

中華民國第 52 屆中小學科學展覽會

作品說明書

高中組 生物（生命科學）科

040704

沙灘上的勇者－濱刺麥

學校名稱：國立宜蘭高級中學

作者： 高二 藍靖惠 高二 曾奕軒 高二 林恩廷	指導老師： 陳賢賓
-----------------------------------	--------------

關鍵詞：濱刺麥

摘要

探討濱刺麥果實的傳播，何者為最有利其遠播果實的原因。我們將實驗分為球體分析與環境分析。球體分析：先確定樣品的相關數據，然後用三種不同重量分佈的球體做為模型的模型分析，以及在同樣風力下不同大小的保麗龍球受力狀況，最後是透過解剖顯微鏡觀察濱刺麥果實長針上的倒刺。而環境分析方面，因為季節、季風都會影響野外環境植物的生長，所以我們便在其生長地做定時追蹤，例如沙丘坡度、植被疏密、果實數量、及該植物的生長習性等。結果發現濱刺麥質量集中的分布是其不耗材而傳播遠的優勢。

壹、研究動機

在上生物課時，老師跟我們介紹濱刺麥(*Spinifex littoreus*)，那是一種禾本科(Gramineae)植物，其針刺狀果實的傳播方式相當特別，讓我們印象深刻。之後實地去海邊觀察，看到它的果實在沙灘上翻滾爬行的樣子十分可愛，激起我們想研究它的動機。



貳、研究目的

1. 模擬野外植株之生長型態來自製虛擬模型，並找出最佳生長模式。
2. 探究濱刺麥果實長針的分佈對其傳播的影響。
3. 探究濱刺麥果實在沙地上的運動。
4. 探究濱刺麥生長環境變化。

參、研究設備及器材

一、實驗物種：

濱刺麥(*Spinifex littoreus* (Burm. f.) Merr.)

(一)科別：禾本科(Gramineae) 濱刺麥屬。別名：濱刺草、貓鼠刺、老鼠芳、大號刺球。

(二)分布：全省海岸沙丘均有分佈。

(三)特徵：新形成的海岸砂堆，它常常是先驅植物之一，更是良好的防風定沙植物。幼苗能在深沈的沙中生長，逐漸成長，在莖節上生根並長出新芽，形成大的族群。

二、實驗器材：

名稱	規格/來源/個數	名稱	規格/源/個數
沙子	壯圍海邊	解剖顯微鏡	Cat eye
羅盤傾斜儀	x 2	電風扇	強/中/弱風
鐵尺/捲尺	1 M	掃把毛	塑膠
剪刀	x 2	法碼	x 2
電子秤	x 2	棉線	
保麗龍球	x 10	鐵絲	
軌道	x 2	吸管	塑膠
數位相機	x 3	空心球	塑膠/ x 5
Tracker 軟體	網路	MI Plus 軟體	網路

肆、研究過程及方法

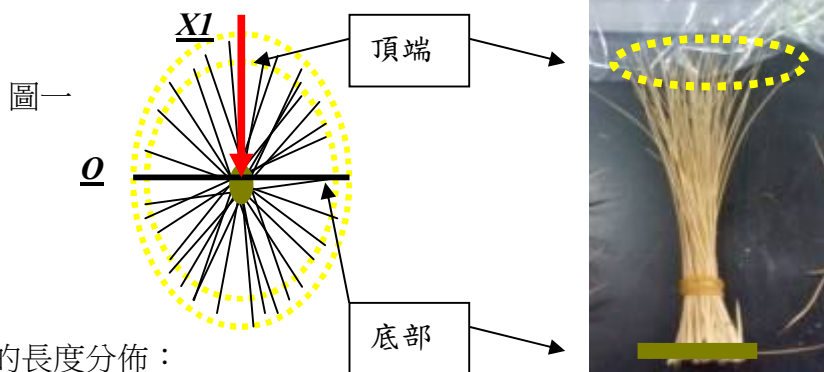
一、濱刺麥果實型態

以宜蘭縣壯圍海邊最大區沙丘為樣區，在樣區內隨機採集數顆個體，測量針狀果實型態，以電子秤測量「針的重量」，以尺測量「針的長度」，由於野外族群的果實針的總數不同，因此將每個果實以單位針上的重量百分比及長度級數百分比，進行統計及分析。

分析項目如下：

(一) 針的重量分佈：

1. 刺針數量：將同一顆果實上的總針數加總。
2. 單位殼層重量：將所有針以有種子處為底部捆成一束，從頂端(X1)至底端(O)用剪刀以一公分為單位剪下，放於電子秤上測重，作圖時由 x 1-O 累加再將其對稱到另一半球，最後除以總重量。(圖一)



(二) 針的長度分佈：

1. 刺針數量:將同一顆果實上的總針數加總。
2. 單位長度:將所有針分別量出其長度，依一公分為單位分群加總，再除以總針數。

(三) 種子分佈：

將濱刺麥果實拆開，挑出孢片內有種子的長針，紀錄長針長度即單顆果實的種子個數。

二、針狀果實最佳生長模式之物理探討：

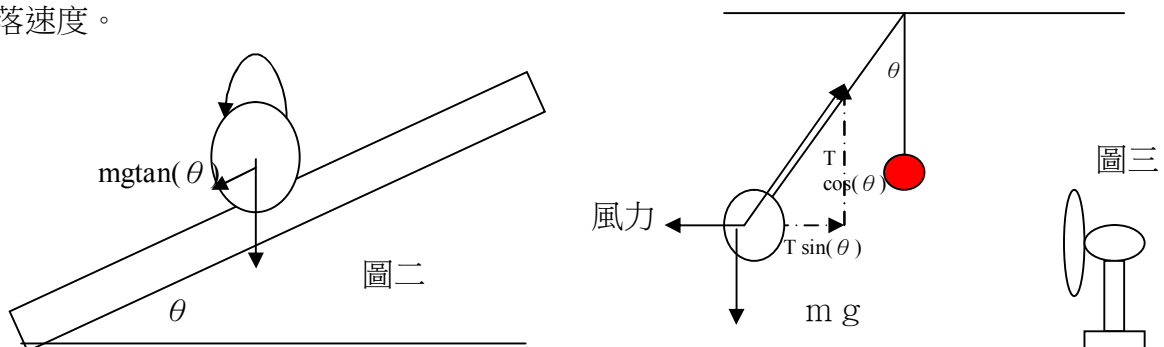
因為濱刺麥是一種質量集中於中心且外圍並不均質的特殊球體，所以我們製作了三種球與其比較：保麗龍實心球、塑膠空心球、模擬濱刺麥的刺刺球（內：保麗龍，外：塑膠刷毛）。

(一) 受風力比較：(圖三)

將三個模型外加五種不同大小的保麗龍球分別在中間穿入鐵軸，兩邊以棉線拉住自高處掛落（球重由綿線支撐），讓電風扇施以風力，記錄其受風後棉線傾角（ θ ），即可換算出實際受風力。

