

# 中華民國第 57 屆中小學科學展覽會 作品說明書

---

國中組 生物科

佳作

030321

斷尾求生-大花咸豐草生存密技之探討

學校名稱：臺南市立建興國民中學

作者：  國一 卜德璇  國二 卜德玥  國二 黃芷謙	指導老師：  楊志鴻  高毓瑩
---	-----------------------------

關鍵詞：大花咸豐草、斷尾求生、斷枝機制

## 摘要

大花咸豐草在拔除時非常容易斷裂，無法連根除去，之後便快速重生蔓延，我們懷疑大花咸豐草很類似蜥蜴的斷尾求生。

本研究以假刺莧與龍葵做比較，進行莖拉斷力測試與再生能力實驗；以各種藥劑或實驗，使用顯微鏡觀察莖橫剖面與外皮。研究發現，方型莖內不連續不均勻的厚壁細胞與木質素使受應力不平均；分布於莖角落的厚角細胞使缺少彈性；完整明確的輸導組織增加支持力與硬度；莖節處橫向木質化纖維與不連續縱向纖維，使容易在莖節處斷裂；緊貼表皮的含木質素的輸導組織韌皮纖維團使表皮堅硬。此五點為大花咸豐草的斷枝機制。並發現大花咸豐草在演化上有木本植物的特性。這種以退為進，類似動物斷尾求生的斷枝方式，為大花咸豐草的生存密技。

## 壹、研究動機

暑假幫阿公果園除草，發現果園長滿了大花咸豐草。查了資料，才知道大花咸豐草(*Bidens pilosa* var. *radiata*)是當年蜂農為了增加蜜源，自日本琉球引進的外來種。到今日它們已經蔓延至全島低海拔，成了惡名昭彰的入侵物種，甚至被農委會公布為台灣三十大入侵種之一。



圖1、野草惡勢力大花咸豐草(經典雜誌 149)

我們在果園幫忙除草時，大花咸豐草很容易斷裂，本以為很快就完成了除草任務，三週後又去果園，整園的大花咸豐草竟然神奇的恢復了，好像三週前沒有除過草一樣！仔細觀察，發現快速生長的新葉是從折斷的傷口長出，而丟在一旁的斷枝也長出了不定根，甚至還長了新芽。難道容易折斷的大花咸豐草採取了以退為進、斷尾求生的策略嗎？容易折斷是為了快速重生？植物界也演化出了動物界蜥蜴特有的斷尾求生？在國中生物一下第一單元，我們雖然了解了植物繁殖方式，但網路上查不到相關資料，而蜥蜴斷尾機制最近剛發表在國家地理雜誌，我們也決定展開大花咸豐草斷尾求生的相關研究，來找找大花咸豐草的斷枝機制。



圖2、斷尾求生的蜥蜴



圖3、拔草時容易斷裂



圖4、快速長出新葉

## 貳、研究目的

- 一、從莖部拉斷力實驗與再生能力實驗，來確認大花咸豐草斷尾求生的生存繁殖方式
- 二、從莖部橫切面切片的各種觀察實驗，來研究大花咸豐草斷枝機制
- 三、從莖部外皮的各種觀察實驗，來研究大花咸豐草斷枝機制
- 四、與木本植物莖部比較，來研究大花咸豐草在演化上的特性

## 參、研究設備及器材

### 一、研究設備、器材與工具













表 1、使用工具表

			
剪定鋏	棉布手套	實驗乳膠手套	離心管
			
拉力計	解剖刀	小夾子	童軍繩
			
燒杯	滴管	培養皿	電子秤
			
筆記型電腦	數位顯微鏡	解剖顯微鏡	顯微鏡攝影機

			
陶瓷纖維網	三腳架	酒精燈	封膜

## 二、研究藥劑

表 2、使用藥劑表

			
番紅粉末	速綠粉末	75 度酒精	95 度酒精
			
瓊膠	氯化鈣	EGTA	間苯三酚
			
轉漬膜(PVDF)	鹽酸	氫氧化鈉	食用色素

註 1 轉漬膜(PVDF)：對蛋白質具有極佳的結合力，可以利用此膜加上各種藥劑進行其他細胞物質的測定，本研究用來觀察植物莖部拓印漬的強度。

註 2 番紅粉末：能染維管束植物木質化、木栓化和角質化的組織，本實驗用來觀察厚壁細胞的分布。

註 3 速綠粉末：染含有漿質的纖維素細胞組織的染色劑，本實驗用來觀察薄壁細胞分布。

註 4 瓊膠(agar)：遇熱透明軟化放涼後凝固，本實驗用來包埋枝條，增加硬度可薄切切片。

註 5 氯化鈣( $\text{CaCl}_2$ )：用來增強厚角細胞中果膠的鈣離子與拓印膜的鍵結力。

註 6 螯合劑 EGTA： $\text{C}_{14}\text{H}_{24}\text{N}_2\text{O}_{10}$  是一種氨基多羧酸螯合劑，對鈣離子親和力強，可以用來螯合果膠中的鈣離子，如此可以比對出厚角細胞。

註 7 間苯三酚：測試木質素的藥劑，呈現紅色。

註 8 鹽酸：因為木質素的多酚可溶於強酸，因此用來調製間苯三酚藥劑染出木質素。

註 9 氫氧化鈉：強鹼，可以加熱將葉肉溶解。

## 肆、研究過程與方法

### 一、比較樣本之選擇

大花咸豐草除了跟其他菊科植物一樣，有高發芽率的種子可以進行有性繁殖，但本研究發現大花咸豐草的極容易斷枝又快速重生的特性，文獻上並無相關記載，因此本研究便針對莖部的各種觀察及實驗，來了解大花咸豐草斷枝機制。另外除了大花咸豐草之外，果園內還常見與大花咸豐草高度相似、有性繁殖能力極強、莖基部木質化的地方都會形成不定根，也是臺灣地區野田、雜木林常見的雙子葉外來種—龍葵及假刺莧作為和大花咸豐草的比較樣本。



圖 5、大花咸豐草



圖 6、假刺莧



圖 7、龍葵

### 二、研究架構建立

我們經由一些田間的經驗，得知大花咸豐草極容易斷裂，而且再生速度相當快，尤其在一些以割草維護管理的果園、公園、校園、行道樹區域等地區大肆繁殖。為確認我們的觀察是否正確，本研究設計了拉斷力量測試與再生能力實驗，來確認斷尾求生的假設。

