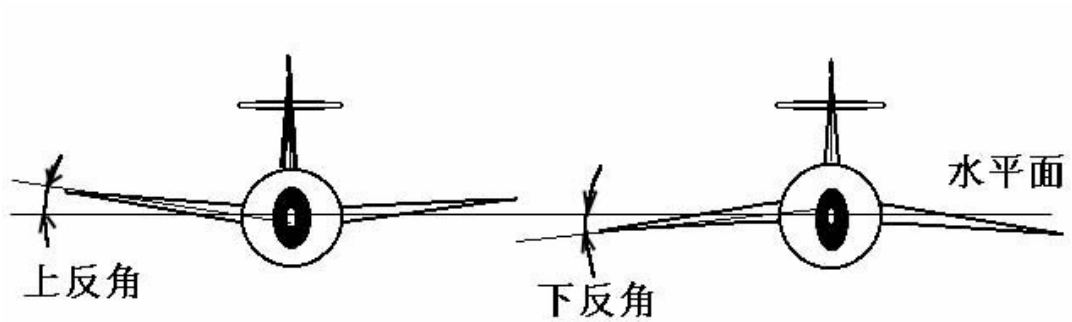


圖 46：飛機上反角

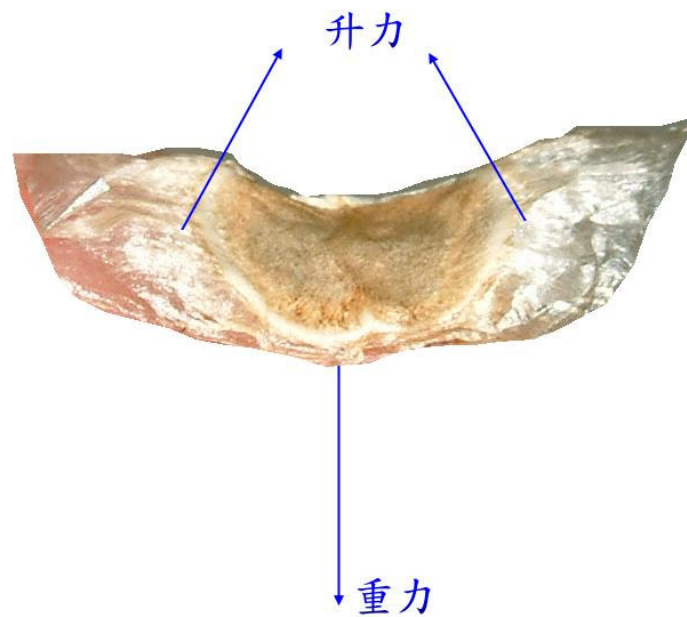


圖 47：對稱旋轉模式，升力、重力關係

- 五、以上討論的這兩類樹木種子、果實，許多是不同科的植物，其外形、花的顏色都不大相同，然而其飛行模式卻有許多驚人的相似處，可見此種飛行模式有其優勢之處，而用飛行模式來做為分類依據，也是新奇而大膽的嘗試。
- 六、後來又陸續收集到黃杞果實、台灣二葉松種子，他們是不對稱的旋轉類；馬尼拉欖仁翅果的飛行模式類似印度紫檀；蒜香藤種子的飛行模式類似印度黃檀。



圖 48：黃杞果實



圖 49：台灣二葉松種子



圖 50：馬尼拉欖仁翅果



圖 51：蒜香藤種子

柒、結論

- 一、具翅種子、果實不單具有翅的構造，其單位面積的重量也非常小。翅除了增加表面積，也能增加升力，減少阻力，有利於散播距離的延長。
- 二、種子、果實的飛行模式有滾轉、不對稱旋轉、對稱旋轉、滑翔、擺動等方式，其中滾轉模式可延長散播距離；旋轉模式的穩定性極佳，有風的狀態下散播距離倍增。
- 三、種子、果實單位面積的重量及長寬比會影響飛行模式。以紙片模擬種子飛行，重量、表面積保持不變，紙片長寬比越大，飄落時的飛行模式越能表現出滾轉；若紙片越接近正方形則會混雜翻轉、滾轉、擺動的不規律飛行模式。表面積、長寬比保持不變，紙片重量越重，飄落時不再滾轉，取而代之的是擺動及墜落。
- 四、滯空時間與重量較有關係，重量越輕，滯空時間越長。
- 五、散播距離與表面積較有關係，表面積越大，散播距離越長。
- 六、由飛行動作來區分，大葉桃花心木、青楓、紫薇、大花紫薇其種子、果實可分為同一類，因其種子、果實皆呈不對稱形，重心皆偏向一邊。翅的兩邊厚薄不同，以重心為中心由厚邊先畫過空氣後開始旋轉。此類種子飛行的效能高，尤其在有風的情形下，往往還能御風而行，散播的距離倍增。在無風狀態下，種子散播距離並不特別長，然而旋轉的飛行模式可延長滯空時間，因此能增加其接受風影響

的機會，同時旋轉能增快種子面與空氣的相對速度，也有利提昇升力。

- 七、大葉桃花心木、青楓、紫薇、大花紫薇其種子、果實不管由什麼姿態釋放，落下一段距離之後，最終皆能進入旋轉的飛行動作。在有風的時，也能保持旋轉，散播距離也倍增，顯示這類種子、果實飛行模式的穩定性極佳，使種子、果實不至於很快失速墜落。
- 八、由飛行動作來區分，黃鐘花、藍花楹、黃花風鈴木種子可分為同一類，因為其種子對稱形，呈雙翅構造，重心在種子中心位置，飛行模式為以重心為中心的方式旋轉，有時也能滑翔飛行。此類的種子重量特別輕，翅很薄。其外形有如滑翔翼，並且有類似飛機上反角構造，有助於飛行平穩。
- 九、由飛行動作來區分，滾轉的印度黃檀莢果可分為一類，其特點是翅長比翅寬大很多。長寬比較大、單位面積重量較小，是滾轉模式的條件。滾轉模式有助於增加散播距離。
- 十、擺動的印度紫檀莢果可分為一類，其飛行模式、飛行軌跡較無規律性，靠的是大的表面積造成較大的空氣阻力，以飄離母株。
- 十一、台灣百合種子的飛行方式有翻轉、滾轉與滑翔，較無規律性，這類種子主要靠重量輕，且薄如紙，隨氣流而飄散遠處。
- 十二、肯氏南洋杉是裸子植物，這類植物通常很高大，因此種子飛行模式主要靠滑翔。
- 十三、隨著高度的增加，具翅種子、果實的滯空時間與散播距離的增加都比無翅種子、果實明顯很多。
- 十四、隨著風力的增加，具翅種子、果實的散播距離的增加都比無翅種子、果實明顯很多。

捌、參考資料及其他

- 一、賴麗娟 台灣野果觀賞情報 初版 台灣 晨星出版社 民93年
- 二、黃彥嘉 飛行的奧妙 初版 台灣 徐氏基金會 民85年

評 語

081549 遠離家園-具翅種子、果實的飛行模式分析

1. 題目有創意，利用紙張模擬種子有創意，但可再改善，讓模型更接近實體。(如重量集中在左、中、右)。
2. 翅長、翅寬的定義包含了種子本身、長形、圓形也不同，可再做修正。