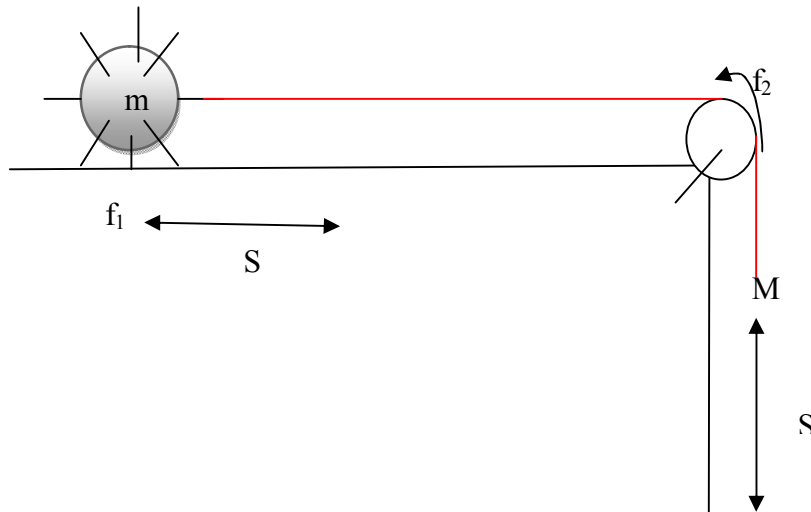
(二) 滾動速度比較: (圖二)

將沙子鋪於軌道上，把自製模型球從軌道高處滾落，輔以相機攝影，計算出球的滾落速度。



三、摩擦力的測定

濱刺麥在沙地上運動必定有受摩擦力的影響，所以我們用以下的裝置來測定濱刺麥在桌面（較光滑）與沙地上的摩擦力比較。



$$Mg - f_1 - f_2 = (M+m) \cdot a$$
$$S = (at^2)/2$$

四、顯微鏡觀察

研究濱刺麥的過程中我們發現其果實上的長針摸起來很粗糙，甚至會割傷人。在解剖顯微鏡下觀察後發現，其長針上尚有許多微米級的倒刺，於是我們將濱刺麥果實拆開，取出其中一根長針，置於解剖顯微鏡下，以數位相機拍攝其在目鏡 x 10，物鏡分別為 x 1/ x 2.5/ x 3.5/ x 4.5 的不同倍率下的圖片，用 MIPlus 軟體測量倒刺長度、間距及角度等。



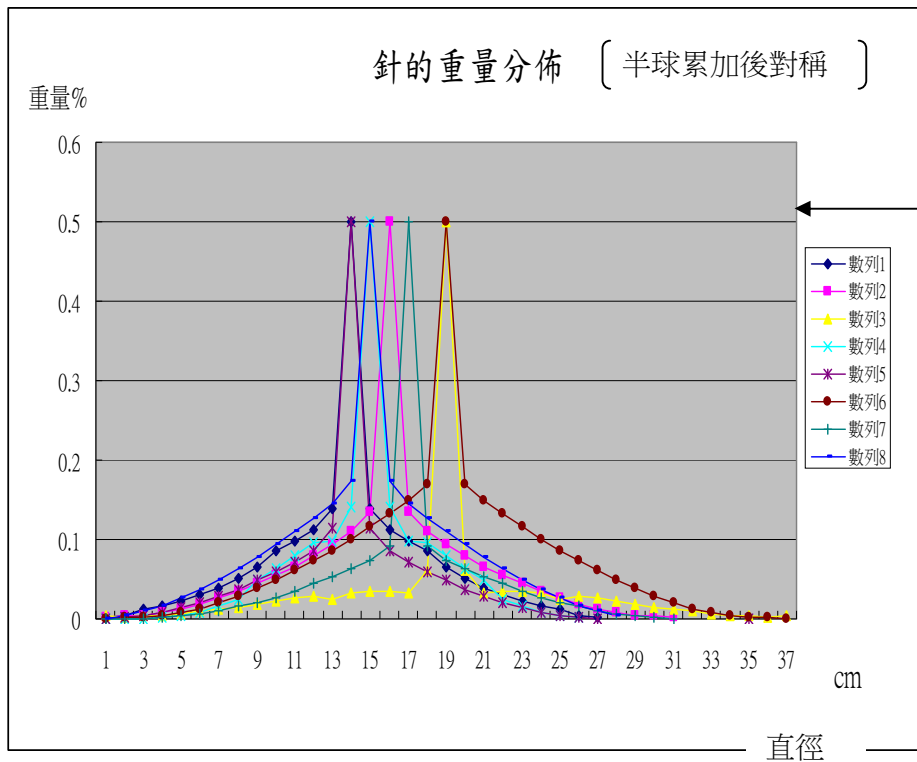
五、實地考察

每隔一個多月到宜蘭壯圍海邊特定砂丘觀察濱刺麥的生長分布，在特定 7 點上追蹤其生長狀況，以羅盤傾斜儀測定方位角及仰角，以捲尺測量中心點至特定位角處濱刺麥生長最廣的長度，並記錄時間、坡腳角度定期追蹤。



伍、研究結果

一、針的重量分佈：



由此分布圖可發現濱刺麥果實的重量非常集中在球的中心，推論該球的類型較偏向實心球外長刺，而非純實心球。

	72 根	144 根	119 根	164 根	284 根	160 根	153 根	134 根
1~2	0.002632	0.002488	0.007413		0.001999	0.000215	0	0
2~3	0.006579	0.006219	0.007706		0.004922	0.002149	0	0.008838
3~4	0.023684	0.00995	0.008413		0.009536	0.004727	0.001286	0.018574
4~5	0.034211	0.014925	0.010007	0.002892	0.016687	0.010099	0.003461	0.032804
5~6	0.044737	0.023632	0.013714	0.007953	0.026992	0.0159	0.007714	0.051678
6~7	0.060526	0.037313	0.019644	0.017206	0.040372	0.025784	0.013449	0.074296
7~8	0.078947	0.052239	0.023721	0.03181	0.05629	0.039536	0.020965	0.098862
8~9	0.102632	0.069652	0.030022	0.048583	0.074669	0.058444	0.030657	0.126273
9~10	0.131579	0.088308	0.038176	0.098757	0.097585	0.079502	0.041733	0.155033
10~11	0.171053	0.109453	0.046701	0.127964	0.11658	0.098625	0.054885	0.187537
11~12	0.197368	0.131841	0.054855	0.159485	0.143571	0.121186	0.069917	0.219143
12~13	0.223684	0.15796	0.055597	0.190283	0.171486	0.14783	0.088113	0.254194
13~14	0.276316	0.189055	0.049296	0.194187	0.22893	0.173399	0.105419	0.289694
14~15		1.0220149	0.067087	0.282099		1.0201762	0.127373	0.346016
15~16		0.268657	0.070793	1		0.233563	0.147449	1
16~17			1.067828			0.265363	0.183347	
17~18			0.064122			0.297379	1	
18~19			0.122683			0.340782		
19~20			1			1		