而了解大花咸豐草到底為何容易斷裂則是本研究的主要目標。我們經由文獻探討，先了解雙子葉植物莖部的細胞構造分類，再以染色及拓印方式探討莖部細胞的分布。我們也想了解影響細胞強硬度的木質素在莖部分布的狀況，再將結果和莖部輸導的組織比對，試著去找到大花咸豐草容易斷裂的斷枝機制。

而我們也發現大花咸豐草的外皮容易完全斷裂，不會藕斷絲連，因此對外皮的觀察與實驗也需要進行，本研究利用顯微鏡觀察、氫氧化鈉去肉質組織處理、木質素染色處理等方式，努力去找出大花咸豐草莖部外皮的特性，以了解大花咸豐草的斷枝機制，並以此進行相關討論，根據以上想法，訂出下圖本研究的研究架構。

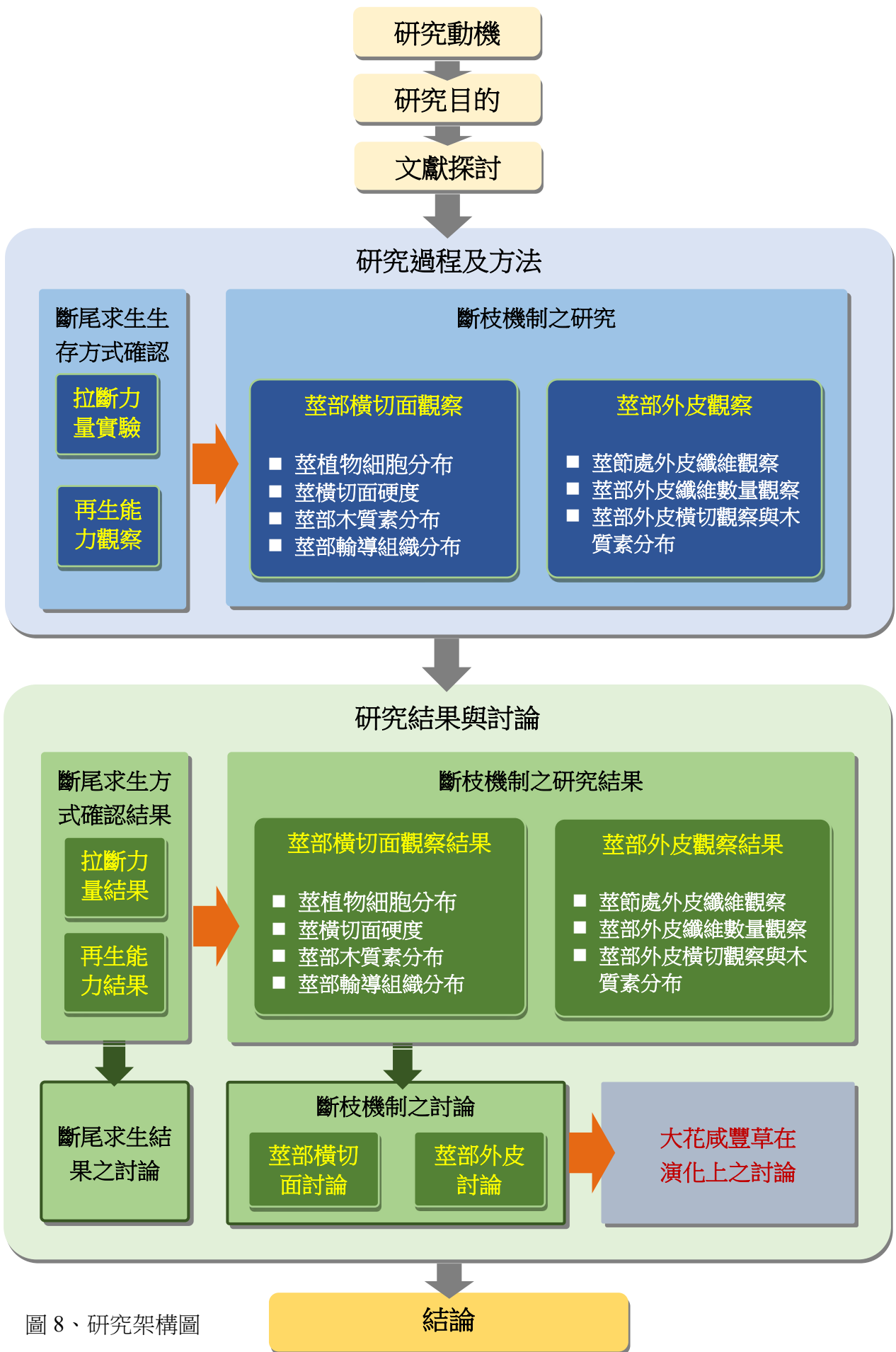


圖 8、研究架構圖

### 三、斷尾求生 (斷枝再生)生存方式確認

#### (一)莖部拉斷力量實驗

本研究選擇較大株十節左右的大花咸豐草、假刺莧、龍葵，首先進行莖部基部直徑測量，再利用拉力計分別從頂部拉、側面拉來測量將三種雜草的莖部拉斷時的瞬間力量，使用工具是拉力計。從頂部拉並記錄拉斷位置，從側面拉則分別針對三种植物的粗細節上、粗細節間進行拉力測試，藉以驗證我們研究的假設。



圖 9、將一端固定，另一端以麻繩綁拉力計用力拉斷



圖 10、拉力計



圖 11、分別針對四個位置從側邊拉

#### (二)再生能力觀察實驗：

1.田間拔後觀察：於田間拔除各十株大花咸豐草及龍葵、假刺莧，觀察拔後生長狀況。



圖 12、拔除大花咸豐草



圖 13、拔除龍葵



圖 14、拔除假刺莧

2.斷枝土中扦插實驗

剪取三种植物斷枝約 15 公分各三枝，扦插於培養土中，觀察 10 天，隔周再進行一次，觀察不定根及新葉再生情況。



圖 15、大花咸豐草斷枝扦插



圖 16、龍葵斷枝扦插



圖 17、假刺莧斷枝扦插

#### 四、斷枝機制之研究

##### (一)莖部橫切面觀察

為了找到大花咸豐草為何容易斷裂，我們需要了解莖部的特性。查了植物的莖部的文獻，我們知道依植物細胞壁的厚度和成分，可分為薄壁細胞、厚角細胞、厚壁細胞。我們了解在成熟雙子葉植物的草本莖中，主要以厚壁細胞做為支持，並使莖部強健，厚壁細胞多數分布在植物莖部位外圍，內部柔軟的薄壁組織則是含分裂能力、儲存、行光合作用的細胞，而具彈性的厚角細胞則分布在一些特定位置。本研究為了解大花咸豐草容易斷枝的機制，便想了解在莖部這三種細胞的分布狀況。而三種細胞須經由一些實驗來呈現，本研究以番紅染劑染出厚壁細胞，速綠染劑染出薄壁細胞，而厚角細胞因含有果膠質，我們以 EGTA 的藥劑去處理後再進行拓印比對，設法去找到厚角細胞的分布位置。

