

中華民國第四十三屆中小學科學展覽會參展作品專輯

高中組

生物科

科別：生物科

組別：高中組

作品名稱：小兵立大功－探討大花咸豐草的傳播機制

關鍵詞：瘦果、勾附、萌發

編號：040704

學校名稱：

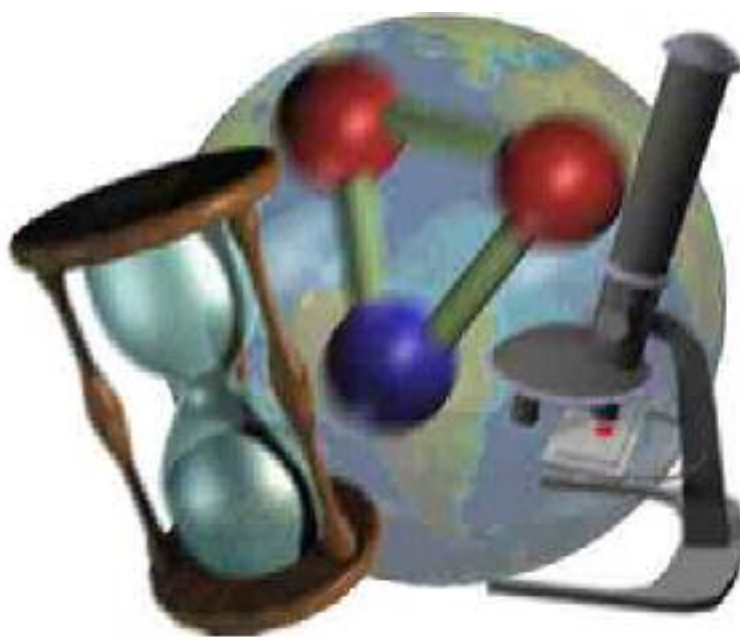
國立新竹女子高級中學

作者姓名：

陳怡親、曾盈嘉、黃怡嘉

指導老師：

陳美蘭、吳欣欣



摘要

大花咸豐草屬先驅性的優勢植物，在短時間內，以外來種的身分不斷增加數量，至現在處處可見。我們推論利用瘦果的易鉤附性及高萌發率應該是使其能快速散播且繁殖的主因。

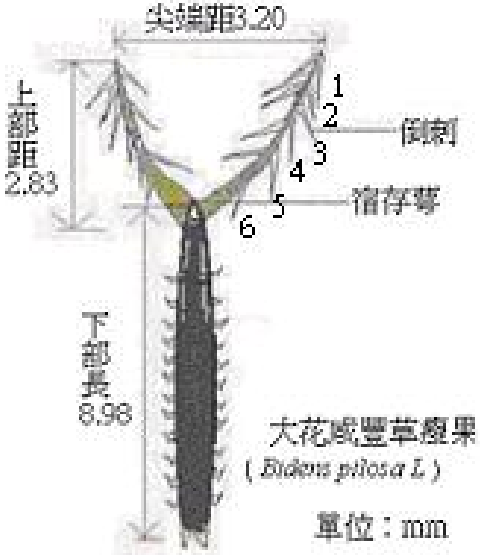
在鉤附機制方面：藉由其本身微妙的物理結構鉤附最主要的傳播動物--人，利用宿存萼（未脫落的管狀花花萼）上的倒刺鉤附衣料的纖維。並藉著本身的物理結構抵抗傳播媒介行走、動作時所形成的力，而這個力與瘦果的體積及重量的關係，相當於一個 60 公斤的人支撐起約 880 公斤的重物。這種鉤附能力，使它能跟隨傳播媒介做長距離的傳播，增大分布面積，而且減少對母株棲地的競爭，並達到增大族群的目的。

在萌發能力方面：約 90% 的高萌發力和驚人的種子數量造成繁殖優勢。種子落地後，約在三天之內即快速萌發，使他們在生長時間、速率上皆佔有競爭優勢，而使現在形成一大片大花咸豐草的景觀。此外，在實驗過程中，亦發現大花咸豐草對環境適應能力十分的高，無論在鹽度（ $<0.5\%$ ）或嚴苛的酸鹼（ $\text{pH}2\sim12$ ）環境中，其忍受力皆十分驚人，這可能也是它能成為優勢植物的重要條件。

綜合鉤附機制和萌發能力，我們得知在傳播機制上，大花咸豐草種子除了擁有相當高的繁殖能力，更能在逆境中有良好的適應能力，而且在散佈方面，不論空間和時間上也佔有相當的優勢，更使其成為一種能快速散佈並建立族群的優勢植物。

簡介：

名稱	大花咸豐草	學名	<i>Bidens pilosa</i> L.
分類地位	菊科 鬼針草屬	俗稱	白花婆婆針、白花鬼針草
莖	莖四方形，綠色或略帶淡紫色		
葉	葉對生，羽狀三至五全裂，側裂片卵形，頂裂片卵形或三角形，粗鉅齒緣		
花	四季皆開花，頭狀花序腋出或頂生，徑約一公分；外圍有白色舌狀花五至七片；中央為管狀花，約五十朵，黃色		
果實	瘦果黑褐色，長約一公分，先端的宿存萼具有倒刺，藉以附著人畜而散播。		

外來種 優勢	1984 年是首次報導大花咸豐草（ <i>B. pilosa</i> var. <i>radiata</i> ）生長於台灣的新紀錄植物，但現在全台低海拔地區的荒廢地無處沒有它的蹤影，並已逐漸向中海拔山區擴張。
示意圖	 大花咸豐草瘦果 (<i>Bidens pilosa</i> L.) 單位: mm 註: 此圖非原比例放大

壹、研究動機

印象中，鄉間、田野、馬路邊到處都有大花咸豐草的影子，每次從郊外回來，褲子上總會沾滿了大花咸豐草刺人的種子，要將它全部清除拔下，確實還得費一番功夫。究竟，為什麼它的種子可以緊緊的跟著我們，散布到各地呢？而 1976 年才進入台灣的大花咸豐草，到底有什麼神奇的能力，可以使它在短短二十幾年間，取代本土種的咸豐草，值得我們好好研究研究！

貳、研究目的

一、觀察大花咸豐草

（一）野外觀察

1. 大花咸豐草生存環境
2. 統計植株的花與果實數目
3. 花托與花序之球型構造
4. 瘦果鉤附能力及方式

（二）顯微鏡下觀察瘦果

1. 宿存萼的結構觀察
2. 瘦果鉤附之細部觀察

二、探討大花咸豐草種子的鉤附機制

（一）瘦果自花托脫落所需的力

（二）瘦果自鉤附物落下所需的力

三、探討各種變因對大花咸豐草種子萌發的影響

（一）不同成熟度的咸豐種子之萌發率

（二）逆境的萌發能力並探索最大忍受範圍

1. 不同 pH 值對種子萌發的影響
2. 不同鹽度對種子萌發的影響

（三）種子在抑制環境下的萌發情形

參、研究設備及器材

培養皿、滴管、100ml 量筒、10ml 量筒、燒杯、鑷子、脫脂棉、三腳架、秤量紙、秤

量天秤、電子秤、目鏡測微片、物鏡測微片、複式顯微照相機、顯微鏡、載玻片、蓋玻片、沙子、刮杓、塑膠盤、鐵盤、木夾子、塑膠袋、烤箱、研鉢、縫線、12 種布（列表如下）