(附註：也由於重量大都聚集在球心，因此在之後我們以此形狀做模型球時，以實心保麗龍球作為球心，在其表面插刺，也將模型的重量分布以上述的分布圖作為標準製作。)

以下是將上述的重量分析分別與空心球及實心球的重量分析作比較。因為球體區域範圍內的質量正比體積，所以以下我們用積分概念算出固定範圍內的體積或表面積，作為質量分析的一種指標。

(一) 空心球:將球體表面積視為空心球的體積。

$$y = \sqrt{R^2 - x^2}$$

$$ds^2 = dx^2 + dy^2 \quad ds = \sqrt{dx^2 + dy^2} = \sqrt{1 + \left(\frac{dy}{dx}\right)^2} \cdot dx$$

$$\frac{dy}{dx} = \left(\sqrt{R^2 - x^2}\right)'$$

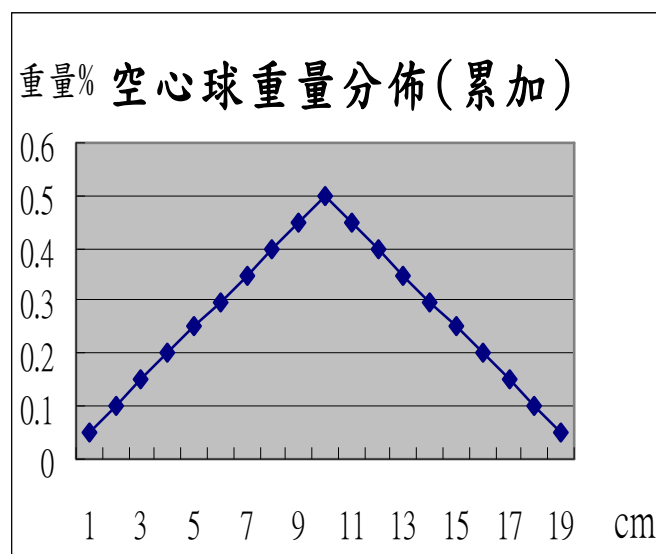
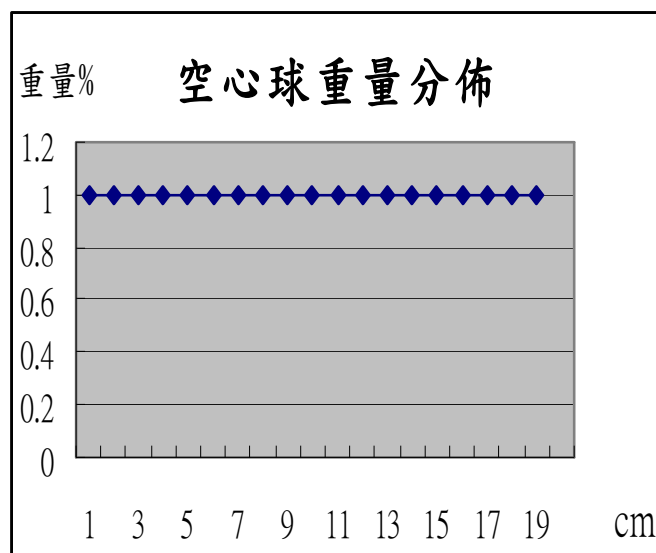
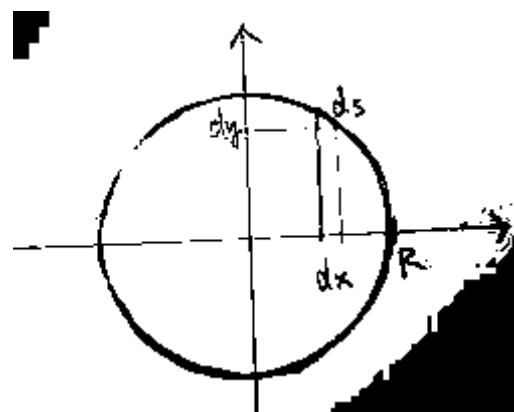
$$= \frac{1}{2}(R^2 - x^2)^{-\frac{1}{2}} \cdot (-2x)$$

$$\left(\frac{dy}{dx}\right)^2 = \frac{x^2}{R^2 - x^2}$$

$$\begin{aligned} 2 \int_0^R 2\pi y \cdot ds &= 2 \int_0^R 2\pi y \cdot \sqrt{1 + \left(\frac{dy}{dx}\right)^2} \cdot dx \\ &= 2 \int_0^R 2\pi \sqrt{R^2 - x^2} \cdot \sqrt{1 + \frac{x^2}{R^2 - x^2}} \cdot dx \\ &= 4\pi \int_0^R \sqrt{R^2 - x^2 + x^2} \cdot dx \\ &= 4\pi \int_0^R R \cdot dx = 4\pi R \left(x \Big|_0^R\right) \\ &= 4\pi R \cdot (R - 0) = 4\pi R^2 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{公式} &\Rightarrow 2\pi R \int_0^\ell 1 \cdot dx \\ &= 2\pi R \cdot \ell \end{aligned}$$

由此可知不管在球的哪一段取 1cm 的間隔，表面積都會是一樣的，也就是單位距離內重量比相同；另一方面在條件相同情況下其轉動慣量最大，由 $\tau = I \alpha$ 知其產生的轉速最小。