表 3、植物細胞分類說明表

說明	薄壁細胞	厚角細胞	厚壁細胞
分布位置	存在植物體的活組織中，構成植物體的柔軟組織	以束狀或筒狀排列在莖或葉柄表皮內側	存在於植物的纖維細胞及石細胞，如導管、皮層、木栓層、纖維等
細胞壁成分	纖維素、蛋白質、果膠質	纖維素、蛋白質、大量果膠質	纖維素、木質素、木栓質
特性	初生細胞壁薄	具有彈性支持組織	具有次生細胞壁，使細胞壁更厚，支撐力強勁
分類及功能	1. 構成植物柔軟部分 2. 分為可以行光合作用、可以儲存物質、可以分泌物質、具分裂能力、具調節功能、保衛功能、運輸功能之細胞	1. 存在嫩莖及葉柄表皮正下方皮層組織 2. 初生細胞壁角隅處增厚，增厚物質為纖維素和果膠質	1. 兼具運輸(木質部)及支持 2. 特化支持細胞，包括纖維細胞、雙子葉植物的皮層、木質部及韌皮部的纖維、及石細胞
細胞活性	活細胞，具分裂能力	活細胞，可生長而不分裂	成熟分化後不再生長，甚至死亡

(整理自蔡淑華 (2005))

大花咸豐草屬於一、二年生草本植物，而草本莖部的剖面構造說明如下：維管束除了輸送水分、養分以外，也兼具草本植物的支持作用，因此對於輸導組織的分布狀況也是本研究探討的部分，我們利用食用色素進行吸水實驗。

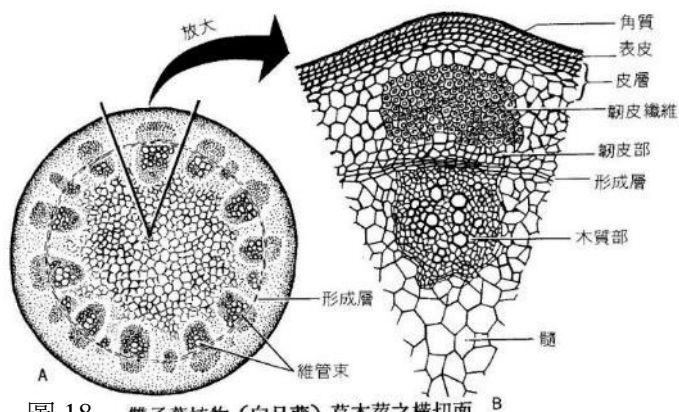


圖 18、雙子葉植物(向日葵)草本莖之橫切面  
(整理自易希道等 (1988) · 普通植物學)



而在田間折斷大花咸豐草時，切斷面的軟硬似乎也影響折斷的難易度，故我們也利用染色時所橫切的折斷面進行拓印，由印痕的清晰度來研究莖堅硬程度。

除了植物的結構以外，細胞內的化學成分木質素也是影響莖部剛性的因素，本研究亦經由包埋切片並以間苯三酚染色來進行觀察。

表 4、莖部構造說明表

部位	特性		細胞種類
表皮	細胞排列緊密，外覆有角質層，具保護和防止水分散失的功能。		表皮細胞、保衛細胞
皮層	1.皮層外側具有厚角細胞，具支持功能。 2.皮層主要由薄壁細胞構成，含澱粉粒、結晶，可儲存水分養分、保護維管束。 3.部分皮層細胞含葉綠體，能行光合作用。		厚角細胞、薄壁細胞、厚壁細胞
維管束	木質部	輸送水分、無機鹽、支持	薄壁細胞、纖維厚壁細胞
	韌皮部	輸送光合作用產物、支持	薄壁細胞、纖維厚壁細胞
髓	位於莖的中心，由薄壁細胞構成，主要作用是儲存養分		薄壁細胞

(整理自易希道等 (1988) · 普通植物學)