	纖維直徑長	布上孔洞的長寬	棉絮數目
1 號	平均 1.5 單位	平均 6×6 單位	無
2 號	6 單位	平均 20×20 單位	無
3 號	16/5/7 單位	平均 11×11 單位	無
4 號	平均 14 單位	肉眼可見	少
5 號	平均 17 單位	大格 20×13 單位 小格 5×11 單位或沒有	少
6 號	24 單位	肉眼可見	無
7 號	8 單位	10×10 單位	多
8 號	一單位	肉眼可見	多
9 號	1 單位	30×15（不規則）	多
10 號	平均 8 單位	多數無. 少數 2×2 單位	無
11 號	平均 10 單位	無	少
12 號	5 單位	2×4 單位	無

註：一單位長 = 28.6 μm

纖維直徑：6>5>3>4>11>3>7>10>2>12>1>9

孔洞大小：6>8>4>9>2>5>3>7>1>12>10>11

棉絮數目

多：6、7、8、9；少：4、5、11；無：1、2、3、6、8、10、12

肆、研究過程

一、觀察大花咸豐草

（一）野外觀察

1. 觀察大花咸豐草生存環境及鄰近植物種類

2. 統計植株的花與果實數目

- 統計莖長、粗細與開花數的關係
- 統計植株上花及瘦果的數目
- 數據分析整理

3. 花托與花序之球形對稱構造

說明一：成熟度的定義：

	第一期	第二期	第三期	第四期
花序寬徑平均值	0.66	1.28	1.90	2.52

單位：cm



註：大花咸豐草花序中，種子成熟度並非一致，而是由外而內呈同心圓狀依序成熟，因此我們在定義成熟度時，先以寬徑挑選花序，再選取中間部分的種子作為實驗用。

【第四期、第三期、第二期、第一期】

* 觀察四期花序之形狀、花托形狀、總苞片位置，拍攝繪圖。

4. 瘦果鉤附方式：野外觀察。

（二）顯微鏡下觀察瘦果

1. 宿存萼的結構觀察

- 選取數個大小、外型相似的大花咸豐草瘦果
- 利用顯微測量技術測量
 - 宿存萼的長度及所張開角度
 - 測量宿存萼上倒刺的長度及間距
 - 統計不同位置倒刺所張開的角度
- 平均所得數據

2. 瘦果鉤附之細部觀察

- 將沾有瘦果之布塊置於解剖顯微鏡觀察。
- 紀錄並拍照。

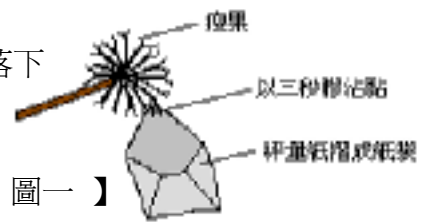
二、探討大花咸豐草種子的鉤附機制

（一）瘦果自花托脫落所需的力

(1) 用瞬間膠將不同成熟度（定義如說明一）的種子，沾黏至一成紙袋狀的秤量紙上（如圖一）

(2) 以刮勺取沙加入紙袋中，直到種子自花托落下

(3) 將落下時紙袋與沙的重量以電子秤測量



【圖一】

（二）瘦果自鉤附物落下的力

1. 布與瘦果鉤附之間的關係

(1) 以面積 $30\text{ cm} \times 30\text{ cm}$ 的紙，（如圖二）

（平均分割成 100 格，每格 $3 \times 3\text{ cm}$ ）

(2) 在每一格中置入一枚瘦果，共 100 枚（目的使瘦果分布密度固定）

(3) 將剪裁後，與方格相同大小的布塊

（ $30\text{ cm} \times 30\text{ cm}$ ），覆蓋於紙上

(4) 以一公斤重之物品，平均施力於布上後，水平拿起布塊。（如圖三）

(5) 檢視鉤附於布上之瘦果數量，並區分為鉛直插入及側面附著

(6) 分別記錄鉛直及側面附著個數。

（重複上述步驟，共實驗 20 次）

(7) 共選取 6 種布(1、2、5、10、11、12 號)，重複上述實驗。



【圖二】



【圖三】

2. 瘦果鉛直插入布塊

(1) 以細線穿過大花咸豐草瘦果兩宿存萼間，下方連接一塑膠袋。

(2) 先將布料用夾子固定於三腳架上，再將大花咸豐草瘦果鉛直插入布料中，每次插入的深度以兩宿存萼皆穿過布料表面為準(使兩宿存萼之角度接近 180°)。然後放開至卡緊。

(3) 以刮勺取細沙置於塑膠袋中，逐漸增加細沙量，至瘦果無法支撐其重量而落下。



的重

- (4) 把裝有細沙的塑膠袋至於電子秤上秤重，讀取重量，得到此布料對瘦果的鉤附力。
- (5) 重複實驗步驟(1)(2)(3)共 25 次，每次皆更換新的大花咸豐草瘦果，避免已受損之瘦果影響實驗數據之正確性。
- (6) 算出的平均值即為此布料對瘦果之鉤附力。
- (7) 更換 9 種布料，重複實驗步驟(1)~(6)，比較各種布料之不同鉤附力。

3. 瘦果鉛直插入無棉絮布塊

- (1) 以複式顯微鏡檢查瘦果上倒刺的完整性，確定其完好無缺。
- (2) 同實驗 2-2 中步驟，測量瘦果鉤附布 1（無棉絮）的確實數據。
- (3) 取下此瘦果以顯微鏡觀察。紀錄被破壞的倒刺數量、位置。

三、探討各種變因對大花咸豐草種子萌發的影響

（一）不同成熟度大花咸豐草種子萌發率（定義同說明一）

- (1) 取 30ml 純水濕潤培養皿上的脫脂棉花。
- (2) 取四種不同成熟度的大花咸豐草種子。
- (3) 每組各置 100 顆大花咸豐草種子。
- (4) 每日觀察紀錄。

（二）大花咸豐草種子的逆境萌發

- (1) 溶液配製：0.5%、1%、2%、3% NaCl 溶液
pH1~14 溶液（以 NaOH、HCl 調配）
- (2) 取配製的溶液 30ml 濕潤培養皿上的脫脂棉花，並置對照組以 30ml 純水濕潤。
- (3) 每組各置 100 顆大花咸豐草種子
- (4) 每隔 12 小時澆予 15ml 純水。
- (5) 每日觀察紀錄。



（三）種子在抑制環境下的萌發情形

- (1) 分別取蟛蜞菊的莖和葉及大花咸豐草的根、莖及葉，以 50℃ 烘烤去除水份，並分別研磨成粉狀。
- (2) 溶液配製：取研磨後的粉末配製成 1% 的溶液，並置對照組以 30ml 純水濕

潤。

(3) 挑選大小、外觀相似的大花咸豐草種子 100 顆。

(4) 將脫脂棉鋪於培養皿中，放入種子，再以配置好的溶液澆灌。

(5) 每日觀察紀錄。

伍、研究結果

一、觀察大花咸豐草

(一) 野外觀察

1. (a) 大花咸豐草四處可見，尤其在土壤貧脊開闊的地方特別容易發現，馬路邊、河堤上、砂質的河床邊，都會形成很大的聚落。而大花咸豐草四周，可觀察到的植物還有如蟛蜞菊、紫花藿香薷……等。