(二)實心球:以球的體積比視為實心球的重量比。

$$y = \sqrt{R^2 - x^2}$$

$$\text{面積} = \pi y^2$$

$$\rightarrow \int \pi y^2 \cdot dx$$

$$= \int \pi(R^2 - x^2) dx$$

$$= \pi(R^2 x - \frac{1}{3} x^3) \Big|_{-R}^R$$

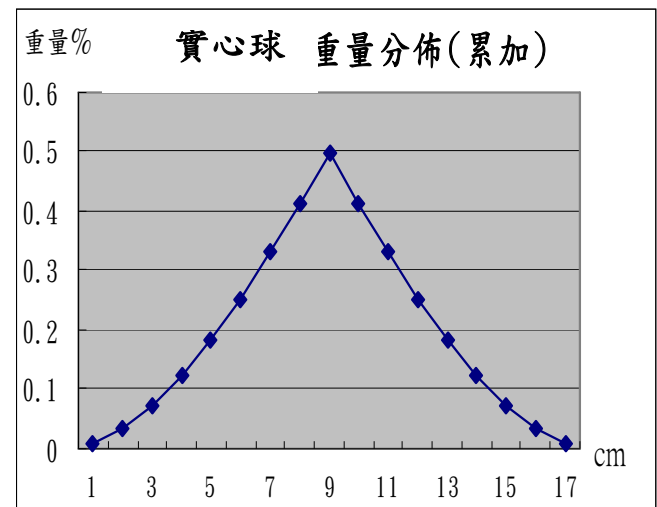
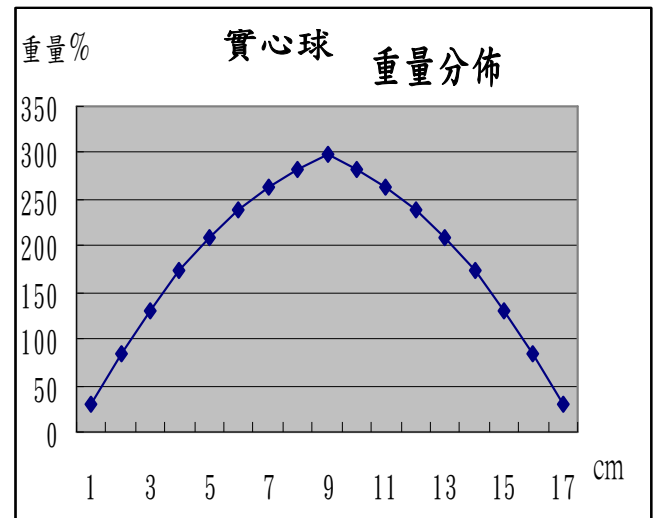
$$= \pi(R^3 - \frac{1}{3} R^3) - \pi(-R^3 + \frac{1}{3} R^3)$$

$$= \pi \cdot \frac{2}{3} R^3 + \pi \cdot \frac{2}{3} R^3$$

$$= \frac{4}{3} \pi R^3$$

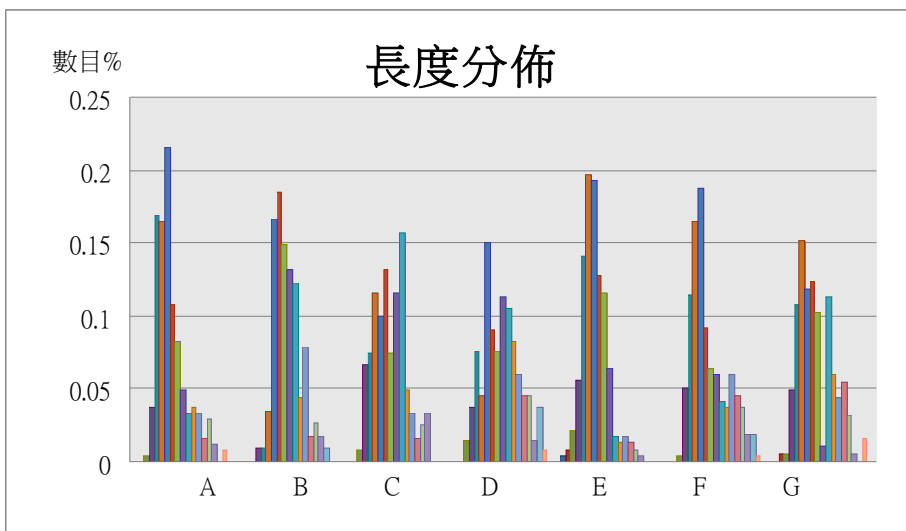
$$\text{公式} \Rightarrow \pi(R^2 x - \frac{1}{3} x^3) \Big|_0^a$$

由以上公式換算出實心球在單位距離內，重量分佈比成平滑曲線，介於空心球與濱刺麥之間，轉動慣量也位於其倆中間，故轉速：中。



綜合以上三種不同重量分佈圖來看，因為：濱刺麥短針多→平均半徑最小，實心球只有球殼→半徑最大，所以重量集中程度：濱刺麥 > 實心球 > 空心球，轉動慣量 (I) = 質量 (m) * 半徑平方 (r²)：濱刺麥 < 實心球 < 空心球。由 $\tau = I \alpha$ 知：在條件相同情況下轉動慣量越小者，其產生的轉速大，越容易轉動，故濱刺麥在三者中是最容易轉動的，亦即濱刺麥容易啟動。

二、針的長度分佈：



X 軸：單位長度 c m

	A	B	C	D	E	F	G
22~23	0	0	0	0	0.004274	0	0
21~22	0	0	0	0	0.008547	0	0.005405
20~21	0.004132	0	0.008264	0.015038	0.021368	0.004587	0.005405
19~20	0.03719	0.008772	0.066116	0.037594	0.055556	0.050459	0.048649
18~19	0.169421	0.008772	0.07438	0.075188	0.141026	0.114679	0.108108
17~18	0.165289	0.035088	0.115702	0.045113	0.196581	0.165138	0.151351
16~17	0.214876	0.166667	0.099174	0.150376	0.192308	0.188073	0.118919
15~16	0.107438	0.184211	0.132231	0.090226	0.128205	0.091743	0.124324
14~15	0.082645	0.149123	0.07438	0.075188	0.115385	0.06422	0.102703
13~14	0.049587	0.131579	0.115702	0.112782	0.064103	0.059633	0.010811
12~13	0.033058	0.122807	0.157025	0.105263	0.017094	0.041284	0.113514
11~12	0.03719	0.04386	0.049587	0.082707	0.012821	0.036697	0.059459
10~11	0.033058	0.078947	0.033058	0.06015	0.017094	0.059633	0.043243
9~10	0.016529	0.017544	0.016529	0.045113	0.012821	0.045872	0.054054
8~9	0.028926	0.026316	0.024793	0.045113	0.008547	0.036697	0.032432
7~8	0.012397	0.017544	0.033058	0.015038	0.004274	0.018349	0.005405
6~7	0	0.008772	0	0.037594	0	0.018349	0
5~6	0.008264	0	0	0.007519	0	0.004587	0.016216
4~5	0	0	0	0	0	0	0

由此實驗數據可以發現濱刺麥果實長針長度在12-10cm處有極大落差，小於10cm的長針數驟然降低，故我們推測長度在小於10cm的刺針對於濱刺麥果實的滾動方面並無正面幫助，但我們也不能完全否定短針的存在，因為短針也能產生種子，更重要的是，短針能增加濱刺麥的截風面積，對於濱刺麥的繁衍亦非常重要。

三、轉動速度：

1. 在砂質表面(17.1)滾動1m所費時					2. 鋁質表面(17.1) 滾動滾動1m所費時				
	空心球	加重保麗龍球	刺刺球	實心球	2. 鋁質表面	空心球	加重保麗龍球	刺刺球	實心球
	1.49	1.25	1.91	1.25		1.11	1.10	1.1	1.11
	1.52	1.34	1.71	1.26		1.26	1.09	1.29	1.29
	1.53	1.26	1.67	1.3		1.27	1.09	1.27	1.13
平均	1.5133	1.28	1.76	1.27	平均	1.21	1.06	1.22	1.18