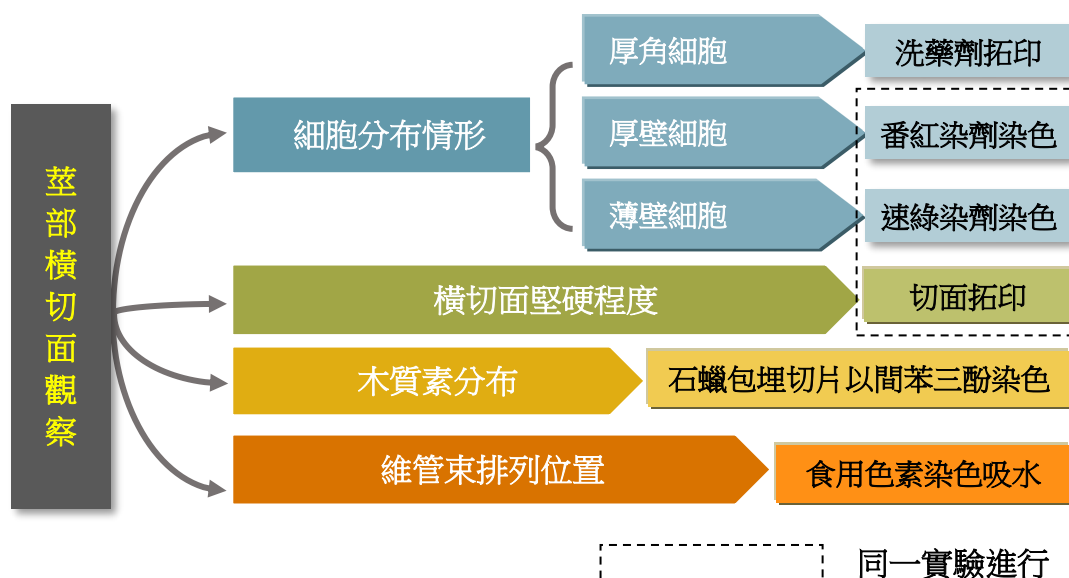


圖 19、莖部橫切面觀察實驗架構圖

# 1. 莖植物細胞分布與莖橫切面硬度研究

## (1) 厚壁、薄壁細胞染色觀察及橫切面硬度測試

a. 取得植物莖部：剪取大花咸豐草、龍葵、假刺莧超過 10 節較成熟植株莖部。



圖 20、植株取得狀況圖

b. 選取切片部位進行切片

從我們觀察中得知，大咸豐草的莖有綠色部分及木質化部分，而節的位置最容易斷裂，因此我們選擇底部長出不定根木質化部位、從上往下第七節節位、五至六節節間、側枝生長分岔點進行切片。



圖 21、莖橫切面切片位置圖

c. 切片

以解剖刀將選定位置切下，切口處進行轉漬膜拓印，再將切口左右各以 0.1 公分的寬度切出染色樣本，左右各一組，每種植物三株，切下的樣本暫至蒸餾水保存，而由於樣本數量不少，所以進行編號。



圖 22、莖橫切面切片方式



圖 23、以解剖刀垂直切下



圖 24、暫置蒸餾水中

d. 拓印

本研究利用 PVDF 轉漬膜來測試植物切面的強度，再透過顯微鏡觀察。



圖 25、轉漬膜



圖 26、用力壓拓至轉漬



圖 27、解剖顯微鏡

### e. 染色及觀察

切片染色方式觀察薄壁細胞及厚壁細胞在莖的分布狀況，並以另外兩種闊葉野草假刺莧、龍葵做比較。而染色方式以番紅藥劑觀察厚壁細胞，以速綠藥劑觀察薄壁細胞，染色步驟如下圖。

染色完成後我們利用解剖顯微鏡進行觀察，解剖顯微鏡又稱為實體顯微鏡，主要是用來觀察不透明物體或生物標本外部形態，利用燈泡做為光源，影像具有立體感，接上 CCD 鏡頭，透過筆記型電腦放大觀察並拍照記錄。



圖 28、薄壁、厚壁細胞染色及觀察

### (2) 厚角細胞拓印觀察

厚角細胞只具初生細胞壁，與薄壁細胞一樣，含有活的內含物，但是細胞壁的厚薄不均，部分變厚，常把細胞間隙完全或部分填滿，或尚留些間隙。厚角細胞都是成群而存在，形成一種機械組織稱為厚角組織(collenchyma)，常存在於生長中的初生組織，其細胞壁成分以纖維素、亞纖維素和果膠質為主(蔡淑華,植物解剖學)。利用厚角細胞特有的果膠質在代謝過程產生的蛋白質，印在與蛋白質鍵結能力極好的拓印膜上，作為找尋厚角細胞的方式。詳細研究過程如下：

a.組織切片

將三种植物重複五株，選取第七節節上、第五至六節間，以連續切片取得三個連續樣本。

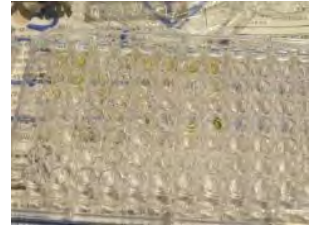


圖 29、選取枝條切片 圖 30、樣本放置培養皿

b.調配藥劑

表 5、厚角細胞觀察藥劑調配表

藥劑	調製方式	原理
氯化鈣藥劑	0.56 公克氯化鈣倒入 100ml 水中	加入鈣離子可以使果膠質與蛋白質拓印膜的結合更完整
EGTA 螯合劑 C <sub>14</sub> H <sub>24</sub> N <sub>2</sub> O <sub>10</sub>	將 1.9 克 EGTA 倒入 100ml 的水中	EGTA 可以與鈣離子螯合，如此就果膠質的蛋白質就無法和拓印膜結合

c.藥劑沖洗並拓印

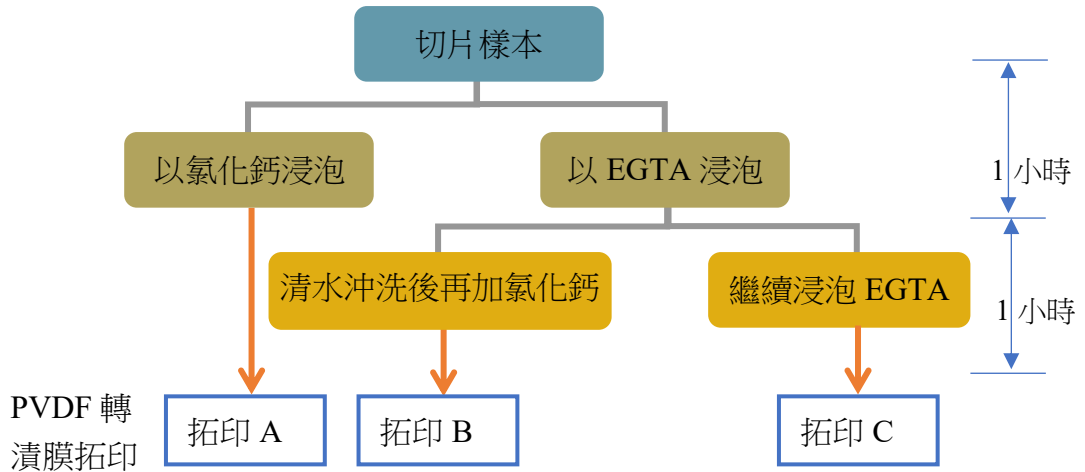


圖 31、厚角細胞拓印流程圖

將 A 放在 0.05M 的 CaCl<sub>2</sub> 溶液，果膠質的鈣將會更完整。將 B 和 C 放在 0.05M 的 EGTA，將厚角細胞果膠質中的鈣螯合掉，一個小時後在 EGTA 中的 B 樣品以清水沖洗，放入 0.05M 的 CaCl<sub>2</sub> 中，此步驟為了將鈣補充回去，與 A 樣本互相比較應該相同。C 樣本持續放在 EGTA 中，再一小時，此時厚角果膠中鈣離子應已螯合掉。取出後使用濾紙將多餘水分吸乾，接著切片放在一張 PVDF 膜上，用食指在硬紙上用力按壓兩到三秒，將 A、B、C 組織拓印膜上。以解剖顯微鏡觀察其印痕，A 與 B 應該相似而 C 所缺失的印痕即厚角細胞。