(b) 個體距離視植株的大小而定。通常剛發芽的小苗距離近，密度高；而成熟植株則大約相隔 1 ~ 2 公尺。



2. 統計植株的花與果實數目

(以長 1.5 m、寬 1.4 m、高 1.2 m 的植株統計)

(a) 側枝粗細相近，直徑平均 0.4 ~ 0.6 公分，每一節的長度平均為 6 ~ 7 公分，平均約 9 ~ 11 節，而第一朵花出現的節數平均在第 8 節，為二次莖植物。

(b) 莖由基部分支 (約 30 根) → 一根側枝上的花序 (約 90 個) → 一個花序上的瘦果 (約 50 個)

* 推得一株大花咸豐草：約有 $30 \times 90 \times 50 = 135000$ 個瘦果

3. 在瘦果未完全成熟前，總苞片包覆於瘦果外圍，花托呈下凹弧狀；但當瘦果成熟時，總苞片枯萎垂落，花托呈球狀，並使瘦果呈球狀對稱分布。

4. 瘦果藉由鉤附人類的衣物傳播，這就是所謂的「人類傳播」。仔細觀察後發現，鉤附方式有兩種：(a) 鉛直插入 (b) 側面鉤附。其中 95% 以上皆為鉛直插入衣物中。

(二) 顯微鏡下觀察瘦果

1. 宿存萼的結構觀察



宿存萼上的倒刺



瘦果下部的倒刺

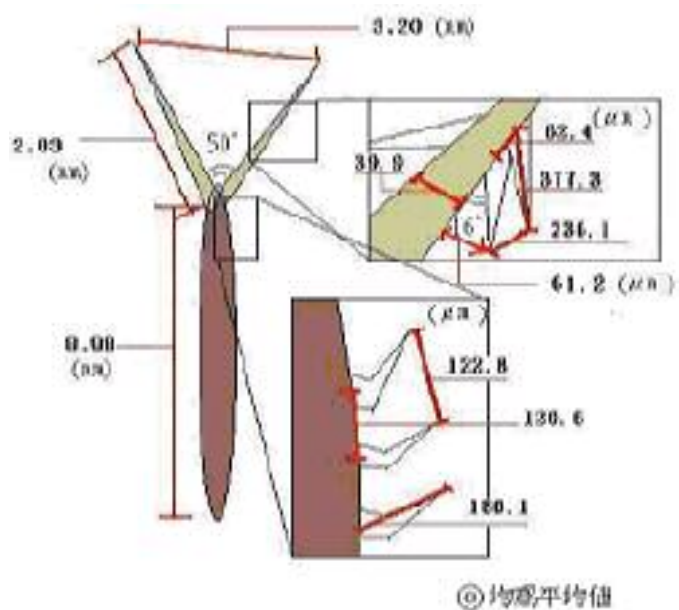


圖 1-1

2. 瘦果鉤附之細部觀察



二、研究大花咸豐草種子的鉤附機制

(一) 瘦果自花托脫落所需的力，結果如下：

表 2-1 平均力與標準差

	第一期	第二期	第三期	第四期
平均(g)	16.46	17.96	8.46	8.00
標準差	9.87	5.73	7.01	3.35

不同成熟度自花托落下的力

第一期 第二期 第三期 第四期

圖 2-1

由實驗結果可得：1. 成熟度較高的瘦果較易脫落。

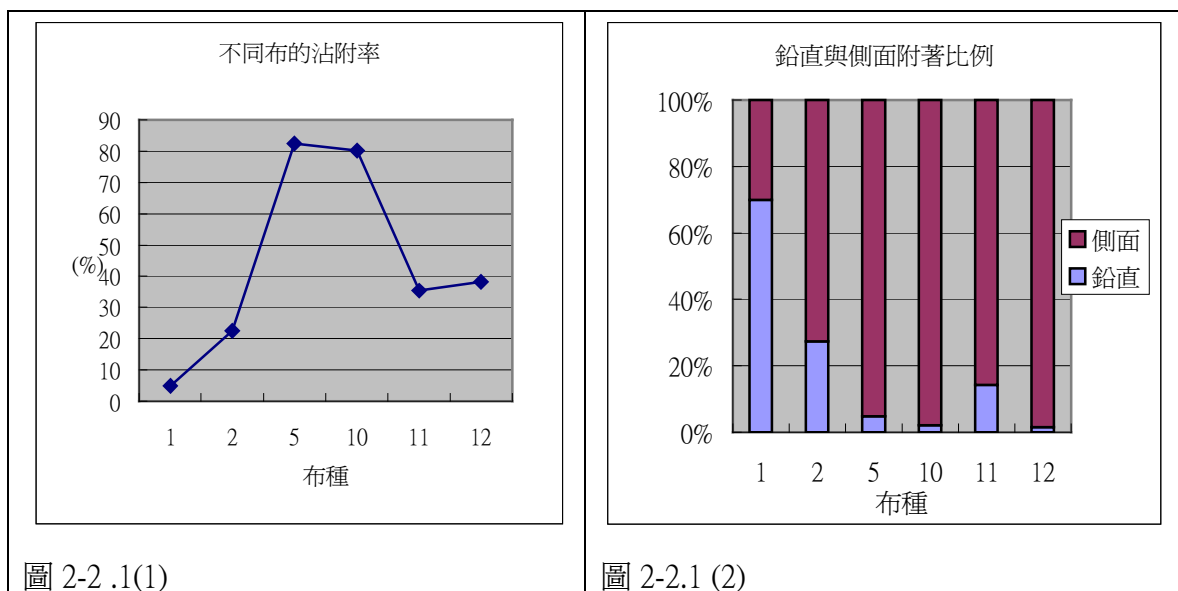
2. 成熟度較高的標準差較小。

(二) 瘦果自鉤附物落下的力

1. 布與瘦果鉤附之間的關係，結果如下：

表 2-2.1 鉤附率(%)

		鉤附率	鉛直(%)
			側面(%)
布種 1	5.00		70.00
			30.00
布種 2	22.55		27.27
			72.73
布種 5	82.40		4.79
			95.21
布種 10	80.10		2.06
			97.94
布種 11	35.40		14.12
			85.88
布種 12	38.35		1.56
			98.44

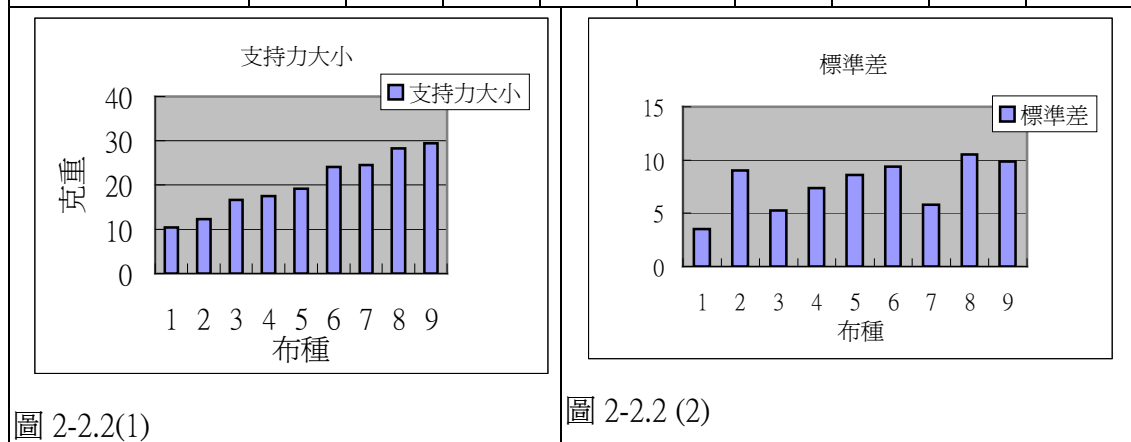


1. 布 5、10 鉤附率較高，布 1 鉤附總數最低。
2. 布 2、5、10、11、12 側面鉤附比例遠高於鉛直插入；布 1 鉛直插入比例高於側面鉤附。
3. 綿絮越多鉤附數越高。