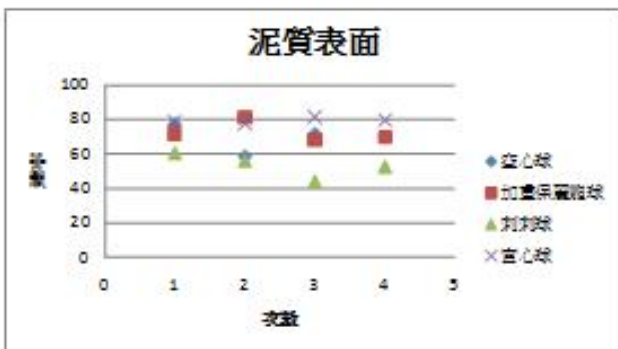
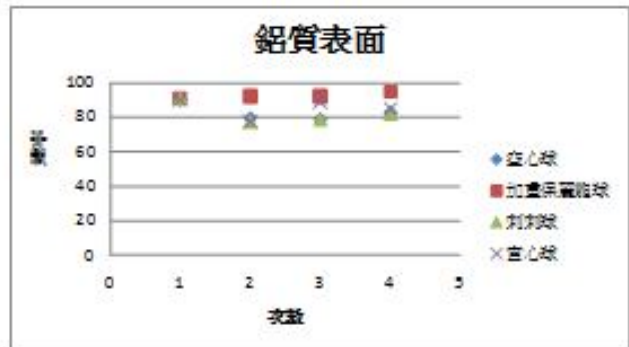
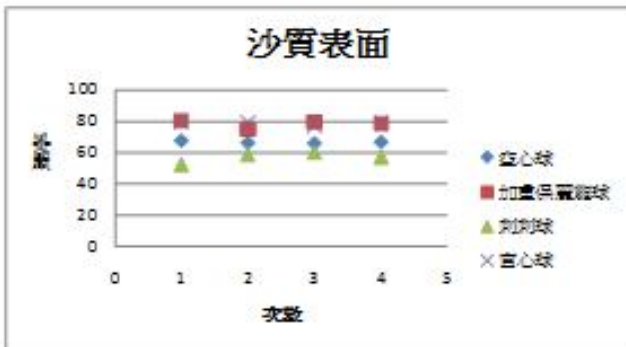
3.泥土表面(17.1) 滾動 1m 所費時

	空心球	加重保麗龍球	刺刺球	實心球
	1.3	1.4	1.65	1.27
	1.71	1.24	1.78	1.29
	1.4	1.47	2.27	1.23
平均	1.43	1.44	1.9	1.26

開始滾動角度(θ) 滾動1m所費時

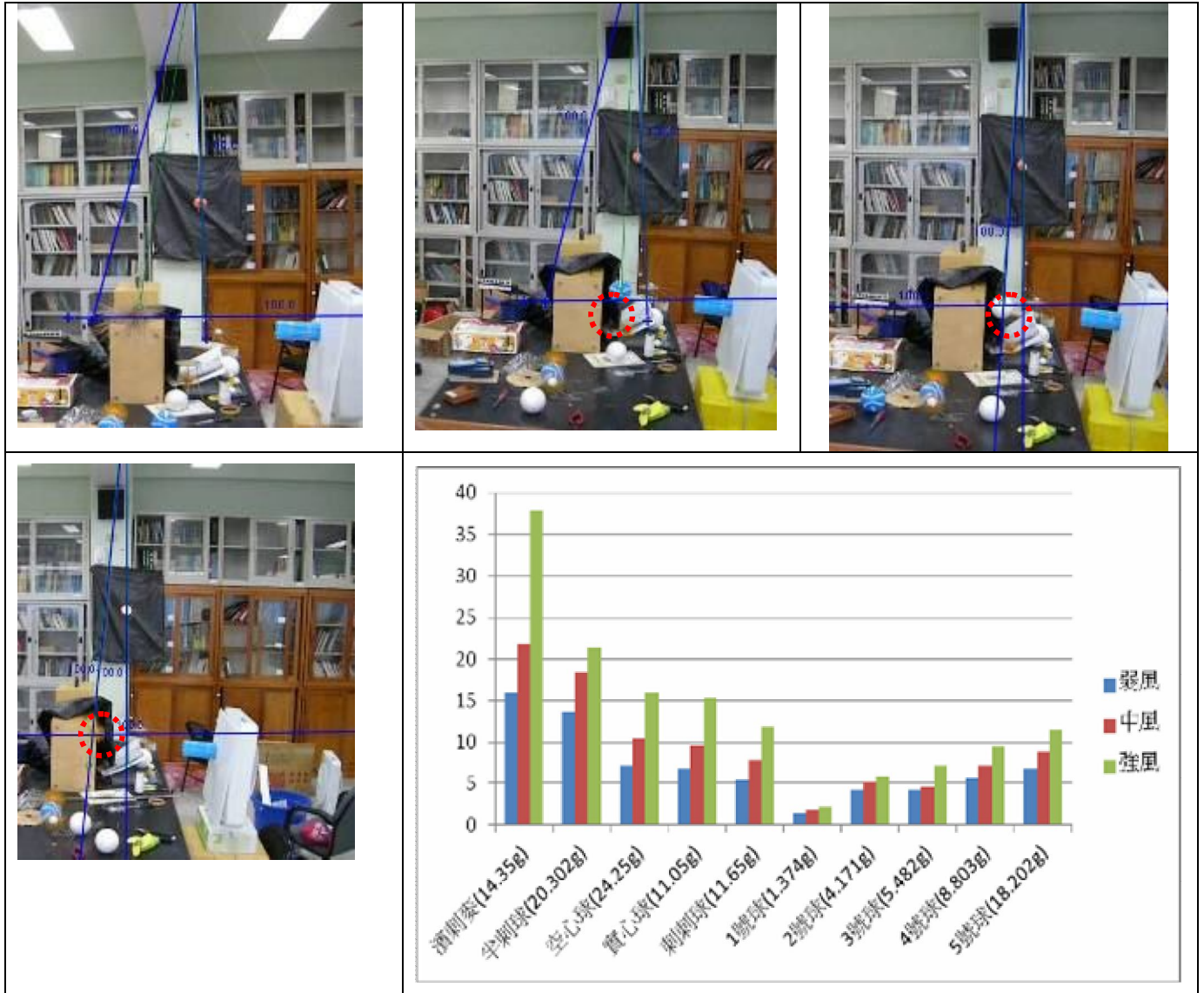
	空心球	加重保麗龍球	刺刺球	實心球
光滑表面	6.5	0.8	5.5	0.6
沙質表面	12.1	5.4	11.5	5.5