圖 32、用力壓下

圖 33、取得印痕

將 A 放在 0.05M 的 CaCl<sub>2</sub> 溶液，果膠質的鈣將會更完整。將 B 和 C 放在 0.05M 的 EGTA，將厚角細胞果膠質中的鈣螯合掉，一個小時後在 EGTA 中的 B 樣品以清水沖洗，放入 0.05M 的 CaCl<sub>2</sub> 中，此步驟為了將鈣補充回去，與 A 樣本互相比較應該相同。C 樣本持續放在 EGTA 中，再一小時，此時厚角果膠中鈣離子應已螯合掉。取出後使用濾紙將多餘水分吸乾，接著切片放在一張 PVDF 膜上，用食指在硬紙上用力按壓兩到三秒，將 A、B、C 組織拓印膜上。以解剖顯微鏡觀察其印痕，A 與 B 應該相似而 C 所缺失的印痕即厚角細胞。

## 2. 莖部木質素分布研究

木質素是構成植物細胞壁的成分之一，在植物組織中具有增強細胞壁及黏合纖維的作用。其組成與性質比較複雜，是一種複雜的芳香酚，並具有極強的活性。因單體不同，可將木質素分為 S、G、H 木質素 3 種，雙子葉植物為 G、S 兩種。從植物學觀點出發，木質素就是包圍於管胞、導管、木纖維等纖維束細胞及厚壁細胞外的物質，並使這些細胞具有特定顯色反應（加間苯三酚鹽酸溶液即顯紅色）。木質素填充於纖維素構架中增強植物體的機械強度，利於輸導組織的水分運輸和抵抗不良外界環境的侵襲，木質素在木材等硬組織中含量較多。因此研究大花咸豐草的剛性，就必須了解木質素的多寡和分布。本研究實驗的方式其研究過程如下：

### (1) 樣本包埋切片

本實驗希望將切片切得更薄，才能比較掌控木質素的分布，便利用包埋技術增加植物間硬度，使解剖刀更容易施力切薄，其操作流程如下圖：



圖 34、包埋流程圖

(2) 調製間苯三酚藥劑：將 0.3g 間苯三酚倒入 95%10ml 酒精中再以 2：1 倒入 HCl

(3) 以間苯三酚藥劑進行木質部染色，約 3-4 秒後，以解剖顯微鏡觀察

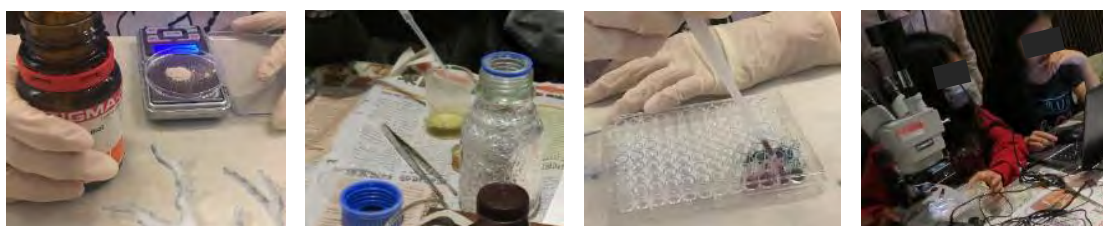


圖 35、量取間苯三酚

圖 36、以 HCl 調製

圖 37、將樣本染色

圖 38、以顯微鏡觀察

### 3. 莖部輸導組織分布研究

在草本植物莖部的維管束通常也是主要支持系統，我們想知道四方型莖的大花咸豐草的維管束排列方式與其他植物的差別，甚至想知道在節處容易斷裂的大花咸豐草其維管束在節的位置有無中斷，便設計以下實驗：

#### (1) 維管束位置實驗

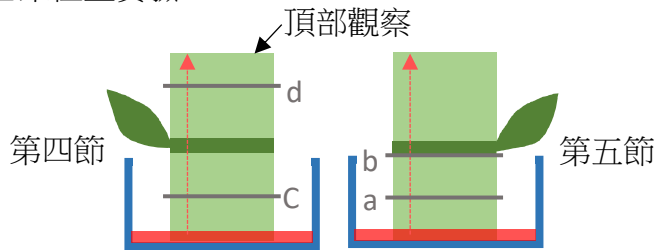


圖 39、維管束吸水實驗示意圖



圖 40、食用色素使其吸水

將三种植物在第四節與第五節位置，切出包含節的一段枝條，約 4-5 公分，放於食用色素中，吸水至最上方維管束看到紅色水，再將之取出，於第四節節間、第五節節間、第五節位置切片觀察，而最上方亦進行顯微鏡觀察。

#### (2) 維管束在節處連接狀況實驗

##### a. 實驗 A：將外皮剝除一半比較實驗

以一段完整植株及一段剝除外皮的植株進行比較，看外皮對維管束運輸是否有影響。

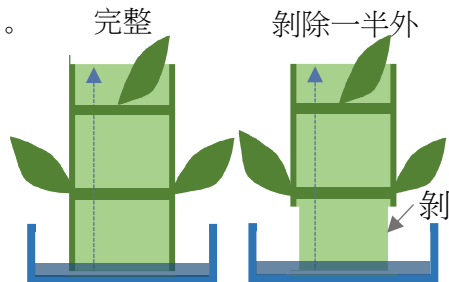


圖 41、剝除外皮吸水比較實驗示意圖



圖 42、剝外皮使其吸水

##### b. 實驗 B：大花咸豐草維管束經過節是否會中斷實驗

由於大花咸豐草在節的位置非常容易折斷，我們相當好奇輸導組織是否也在節的位置中斷、錯位，因此我們取一小段枝條，節以下交錯 90 度各切一半，看吸水後的位置狀況。

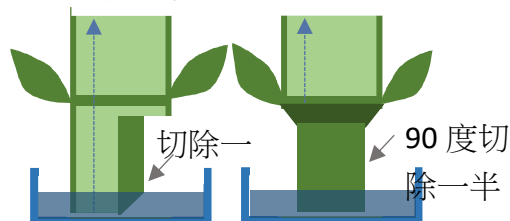


圖 43、節處維管束情況實驗示意圖



圖 44、枝條下方切半吸水

## (二) 莖部外皮觀察

本研究發現大花咸豐草折斷時，連外皮也會完全斷裂，尤其是在節的位置非常容易折斷，不像別的植物外皮還會藕斷絲連，因此我們對於外皮的構造十分感興趣，便進行莖節處外皮纖維觀察、纖維數量觀察，並且以間苯三酚觀察木質素分布狀況。