2. 測量瘦果的鉤附力（鉛直插入），結果如下：

表 2-2.2 平均鉤附力與標準差

布種	1	2	3	4	5	6	7	8	9
平均鉤附力(克)	10.47	12.31	16.65	17.56	19.14	24.07	24.53	28.25	29.42
標準差	3.51	8.99	5.23	7.37	8.59	9.35	5.82	10.51	9.88



1. 鉤附力大小：9 > 8 > 7 > 6 > 5 > 4 > 3 > 2 > 1
2. 標準差：8 > 9 > 6 > 2 > 5 > 4 > 7 > 3 > 1

綜合以上結果得到：鉤附力大，標準差大；鉤附力小，標準差小；

綿絮越多鉤附力越大

註：布 10、11、12 因孔洞太小，故不進行深入實驗。

3.測量瘦果的鉤附力（鉛直插入無棉絮布），結果如下：

表 2-2.3(1) 平均斷掉數目

鉤附力(g)	7	10	13	16	19
平均斷掉根數	1.75	1.75	2.83	2.00	4.67

表 2-2.3(2) 破壞率

位置	1	2	3	4	5	6	7
破壞率%	24.4	36.6	24.4	4.9	4.9	2.4	2.4

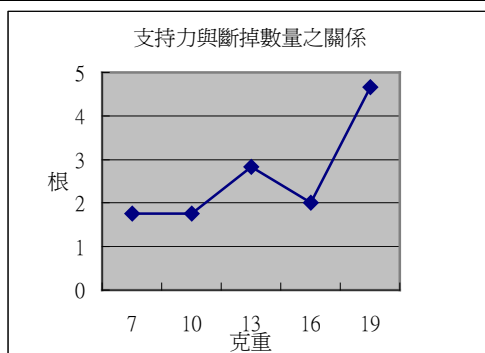


圖 2-2.3 (1)

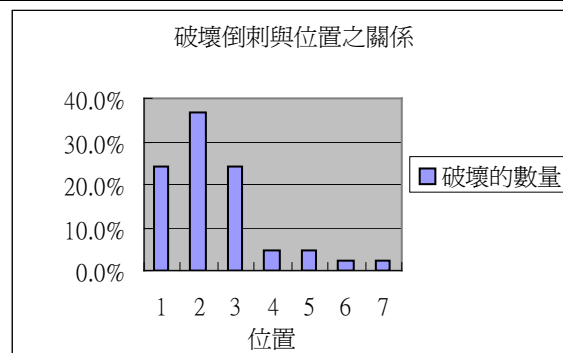
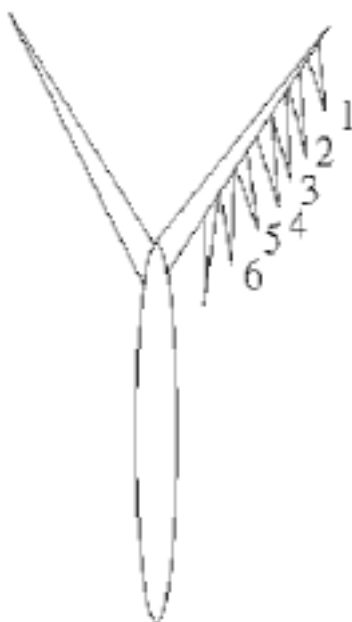


圖 2-2.3 (2)

綜合以上結果得到：

1. 鉤附力越大，斷掉根數越多
2. 斷掉位置集中在第 1 ~ 3 根（共占 85.4%）



* 倒刺順序示意圖

三、探討各種變因對大花咸豐草種子萌發的影響

(一) 不同成熟度的大花咸豐草種子之萌發率，結果如下：

表 3-1 萌發數與天數

	第一天	第二天	第三天	第四天
第一期	0	2	5	13
第二期	5	6	18	54
第三期	7	11	31	74
第四期	33	51	72	93

單位：株

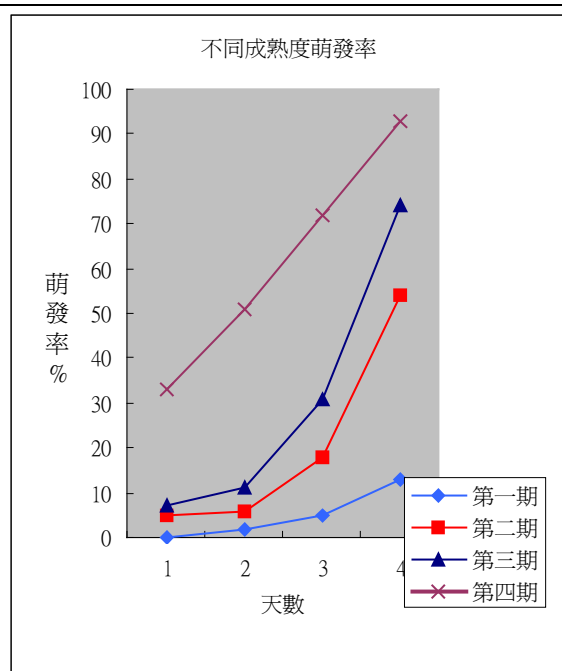


圖 3-1 (1)

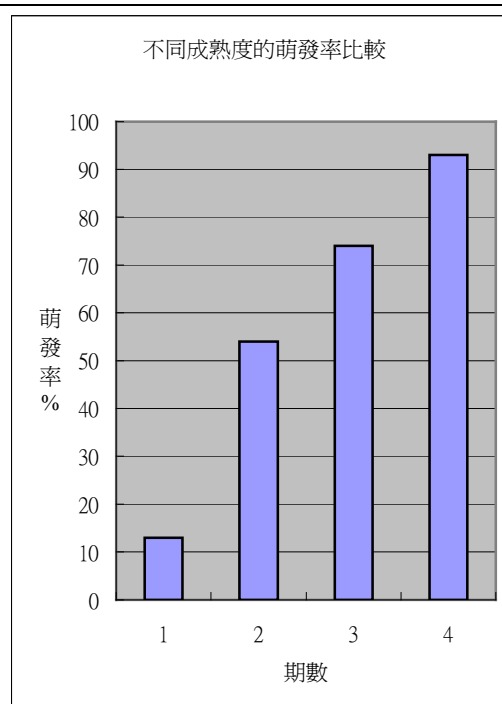


圖 3-1 (2)