由恰開始轉動的角度(θ)可比較：「在斜面上哪種球容易滾動」



將以上實驗做比較，雖然模型球重量不完全相同，但因為同為圓球形，若質量加倍轉動慣量、摩擦力等均會加倍，故知加速度是形狀所決定與重量無太大關係，反而受轉動慣量影響很大。故由轉動慣量來看，空心球 ($I=1/2MR^2$) 實心球 ($I=2/5MR^2$)，故空心球轉速應與實心球相近而較小，實驗結果與其相符，另外由實驗結果來看，刺刺球的轉速最小，因為刺刺球在滾動時，刺針會插入沙內，阻力比較大，故速度較慢，顯示出濱刺麥在受到持續力的影響下，比較不易滾動，反而容易停止。但也不需擔心濱刺麥因此而滾不遠，因為斜坡所提供的力是持續不變，但真實狀況下，風力是不會持續的。

四、受風力：

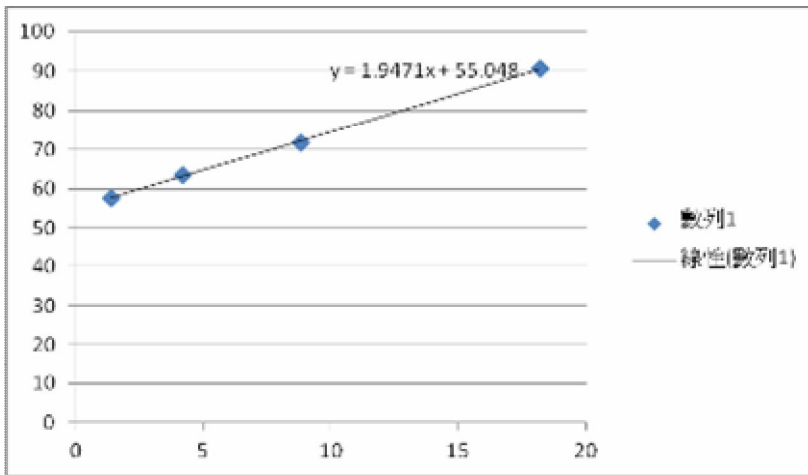


名	1 號球	2 號球	3 號球	4 號球	5 號球
重(g)	0.754	1.247	6.214	8.652	18.091
半徑(cm)	2	3	4	5	6
體積(cm ³)	50.24	113.04	200.96	314	452.16
截風面積(cm ²)	4 π	25/ 4 π	16 π	25 π	36 π
表面積(cm ²)	33.49333	113.04	267.9467	523.3333	904.32
弱風受力(N)	1.411868	4.251084	4.253204	5.69378	6.778424
中風受力(N)	1.708102	5.0686	4.62023	7.24663	8.91898
強風受力(N)	2.138988	5.886116	7.24046	9.489634	11.41629
名	濱刺麥	半刺球	空心球	實心球	刺刺球
重(g)	14.35	30.302	24.25	11.05	11.65
弱風受力(N)	16.03182	13.66014	7.1295	6.82227	5.36599
中風受力(N)	21.79765	18.4115	10.4566	9.63781	7.87773
強風受力(N)	37.82947	21.38109	15.92255	15.26889	11.87368

上述四種球作為比較，首先，由空心球和實心球來看，可知受風力和重量無關，而與截風面積有正向關係。接著再將濱刺麥與空心球做比較，濱刺麥比空心球輕，受風力卻比空心球大很多，由上述觀點推知，濱刺麥的截風面積比空心球來的大，亦即濱刺麥的截風效益比空心球還要好，若以重量做為濱刺麥果實耗材的指標，結果指出他確實能達到比其他的球型方式更高的截風效力，同時亦可跨越諸多地形(即受風力大，跨越更陡沙丘的機會也提高)，已達繁殖範圍廣闊的目的。另一方面，由 1-5 號保麗龍球實驗結果，可印證受風力和截風面積成正向關係。

五、摩擦力

1 號球	M	S	t	a	f
	1.374	0.405	0.359375	6.271758	61.94744
	1.374	0.405	0.353125	6.495732	57.16023
	1.374	0.405	0.35	6.612245	54.66988
	1.374	0.405	0.35625	6.382271	59.58533
	1.374	0.405	0.35	6.612245	54.66988
AVERAGE	1.374	0.405	0.35375	6.47485	57.60655
2 號球	M	S	t	a	f
	4.171	0.397	0.3875	5.287825	68.18798
	4.171	0.397	0.384375	5.374156	66.10129
	4.171	0.397	0.384375	5.374156	66.10129
	4.171	0.397	0.38125	5.462618	63.96307
	4.171	0.397	0.378125	5.553282	61.77162
AVERAGE	4.171	0.397	0.380804	5.477783	63.59651
4 號球	M	S	t	a	f
	8.803	0.383	0.4125	4.501745	66.33625
	8.803	0.383	0.390625	5.020058	51.40728
	8.803	0.383	0.4125	4.501745	66.33625
	8.803	0.383	0.40625	4.641325	62.3159
	8.803	0.383	0.39375	4.94069	53.6933
	8.803	0.383	0.4125	4.501745	66.33625
	8.803	0.383	0.390625	5.020058	51.40728
AVERAGE	8.803	0.383	0.403125	4.721113	60.01779
5 號球	M	S	t	a	f
	18.202	0.398	0.5875	2.306202	107.8985
	18.202	0.398	0.546875	2.661564	94.32293
	18.202	0.398	0.584375	2.330933	106.9537
	18.202	0.398	0.578125	2.381604	105.018
	18.202	0.398	0.565625	2.488032	100.9522
AVERAGE	18.202	0.398	0.5725	2.433667	103.0291



分析出滑輪組的摩擦力(f2)約等於 55.048N

濱刺麥(平地)	M	S	t	a	f
	14.35	0.662	0.596875	3.716389	68.34203
	14.35	0.662	0.584375	3.87708	62.82231
	14.35	0.662	0.59375	3.755612	66.99472
	14.35	0.662	-0.575	4.004537	58.44416
	14.35	0.662	0.575	4.004537	58.44416
	14.35	0.662	0.59375	3.755612	66.99472
	14.35	0.662	0.5875	3.835944	64.23533

AVERAGE 14.35 0.662 0.422321 3.849959 63.75392
 摩擦係數(63.75392-55.048)/14.35=0.606684

濱刺麥(沙地)	M	S	t	a	f
	14.35	0.662	0.88125	1.704864	137.4379
	14.35	0.662	0.90625	1.6121	140.6244
	14.35	0.662	0.8375	1.887636	131.1597
	14.35	0.662	0.70625	2.654429	104.8204
	14.35	0.662	0.7125	2.608064	106.413
AVERAGE	14.35	0.662	0.785714	2.212024	120.017