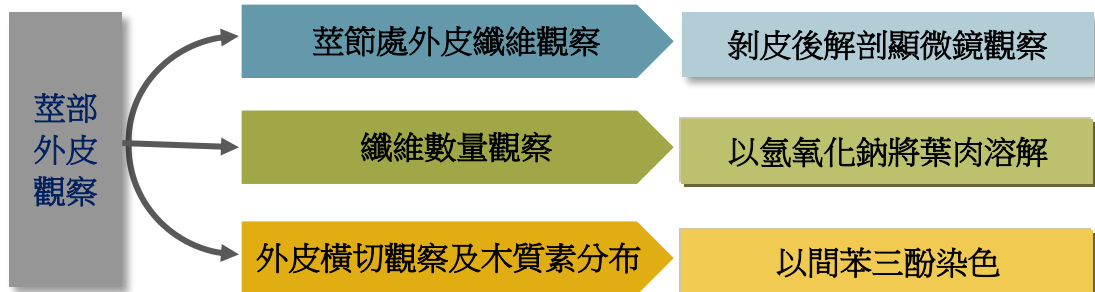


圖 45、外皮觀察研究架構

### 1. 莖節處外皮纖維觀察

由於大花咸豐草的莖部容易完全折斷，不似假刺莧及龍葵還會有外皮纖維與原株相連，尤其在節處更明顯，因此我們決定選擇節間及節的位置，以解剖刀撕下外皮，利用解剖顯微鏡觀察縱剖面構造。



圖 46、使用解剖刀切出外皮並觀察

### 2. 莖部外皮纖維數量觀察：應用氫氧化鈉高溫溶解細胞的固形物，將纖維留下。

將三種植物節處剝出 3 片長約 5 公分的外皮片段



將 5 公克氫氧化鈉溶解於 100ml 水中



放入片段以酒精燈煮 1 個小時



以刷子輕刷後於解剖顯微鏡下觀察



圖 47、外皮纖維觀察流程

### 3. 莖部外皮橫切觀察與木質素分布

通常草本植物的莖外皮皮層多屬薄壁細胞，但有些植物外皮皮層也會有厚壁細胞，並含有木質素，本研究利用橫切方式，切下含皮切片，以徒手切及包埋兩種方式使用間苯三酚染色，觀察外皮狀況及木質素分布情形。



圖 48、外皮橫切與木質素觀察流程圖

## 伍、研究結果




### 一、斷尾求生(斷枝再生)生存方式之確認結果

#### (一)莖部拉斷力實驗結果與討論

##### 1.由頂部拉

大花咸豐草的斷裂方式是自節處斷裂，一分為二，拉斷時的瞬間力道為 0.72 公斤重，遠小於假刺莧和龍葵。我們也發現大花咸豐草，只需要一點力道即會讓它在節的地方斷裂，其他二種不會斷在節，而且表皮還會相連，不容易全斷。

表 6、三種植物莖部直徑測量與頂端拉力測試表

內容	大花咸豐草	假刺莧	龍葵
莖部直徑	0.9cm	0.8cm	0.6cm
拉斷力道	0.72kgw	9.8 kgw	11 kgw
莖部拉斷圖片			

##### 2.由側邊拉

從側邊拉的結果也發現大花咸豐草不論在節的位置或是節間的位置用力拉，都確認大花咸豐草非常相當容易斷裂。

表 7、三種植物莖部直徑測量與側方平均拉力測試表

植物	粗節間	粗節	細節間	細節
大花咸豐草	1.45 kgw	1.35 kgw	0.56 kgw	0.69 kgw
假刺莧	3.43 kgw	5.8 kgw	0.7 kgw	3.02 kgw
龍葵	5.8 kgw	14.68 kgw	1.08 kgw	2.66 kgw

#### (二)再生能力觀察實驗

##### 1.田間拔後觀察

表 8、拔後生長情形比較表

植物	大花咸豐草	假刺莧	龍葵
植物狀況			
說明	一拔就斷裂，從拔斷位置以下的節，都在短短十天內冒出了大量新芽	從最底部連根拔出後，已不見任何原植株痕跡	連根拔出後，已不見任何原植株痕跡，甚至生長位置被其他植物取代



從田間的觀察我們得知，不像龍葵或假刺莧，容易連根拔出，或斷在莖與根連接處很底部的地方，大花咸豐草的力量不容易傳遞到根部，會在接近底部數節的地方就斷裂，斷裂位置十株中有八株在節的位置。群聚的大花咸豐草，植株底容易彎曲成匍匐姿態，斷裂後留下的匍匐莖鋪平在地上，交錯覆蓋土壤。而單株的大花咸豐草留下底部較大範圍的植株，如此都相當容易再生回來。



圖 49、叢生底部莖易匍匐 圖 50、拔除時莖容易斷裂 圖 51、保留植物基部

由於龍葵及假刺莧容易斷在底部或連拔出，故斷後植株已死亡，無再生現象。但大花咸豐草容易斷裂的特質，保留了植物的重要部分，從斷裂面以下節的位置快速生長出新葉，約略 10 天的時間，已經恢復生機。故斷枝模式保存了大花咸豐草，進而重生。



圖 52、斷處以下節長新葉 圖 53、新葉生長速度快 圖 54、斷處以下節長新葉

## 2.斷枝後土中扦插

表 9、莖部扦插不定根及芽體生長情況表

	大花咸豐草		假刺莧		龍葵	
植株狀況						
再生情形						
新葉	2、2、4	6、2、2	0、0、0	0、0、0	0、0、0	0、0、0
新根	1、2、6	0、1、3	0、1、0	0、0、0	0、0、0	0、0、0