由上述得知萌發率由大而小：

第四期 > 第三期 > 第二期 > 第一期

即種子越成熟萌發率越高

(二) 逆境的萌發能力並探索最大忍受範圍

1. 不同 pH 值對種子萌發的影響，結果如下：

表 3-2.1 萌發數與天數

	第一天	第二天	第三天	第四天
pH 1	0	0	2	2
pH 2	0	0	33	52
pH 3	0	0	20	45
pH 4	0	8	68	78
pH 5	0	15	68	90
pH 6	0	35	75	88
pH 7	0	7	85	92
pH 8	0	8	68	83
pH 9	0	13	78	85
pH 10	0	10	78	98
pH 11	0	25	92	93
pH 12	0	30	73	85
pH 13	0	0	3	7
pH 14	0	0	0	0

單位：株

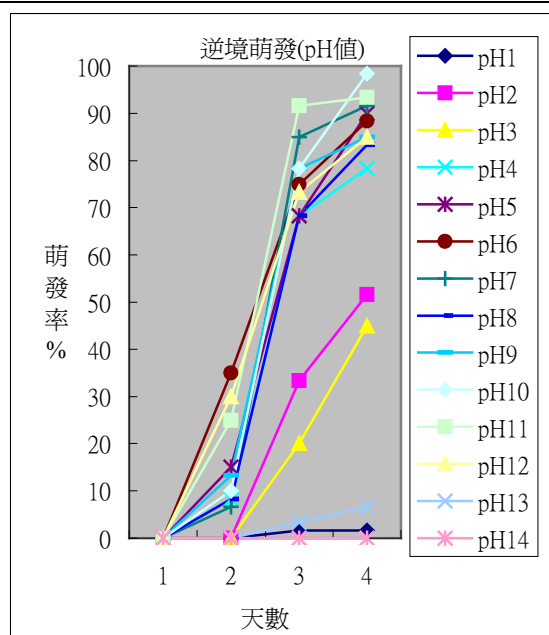


圖 3-2.1 (1)

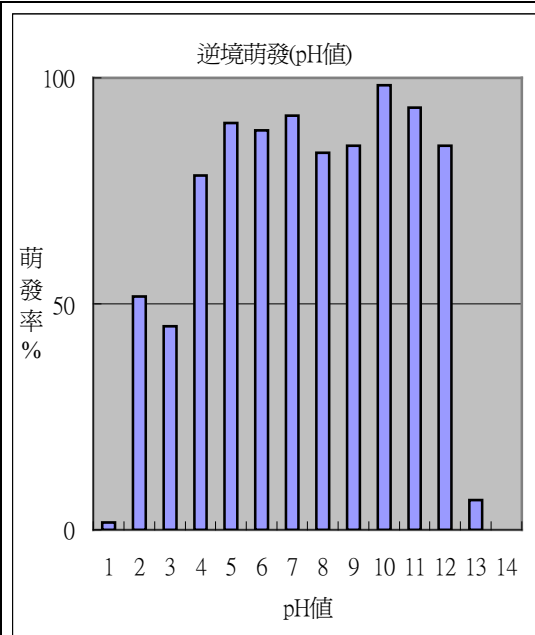


圖 3-2.1 (2)

由上述得知萌發率：

>50%：pH2、4、5、6、7、8、9、10、11、12 ； <50%：pH1、3、13、14

2. 不同鹽度對種子萌發的影響，結果如下：

表 3-2.2 萌發數與天數

	第一天	第二天	第三天	第四天
NaCl 0.5%	0	3	22	41
NaCl 1%	0	0	3	5
NaCl 2%	0	0	0	0
NaCl 3%	0	0	0	0
NaCl 0%	33	51	72	93

單位：株

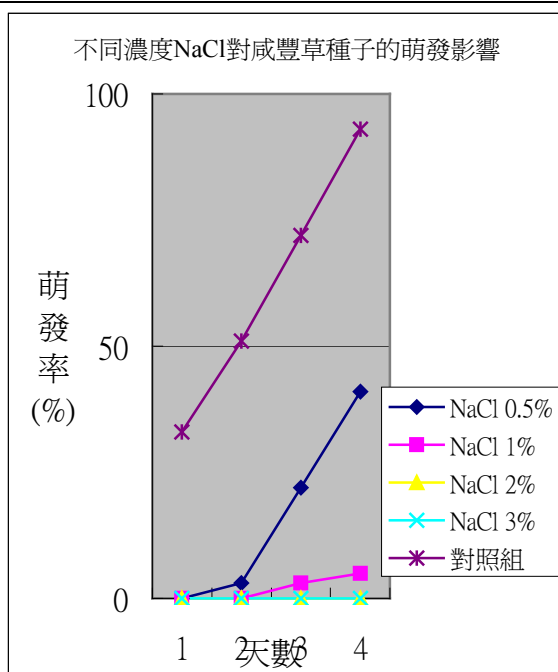


圖 3-2.2 (1)

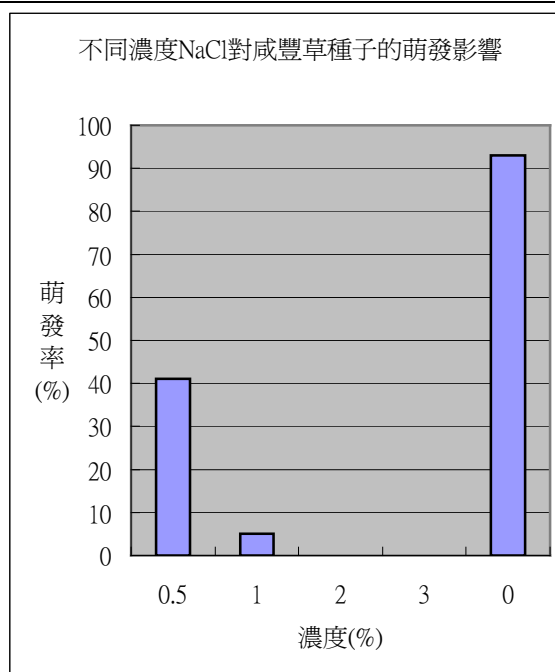


圖 3-2.2 (2)

由上述得知萌發率由大而小：NaCl 含量 0.5% > 1% > 2% = 3% = 0

(三) 種子在抑制環境下的萌發情形

1. 蟛蜞菊及大花咸豐草對大花咸豐草種子的萌發影響，結果如下：

表 3-3 萌發數與天數

	第一天	第二天	第三天	第四天
大花咸豐草根	0	5	58	75
大花咸豐草莖	0	2	30	90
大花咸豐草葉	0	2	35	52
蟛蜞菊莖	0	0	13	25
蟛蜞菊葉	0	0	25	57

單位：棵

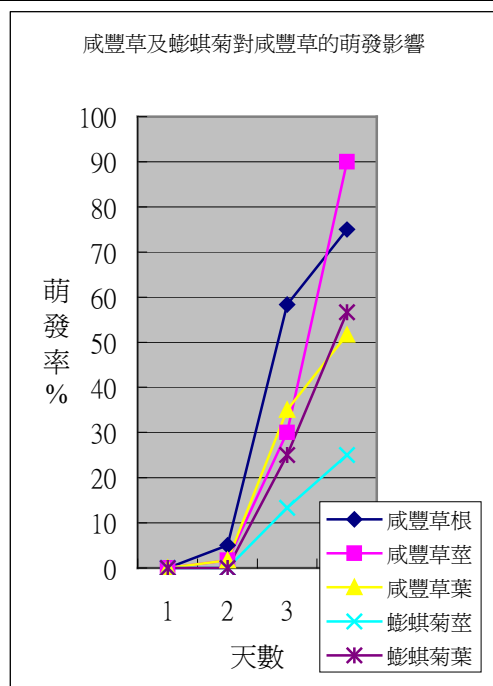


圖 3-3 (1)