摩擦係數(120.017-55.048)/14.35=4.527455

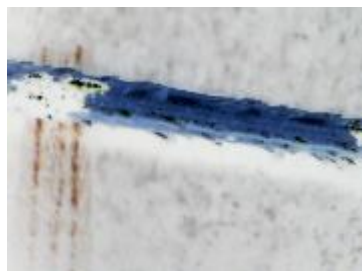
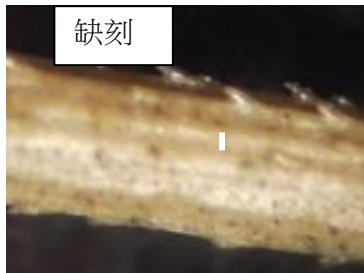
上圖是以1~5號保麗龍球去測定滑輪組摩擦力，分析出滑輪組的摩擦力(f2)約等於 55.048N，鐵質地面動摩擦係數（0.606684），沙地動摩擦係數（4.527455）。

此摩擦力是以滑動方式測定，結果顯示：濱刺麥在平面上的動摩擦係數小於保麗龍球在平面上的動摩擦係數，且濱刺麥在平面上的動摩擦係數也小於保麗龍球在平面上的動摩擦係數，這是因為濱刺麥在滑動時與沙地接觸面積小於另兩種模型球。於是我們推論濱刺麥比空心球和實心球容易啟動。

六、顯微鏡觀察：

1. 長針上的小刺

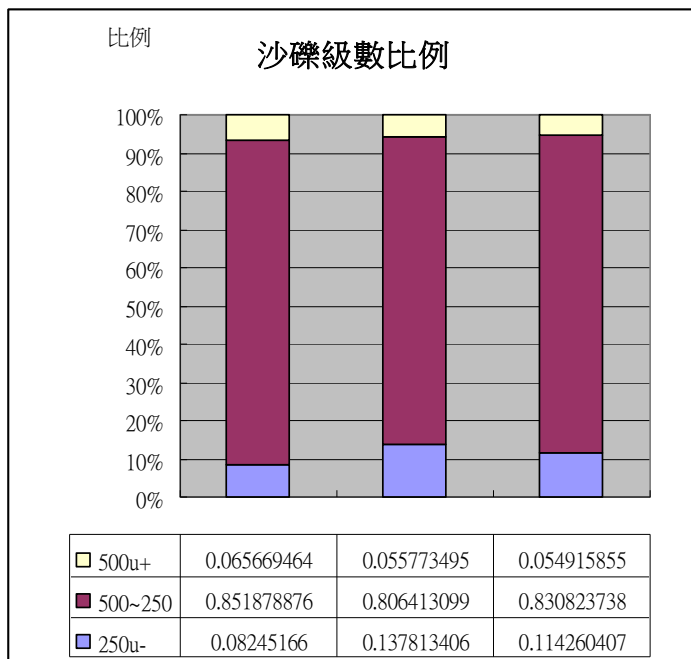
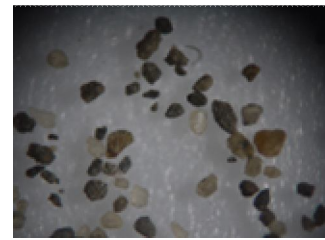
	前端	中	底部
小針			
長度	393.0um	389.5um	386.9um
缺刻	187.9um	169.4um	203.3um
間距	596.6um	470.0um	643.3um
角度	14.8度	11.4度	10.3度



經由MI Plus反轉後，可更明顯看出小刺所在位子及其與長針所夾的角度。



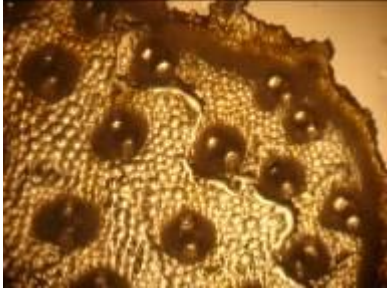
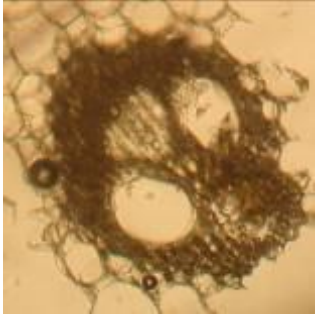
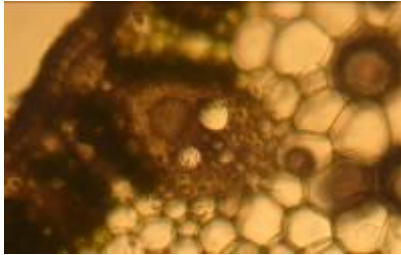

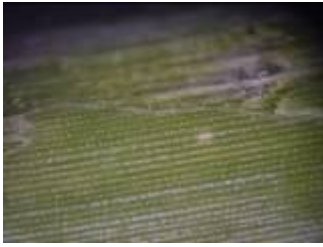
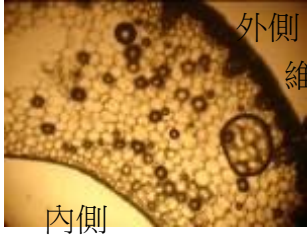

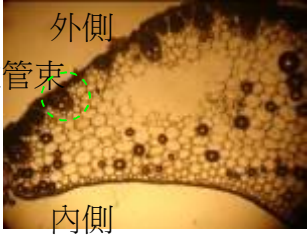
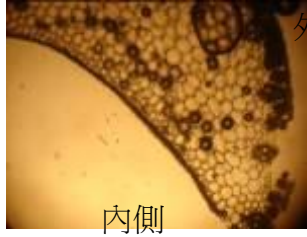
2. 海邊沙礫

砂礫直徑	133.5	360.6	300.1	273.7	244.7	237.5	227.4
	238.7	93.3	101.8	315.1	179.1	250.1	


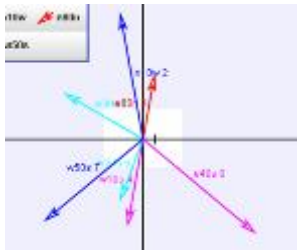
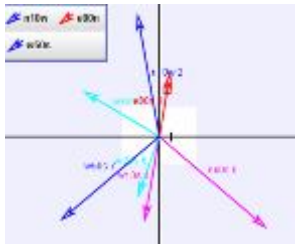
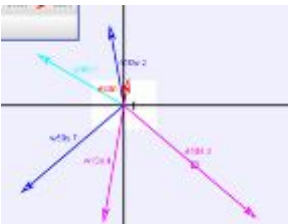

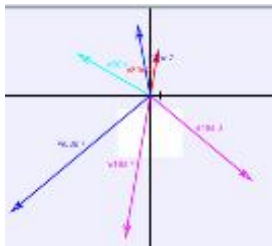
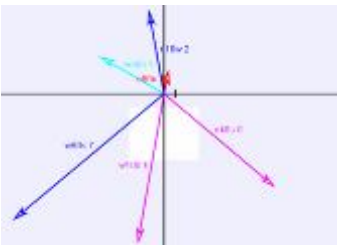