斷枝扦插主要是觀察再生能力，從實驗結果得知，大花咸豐草 10 天新根與新葉都有長出，不似其他兩種幾乎枯萎，可見大花咸豐草自身再生能力相當不錯。

## 二、斷枝機制之研究結果

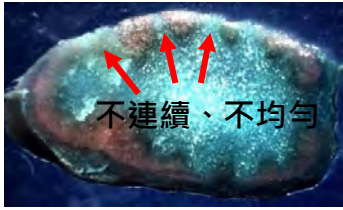
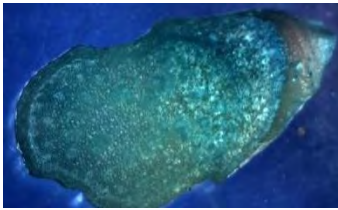
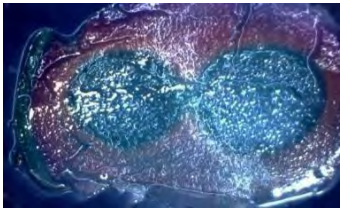

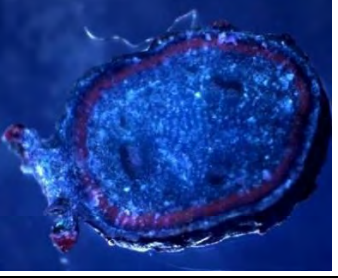
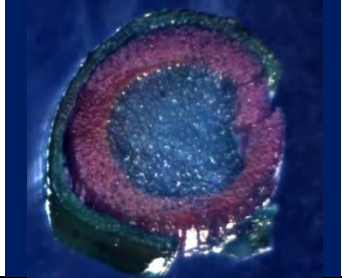
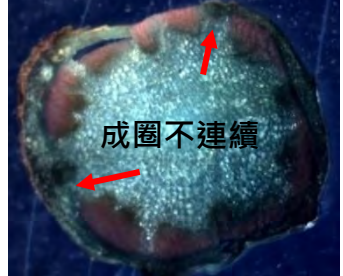
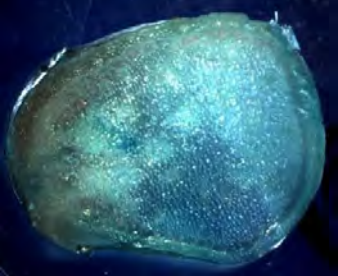
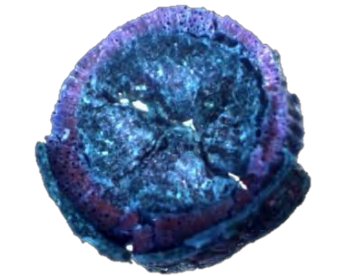
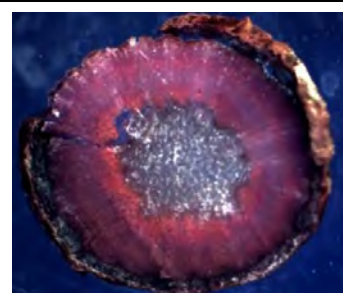
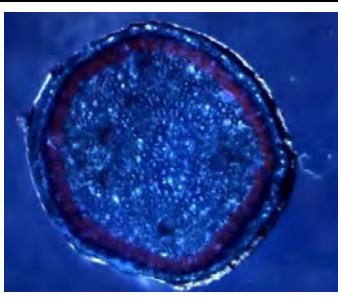
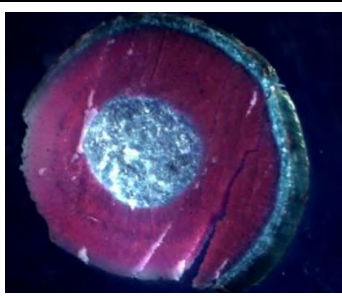
### (一)莖部橫切面觀察結果

#### 1.莖植物細胞(薄壁、厚壁、厚角細胞)分布研究結果

##### (1)薄壁與厚壁細胞

番紅染出紅色代表厚壁細胞，速綠染出綠色部分屬於薄壁細胞，由於樣本數多，便挑選染色具代表性組織說明，其結果及討論如下：

表 10、植物厚壁及薄壁細胞分布狀況

	大花咸豐草	假刺莧	龍葵
分岔點			
5至6節節間			
第7節節上			
莖基部木質化			

##### ■ 側枝生長之分岔點位置

分岔點的位置會長出側枝，從染色結果發現，大花咸豐草、龍葵外面一圈紅色厚壁細胞相當明顯，而假刺莧較不清楚，反而薄壁細胞幾乎充斥了整個莖部，但是大花咸豐草的厚壁細胞有斷裂不連續成圈、不均勻的狀況，也可以說是某些地方似乎比較多而厚，有些比較薄，依照維管束位置分布。

### ■第五至六節節間位置

大花咸豐草、龍葵外面一圈紅色厚壁細胞相當明顯且範圍較廣，而假刺莧雖然也清楚但範圍較窄，大花咸豐草有外圈不均勻，且有的地方增厚，但節間比較連續，難怪會斷裂在莖節處，另外亦可明顯看出莖部呈四角形。

### ■第七節節上位置

實驗發現大花咸豐草通常最容易斷裂在節上，本研究從節上橫切片發現，大花咸豐草、龍葵外面一圈紅色厚壁細胞相當明顯，而假刺莧較不清楚。但大花咸豐草的厚壁細胞斷裂不連續、不均勻，依照維管束位置分布。

### ■莖基部附近木質化位置

大花咸豐草、龍葵外面一圈紅色厚壁細胞相當明顯且範圍較廣，而假刺莧雖然也清楚但範圍較窄，此部分大花咸豐草的紅圈較不規則，也就是說厚壁細胞雖然也是增厚了許多，但是有些地方多，有些地方少。

由以上觀察結果可以發現，愈成熟的莖部其厚壁細胞愈多愈厚，薄壁細胞愈少，而大花咸豐草厚壁細胞增厚的程度很不均勻，有的地方多有的地方少，也明顯可以看出其莖部呈四角形，到近根部處才漸漸變成圓形。從薄壁與厚壁細胞的研究結果，我們可以發現大花咸豐草厚壁細胞不連續是極大特色。

## (2)厚角細胞

觀察三種植物莖部的厚角細胞，主要根據加了氯化鈣的拓印痕(拓印 A)與用螯合劑螯合掉拓印痕(拓印 C)互相比較，可以看到 C 缺失的部分，就是厚角細胞，拓印 B 是用來比對理論上與 A 相似。本研究比較出來的結果如下：



