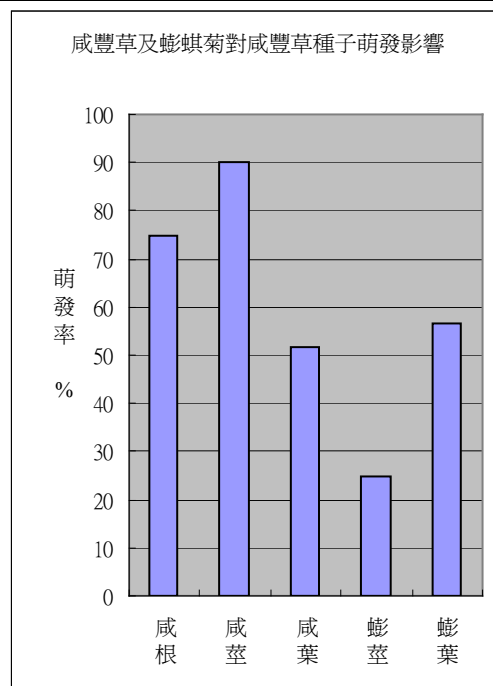


圖 3-3 (2)

由結果得知萌發率由小而大為：

蟛蜞菊莖 < 大花咸豐草葉 < 蟛蜞菊葉 < 大花咸豐草根 < 大花咸豐草莖

陸、討論

一、觀察大花咸豐草

(一) 野外觀察

由觀察結果得知，在大多數的大花咸豐草生長的棲地，除了其本身以外，其他植物種類雖多，但數量通常不多，其生長地常為土壤貧脊的路邊，光照強、水分缺乏的開闊地，綿延一片。推測大花咸豐草應為此地的先驅植物。

大花咸豐草植株間的距離隨年齡增大而加大，種子數量很多。瘦果上具有倒刺，分別位於宿存萼上部與瘦果下部，其功能為鉤附人類衣物，且多以鉛直插入的方式鉤附。

另外，在花序的部分，球狀對稱構造為特色。在野外觀察發現，當瘦果未成熟時，瘦果被總苞片包覆，且宿存萼柔軟，減少脫離花托的機會。但成熟瘦果，總苞片枯萎，花序呈球形對稱，這使瘦果在任何方向均有很高的機會鉤附衣物。而其宿存萼，也會隨著其本身分布於花序球形構造的位置彎曲，我們推測這也有助瘦果達到最有利的鉤附狀態。

此外，新竹的風很大，但即使在港南等沿岸處依然可見完整的成熟花序。我們發現瘦果即使是刮風、下雨仍能保持其完整狀態，不掉落在母株周圍。我們推測花托的球狀構造，可能是使其能夠對抗自然界外力（風、雨）的原因。

(二) 顯微鏡下觀察瘦果

瘦果上具有兩部分的倒刺，分別位於瘦果下部及宿存萼上。

二、研究大花咸豐草種子的鉤附機制

(一) 布與瘦果鉤附的關係

當初考慮到若在野外進行實驗，我們無法控制鉤附時的力量和每次實驗瘦果的數量，所以進行室內實驗。但室內實驗卻無法將瘦果模擬成實際的球狀結構擺設，所以造成實驗結果與實際情況有所不同（實際上鉛直插入為鉤附主要方式）。

綜合圖表 2-2 與布的觀察，推論棉絮對於側面鉤附的數量影響很高。除了布種 1 以外的材質，因為都有很細小的棉絮，而側面鉤附只需與表面的少數綿絮纏繞，因此側面鉤附的比例很高，進而也影響了總鉤附數；而布種 1 棉絮，難有側面鉤附機會，因此總鉤附數少，而鉤附上的瘦果，大部分也都為鉛直插入者。

(二) 瘦果自花托脫落所需的力

根據實驗 3-1 結果證明，愈成熟的種子應具備愈高的萌發能力，而假若種子在未

完全成熟時就已掉落，可能會降低整體萌發率。因此我們推想，愈成熟的種子自花托落下的力應愈小。

由圖表 2-1 得知自花托落下的力的確如推測，具有愈成熟愈易落下的特點。但我們也發現各期成熟度的標準差相當大，這可能是因為一個花序上的瘦果之間有成熟度上的差異（外圍先成熟，較易脫落）。

種子傳播的前提應是自花托落下的力小於自布落下的力，因這將有助於種子的散播，而由實驗結果得自花托落平均需力 12.72 克及種子自布落下的力為 20.26 克得知確有此現象。經由觀察得知，大花咸豐草種子成熟的順序是由瘦果下方至宿存萼，所以當未完全成熟的瘦果受力時，自花托落下的力大於鉤附布的力，造成種子受力卻不會落下，且宿存萼尚未完全成熟，具有韌性，也可避免被破壞。

再配合實驗 3-1 得知種子在第二期時就已具備 50% 的萌發能力，因此即使種子未完全成熟，即從植株上脫落，仍有相當大的機會萌發、成長，推測這可能也是大花咸豐草能廣泛擴展其族群的主因之一。

（三）測量瘦果的鉤附力（鉛直插入）

鉤附力大者（如布 8、9），經由顯微鏡觀察的結果，發現他們都有共同的特性：棉絮多而繁雜。同樣，鉤附力小者（如布 1），其特性則為：光滑無棉絮。

棉絮在宿存萼插入孔洞時，往往會纏繞在倒刺上，增加倒刺與布的作用機會，所以可能造成較大的鉤附力。然而倒刺每次纏繞棉絮的數目變化很大，這可能就是為何以棉絮纏繞為主要鉤附力來源的布塊，其標準差也會隨之增加的原因。

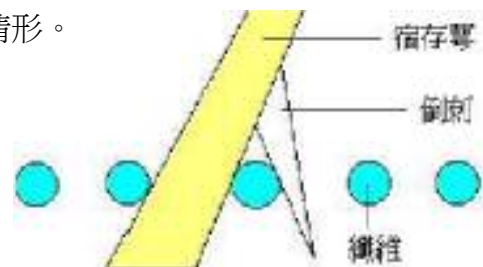
（四）測量瘦果的鉤附力（鉛直插入無棉絮布）

- (1) 由觀察得知瘦果是利用宿存萼上的倒刺勾住布塊纖維，使本身不落下。但因為(a)棉絮纏繞倒刺的數量很大，而且往往因棉絮太多而遮住視線，以至於無法確切知道勾住倒刺的數量。(b)同時大量的棉絮也可能會分散施力，不會使倒刺斷裂，所以後來使用顯微鏡觀察無法得知當時勾住的倒刺數量。所以我們除去「棉絮」變因，利用 1 號布設計實驗 2-2.3，探討瘦果鉤附的細部情形。