當濱刺麥在滾動時，長針會插入沙內，因長針與沙子接觸面小，接觸壓力大，極易陷入沙內，會造成滾動的障礙，但我們發現長針上尚有小刺，並由量測結果可看出最小尺度的砂礫和小刺的缺刻處尺度差不多，又因小刺方向對於長針是倒向的，故當長針陷入沙內時，小刺會卡住沙子，長針便不會完全陷入沙內。由此圖可看出沙礫過篩後，90%以上的砂礫在缺刻2.5倍以下，可以有效卡住小刺，讓濱刺麥不會完全陷到沙礫中。

3. 微鏡下的濱刺麥器官

	根	莖
解剖		 (圖一)
複式	 	  (葉表)
葉子內外側比較	 (外側)  外側 內側	 (內側)  外側 內側  外側 內側
<p>由上圖看出濱刺麥的維管束成散狀排列，而其葉脈也為平行脈，是標準的單子葉植物。其次它並沒有維管束鞘，所以它並不是C4植物，因此當我們將濱刺麥種植在充滿水的環境下，它仍可以生長良好。由圖一可看出濱刺麥的葉肉厚實且透明，是標準的多肉植物（如：蘆薈與仙人掌），內側的表皮幾乎完全透明，無氣孔與葉綠素和維管束的分布，和半透明葉肉及凹陷的形狀造成凸透鏡的效果，陽光聚焦在葉子底面讓光合作用效率更高。所以氣孔、葉綠素與維管束的分布只集中在葉子外側，是一種生長在乾旱高日照的多肉植物才有的特色，而濱刺麥也屬於這一種，頗令人意外。</p>		

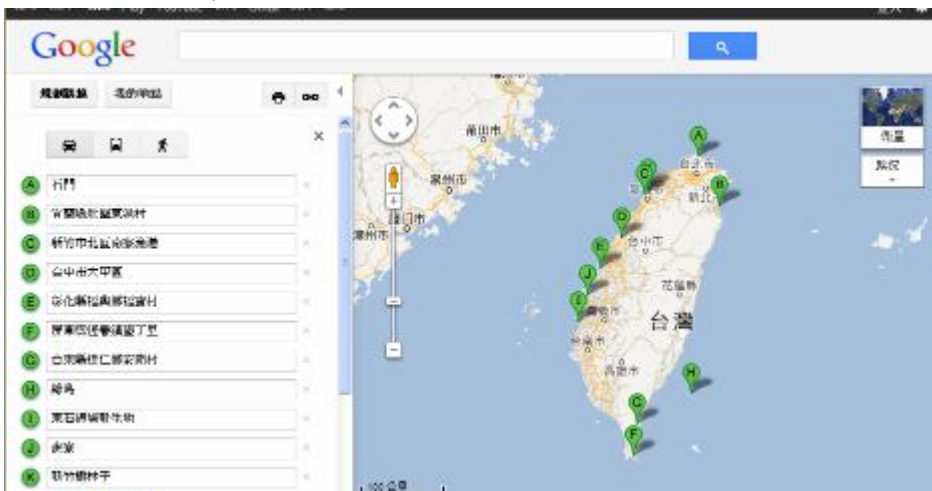
七、實地考察：

九月	十一月	十二月
		
二月	三月	四月
		
五月		
		

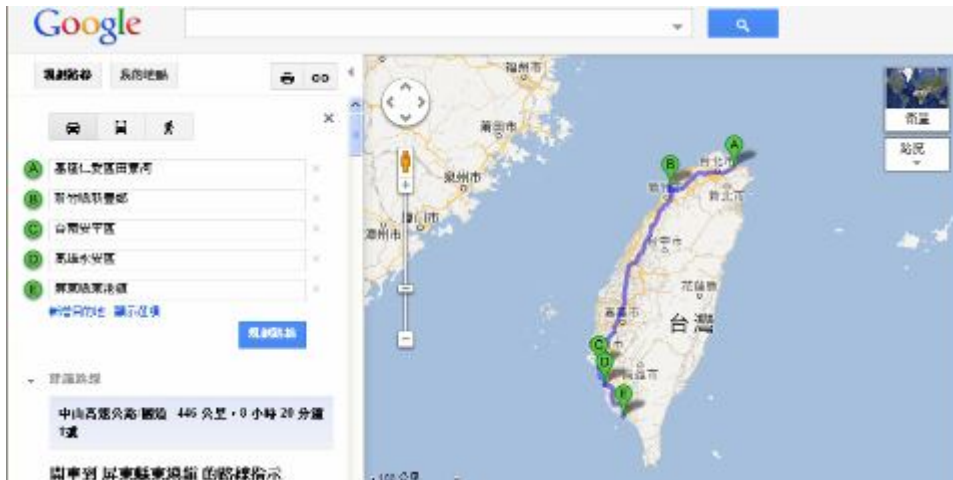
由此圖可看出11、12月濱刺麥生長範圍並沒有增加很多，但在2、3月的時候，生長範圍明顯擴大，故推測在東北季風盛行後期，水氣增加，氣溫回暖，濱刺麥會開始生長。即在春夏交際之時，是他的生長旺季，6月中下旬開始濱刺麥抽穗，8月果實成熟後，地面植株部分開始枯黃，而地下莖轉成休眠狀態，等到東北季風再臨時，地下莖會抽出新芽，繼續下一個生命週期，所以濱刺麥是一種隔年生植物。

八、

濱刺麥台灣分布圖



紅樹林台灣分布圖



Google 地圖

台灣植物誌 第二版 Flora of Taiwan, 2nd edition Vol. 5

陸、結論

本實驗之結論總共可分為以下幾點：

- 一、果實上的針有長有短，短針雖不能提供支撐力，但能增加其種子數。
- 二、濱刺麥果實的重量十分集中，比起實心和空心球，在砂丘上滾動是最有利的。
- 三、濱刺麥在沙地上滾動的速度大，看出其在沙丘生存是具有優勢。
- 四、物體受風力大小與物重無關，和物體受風面積成正向關係。
- 五、濱刺麥果實長針上尚有小倒刺，使濱刺麥不會完全陷入沙丘內。
- 六、濱刺麥生長分布受季節、季風影響，順著風向生長。
- 七、綜合所有實驗並將濱刺麥模型及不同重量分佈球比對後，發現濱刺麥的長針狀果實能讓他達最佳化，有較佳的生長效率，有助成為優勢種。

柒、未來展望

- 一、五六月是濱刺麥結果的季節，我們會到壯圍海邊採集濱刺麥果實，以真實果實作滾動與吹風等物理實驗。
- 二、未來我們會繼續到野外實地考察，紀錄濱刺麥生長狀況與環境，並針對野生環境做進一步地質分析、等高線圖變化、生態系生產者及相關食物鏈等的分析。
- 三、由顯微鏡量測其每根長針上的小刺總數，以及砂礫與小刺如何碰觸與卡位。

【評語】 040704

植物特性及型態介紹詳細，自製模型模擬運動方式，建議：1. 增加實驗次數做比較。2. 針對地區環境分析比較其適應性及獨特性。