由實驗 2-2.3 我們畫出一個簡圖（如圖 4-1）

根據此圖我們得到 2 個推論：

- a. 若布塊孔洞太緊密，可能會使宿存萼無法通過，而不能勾在纖維上。（如布 11、12）
- b. 若布塊孔洞太疏鬆，在倒刺所張開的寬度



【圖 4-1】

內都沒有可勾住的纖維，將無法產生勾住的現象。且因整個瘦果會下滑，使倒刺滑動至可與纖維卡緊的位置。所以，我們推測只要是孔洞邊長不超過 3.2 mm（兩宿存萼頂端的平均距離）的布塊，皆可使之造成勾住的現象。

- (2) 由斷裂的倒刺，我們推測在鉤附時力作用的位置。因此我們嘗試作以下的推論，分析倒刺受到的力以及力如何作用於倒刺上，試著找出與鉤附力大有關的因素。首先依實驗畫出力圖（如圖 4-2）：

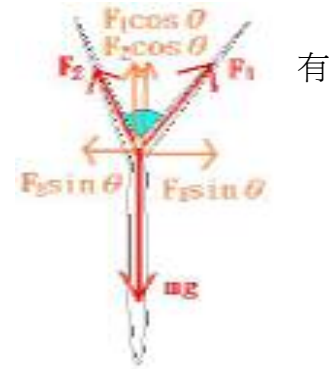
由於重物懸吊於兩宿存萼間，使交接處受到 F 向下，則必

F_1 、 F_2 延兩宿存萼向上拉以維持平衡，已知：

$$F = 10.48gw \quad 2\theta = 50^\circ$$

$$F = (F_1 + F_2) \times \cos \theta = 2 F_1 \cos \theta \quad \text{【圖 4-2】}$$

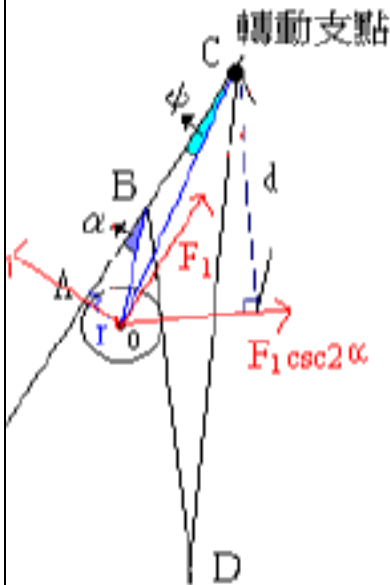
$$F_1 = F_2 = F \div 2 \cos \theta$$



然而實際上，纖維是受到倒刺的拉力而下壓，所以力的

作用點應為纖維與倒刺的接觸點，而方向則平行宿存萼。由【圖 4-1】推想可能影響宿存萼與纖維間靜力平衡的力分別有（a）力矩（b）摩擦力。因為我們曾在顯微鏡下拉動鉤附在布塊上的瘦果，並發現倒刺經常是以往後翻折的方式斷裂，推測是由力矩所造成的。兩物接觸必伴隨有摩擦力產生，但由觀察發現大部分瘦果受力後，受到的傷害僅在宿存萼上的倒刺，然而摩擦力主要施於宿存萼上而非施於倒刺上，因此我們認為其與力矩的產生沒有很大的關係。所以，雖然我們可以確定有摩擦力的存在，但無法深入探討其作用的大小，以及宿存萼表面的摩擦係數。以下便以力矩討論其作用情形：

力矩



由觀察一測量結果，已知：

倒刺與宿存萼所張的角度 $2\alpha = 16^\circ$

纖維半徑 $r = 21.45 \mu\text{m}$

基部平均長度 $\overline{BC} = 145.86 \mu\text{m}$

由三角函數求得 $\phi = 4^\circ$

且 $F_1 = mg \div 2\cos\theta$ $mg = 10.48\text{gw}$

當重物將瘦果向下拉時，延兩宿存萼上各有一分力 F_1 、 F_2 。現單以右側的宿存萼討論，則纖維必有一反作用力與 F_1 大小相同、方向相反、作用在倒刺上。

此反作用力可分為垂直與水平倒刺的兩個分力

($F_1 \csc 2\alpha$ 、 $F_1 \sec 2\alpha$)。其中 $F_1 \csc 2\alpha$ 會對倒刺產生一力矩， c 為轉動支點。

另外倒刺與宿存萼間本身的平均抗彎力矩 (f) 也會對 c 點形成另一個力矩。此兩力矩在倒刺斷裂前一瞬間為靜力平衡，因此可求出倒刺與宿存萼間的平均抗彎力矩。
 $\overline{BC} = r \div \sin \phi$

$$d = \overline{BC} \times \cos(180^\circ - 2\alpha - 90^\circ + \phi) = \overline{BC} \times \cos(90^\circ - 2\alpha + \phi)$$

$$\tau = F_1 \csc 2\alpha \times d$$

$$= F_1 \csc 2\alpha \times r \div \sin \phi \times \cos(90^\circ - 2\alpha + \phi)$$

代入數據得 $\tau = 5.78\text{gw} \times 3.68 \times 21.45 \mu\text{m} \div 0.07 \times 0.21$

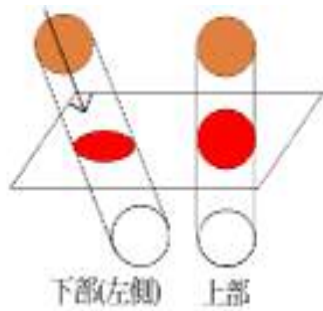
$$= 1368.75 \text{ gw} \cdot \mu\text{m}$$

由式子 $\tau = F_1 \csc 2\alpha \times r \div \sin \phi \times \cos(90^\circ - 2\alpha + \phi)$

顯示使倒刺斷裂所需的力會因纖維粗細(r)不同而改變。若纖維粗，則所需的力較小。

但最大的關鍵應為兩宿存萼間的角度(2θ)以及倒刺與宿存萼間的角度 (α 、 ϕ)。

- (3) 實驗步驟(2)中，所有插入的瘦果的宿存萼皆穿過布料後再向下自由滑落，理論上，宿存萼上被破壞的倒刺應為均勻分布。但由統計結果發現，被破壞的倒刺有 85% 分布於宿存萼上端的第 1、2、3 個位置。於是我們提出可能的原因，來解釋這種現象：插入布料時兩宿存萼被撐開，所以在放開的瞬間可能非鉛直下拉，而是趨向恢復原角度(50°)而向內側滑動。將長有倒刺的宿存萼之立體空間視為一立體圓柱，而布塊的孔洞視為切平面(如左圖)，可知截面為橢圓，其長徑大於圓柱的半徑。所以在宿存萼底部滑過布塊孔洞時，孔洞的寬度不一定要大於倒刺張開的寬度也能通過。反之，



在宿存萼接近上端的位置，因為兩宿存萼已接近原角度，所以不會產生向內側滑動的現象(如圖 4-3)。故布塊的孔洞一定要大於倒刺張開的寬度，所以被破壞的倒刺大部分分布於宿存萼的上端。

圖 4-3

三、探討各種變因對大花咸豐草種子萌發的影響

由野外觀察，我們認為大花咸豐草可能是先驅植物。

而先驅植物通常具有以下特性：

1. 耐高鹽環境
2. 可忍受較乾旱的環境
3. 忍受光度大
4. 適應低營養鹽
5. 耐高溫
6. 種子數量大

(一) 不同成熟度大花咸豐草種子萌發率

實驗得知，種子萌發率與成熟度成正比，但在定義成熟度二號以上之種子就具有 50%以上的萌發率，完全成熟的種子更具有約 90%的萌發率，再加上實驗一所得數據，得知一株大花咸豐草若傳播順利，將有 11 萬 5 千株幼苗誕生！而在萌發時間上，完全成熟的種子 4 天內，萌發率即達 90% ，而雖然成熟度低的種子萌發較慢，但整體而言第四天仍可達平均 31.5%的萌發率。

因此當種子散落在植株附近時，利用快速的生長速率佔據空間，因此造成到處可見大片大花咸豐草。再加上野外觀察，在大片大花咸豐草間仍有他種植物零星雜生，可見大花咸豐草應沒有明顯的排他性。因此，我們推測其成為優勢植物的原因是快速而高的萌發率。

(二) 大花咸豐草種子的逆境萌發

1. 在鹽分變異之下，由萌發率得知 0.5%的 NaCl 即對種子有抑制作用，相對於對照組的 92%減少了 41%的種子萌發，至於濃度 0.5%以上的溶液，除了 1%溶液有少許萌發之外，其餘萌發率皆為零。得知大花咸豐草種子對鹽分最高忍受濃度介於 0.5%~1%之間。

一般土壤鹽度小於 0.5% ，若超過 0.5% 則不利於大部分植物生長，故能在 0.5% 以上萌發，應該也是廣泛分布的主因。

2. 根據資料，海濱土壤為鹼性，最高可達 pH8.1，越近內陸 pH 值漸降，越乾旱的

地域 pH 值漸升。實驗得知，在 pH 1~14 對種子萌發影響，由圖 3-2.1 (2)得知種子不論在酸鹼環境中都有很高的萌發率，容忍範圍在 pH 2~pH12。其中 pH5、7、10、11 的萌發率更達 90%以上。此實驗解釋為何大花咸豐草分布廣泛，山上濱海皆可見其蹤跡，因其在酸鹼環境中保持高萌發率的特性。

(三) 蟛蜞菊及大花咸豐草對大花咸豐草種子的萌發影響

1. 由萌發實驗 3-3(蟛蜞菊及大花咸豐草對大花咸豐草種子的萌發影響)結果發現以大花咸豐草澆灌的種子平均有 72.3%的萌發率，整體萌發率下降了 19.7%(以原萌發率 90%計算)，可見大花咸豐草植株對其種子有少量抑制作用，其中以葉子的抑制最明顯，而莖的抑制則不明顯，萌發率依舊高達 90%。
2. 實驗及觀察發現，蟛蜞菊屬優勢物種，因其具有排他性，因此我們對於優勢物種間是否有抑制感到好奇。以蟛蜞菊澆灌的種子平均有 41.0%的萌發率，整體下降 54.4%(以原萌發率 90%計算)，相較於大花咸豐草，蟛蜞菊的抑制十分明顯，特別在莖的澆灌之下，減少超過 50%的萌發。此結果與前人所做實驗結果相符。但大花咸豐草雖受抑制，仍具 25 %萌發能力。但幼苗是否可以順利成長？長大後是否利用其生長優勢與蟛蜞菊抗衡？這場生物間的戰爭誰輸誰贏還需更深入的研究。

柒、結論

一、觀察大花咸豐草

(一) 野外觀察

1. 大花咸豐草分布廣泛且鄰近植物種類多
2. 植株間的距離依年齡增大而加大。
3. 花序由第 8 節起開始生長。一個花序平均有 50 個瘦果；一株大花咸豐草約有 13 萬 5 千個種子。
(以長 1.5 m、寬 1.4 m、高 1.2 m 的植株統計)
4. 花序呈球形對稱，宿存萼隨著其本身分布於花序球形構造的位置彎曲，使瘦果達到最有利的鉤附狀態。
5. 瘦果多以鉛直插入的方式鉤附衣料。

（二）顯微鏡下觀察瘦果

1. 瘦果具有兩部分的倒刺，分別位於瘦果下部及宿存萼上。
2. 宿存萼上的倒刺呈三面狀，其數目差異大，平均有 20 個以上。
3. 瘦果下部倒刺呈四面狀。

二、研究大花咸豐草種子的鉤附機制

（一）使瘦果自花托脫落的力均小於由布塊上脫落的力。

（二）瘦果以宿存萼上的倒刺鉤附於布塊上；瘦果下部倒刺的功用可能是使瘦果能貼平於布塊(傳播媒介)上，增長停留於布塊上的時間。

（三）棉絮為影響布料鉤附的種子數量的主因：布料的棉絮越少，使鉤附之瘦果落下所需的外力越小。

（四）1.布塊孔洞大小和纖維粗細會控制宿存萼鉤附與否。

2.由大花咸豐草瘦果結構推知當瘦果鉤附時，主要以力矩的方式鉤附；而纖維的粗細、兩宿存萼間所張的角度、倒刺與宿存萼間所張的角度是最大的影響因素。

3.當瘦果剛被重物下拉時，會傾向於回復原角度而向內側滑動，使宿存萼易於通過布塊之孔洞，不造成斷裂；而在宿存萼上端位置則否，所以斷裂的倒刺通常位於上端的 1、2、3 位置。

三、探討各種變因對大花咸豐草種子萌發的影響

（一）探究各種成熟度的大花咸豐草種子之萌發率

1. 大花咸豐草種子萌發能力高達 90%。
2. 大花咸豐草種子在未完全成熟時已具萌發能力。
3. 成熟的種子萌發時間較成熟度低的種子快。
4. 大花咸豐草種子的萌發能力相對於一般性植物高出許多，在時間上也極具優勢。

（二）逆境的萌發能力並探索最大忍受範圍

1. 大花咸豐草種子對鹽分的萌發最高濃度在 0.5%~1%之間。
2. 大花咸豐草分布範圍廣泛，推究其原因之一為大花咸豐草在酸鹼環境中仍能保持高萌發率的特性。(pH2~12)

（三）種子在抑制環境下的萌發情形

1. 大花咸豐草植株對其種子具有少量的抑制作用，整體萌發率下降了 19.7%(以

原萌發率 90%計算)。

2. 蟛蜞菊植株對其種子具有明顯的抑制作用，整體萌發率下降 54.4% (以原萌發率 90%計算)。

3. 推測大花咸豐草成爲優勢物種的主因是具快速的高萌發率。

捌、展望

一、將大花咸豐草之鉤附力機制，應用於結構工程中

二、探討花序之球形對稱構造與自然力（風、雨）的關係

三、探討大花咸豐草受粉機制

四、探討優勢物種間的競爭關係

五、探討同种植株之間的競爭關係

玖、參考資料

1. 李學勇，普通植物學(上)，初版，台北市，文苑出版社，p229~239，76 年

2. 李學勇，普通植物學(下)，初版，台北市，文苑出版社，p1303~1304、
p1425~1431、p1485~1492，76 年

3. 高景輝，植物的生長與分化，初版，台北市，國立編譯館，p633，68 年

4. 國立編譯館，環境科學大辭典(上)，初版，台北市，文景書局，p84，91 年

5. 易希道，植物生理學，初版，台北市，正中書局，p19、p576，55 年

6. 原襄、福田泰二、西野榮正著，植物觀察入門，修訂版，台北市，渡假出版社，p27、p77、
p103，81 年

評語

本作品創意甚佳，觀察仔細，主題與教材、生活相關性亦佳。