### ■大花咸豐草：

從拓痕的比對，發現大花咸豐草的厚角細胞在節的位置，集中在外圍表皮內側像兩個半弧形，且中斷不連續，而在節間的部分則集中在不規則形狀的角落，這位置是輸導組織及表皮。

■ 假刺莧：假刺莧的厚角細胞大約在表皮內側，呈現一整圈存在，但不明顯。

■ 龍葵：龍葵的厚角細胞大多沿著表皮內一圈，不論在節或是節間都是相似。

表 11、厚角細胞拓印結果表

植物	位置	氯化鈣藥劑增強 (拓印 A)	EGTA 螯合補氯化鈣 (拓印 B)	EGTA 螯合 (拓印 C)
大花咸豐草	第 7 節			
	第 5-6 節間			
假刺莧	第 7 節			
	第 5-6 節間			
龍葵	第 7 節			
	第 5-6 節間			

從以上實驗我們得知，假刺莧及龍葵的厚角細胞緊接著表皮之內層，形成一整圈把其內部之組織圍住，但是大花咸豐草，在莖節處斷斷續續成群、在節間則集中在稜角處。而厚角細胞是屬於有彈性的支持細胞，大花咸豐草分布在莖節角落，而非讓整個大花咸豐草植株都具有柔軟彈性。

## 2. 莖部切面硬度實驗結果

從切片拓印得知，大花咸豐草的拓印印痕遠清楚於假刺莧和龍葵，由此可得知，大花咸豐草的莖部組織較強硬，尤其是外圈的厚壁組織再與龍葵比較，雖然範圍大小差異不大，但組織的強健度卻較高，而強硬的組織遇到強大的外力自然容易斷裂。

表 12、莖部橫切面堅硬狀況拓印圖表

位置	大花咸豐草	假刺莧	龍葵
側枝生長分岔點處			
第 7 節節上			
5 至 6 節節間			
根部附近木質化部分			

## 3. 莖部木質素分布研究之結果

表 13、莖部木質素分布圖

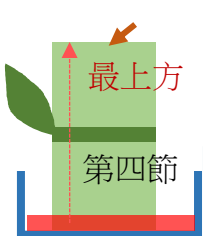
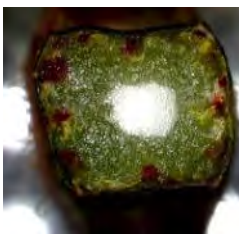

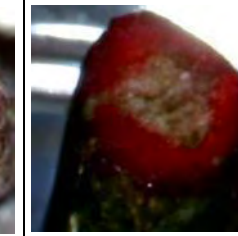
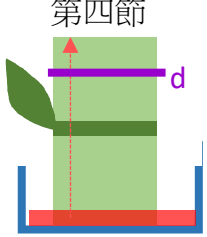



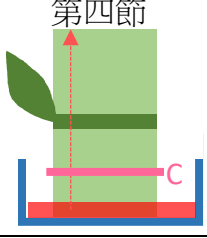



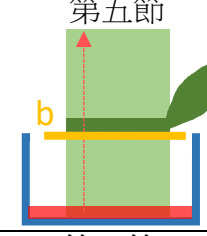



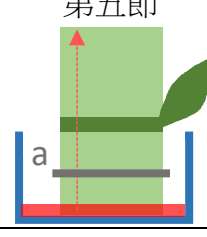






位置	大花咸豐草	假刺莧	龍葵
第 7 節節上			
5 至 6 節節間			

莖部木質素為做為莖部支持作用及強化剛性的重要元素，本研究經由間苯三酚染色後發現三種植物木質素的位置在表皮內側貼近表皮的位置，但假刺莧在接近中間卻有一圈散生木質素，似乎和輸導組織的位置呼應。在大花咸豐草，我們可以明顯看到不論在節或是在節間，都屬於中斷不連續的狀況。此種貼近表皮的木質素使表皮較硬，我們也推斷這也是大花咸豐草表皮完全折斷的原因。

#### 4. 莖部輸導組織分布之研究結果

##### (1) 維管束位置實驗

表 14、維管束位置切片說明表(紅色為食用色素吸水狀況)

位置	大花咸豐草	假刺莧	龍葵
 最上方 第四節			
 第四節 d			
 第四節 第五節 c			
 第五節 b			
 第五節 a			
(備註)未吸水剖面		 表皮原即紅色	

■ 大花咸豐草：



圖 55、大花咸豐草切面放大攝影圖

大花咸豐草的維管束緊貼表皮內側，而木質部在更內圈，其造依照四方型的莖部結構平均分布，但在角落或有角度的位置都有維管束存在，我們另有一張大花咸豐草的橫切照片，其組織分布與吸水情形相同。都可以見到管徑清楚由下到上的輸導管路。

- 假刺莧：假刺莧的輸導組織位於較內圈，而且有點散生，從橫切面看來不太像大花咸豐草是一條明確的管徑，有一些水分的輸送會較快速散開。
- 龍葵：龍葵的輸導組織位於較表皮內側但不像大花咸豐草這麼貼近表皮，輸導組織也是在某一處範圍，並不像大花咸豐草是一條明確的管徑。

從維管束位置實驗，我們發現大花咸豐草的輸導組織構造比起其他兩種植物來得明確，其韌皮纖維團位置貼緊表皮，而這輸導組織為草本植物的重要支持構造，所以大花咸豐草表皮處較堅硬而脆，故較容易折斷。

(2)維管束在節處連接狀況實驗結果

從大花咸豐草維管束經過節是否會中斷實驗結果可以得知，若切除外皮，並沒有影響大花咸豐草的木質部運送水分，比較貼近外皮的是韌皮部的韌皮纖維，所以水分的輸送並無影響。而切半的吸水實驗也可以發現，維管束並沒有在節的地方中斷錯位，因為另外一半的水分並沒有吸收上去，因此推翻我們的實驗假設。

表 15、大花咸豐草維管束經過節是否會中斷實驗結果表

吸水	完整枝條吸水	剝除外皮吸水	切除一半吸水	切除另一半吸水
示意圖				
結果	 水分吸到葉尖	 水分全吸到頂端	 只有一半吸水	 只有一半吸水




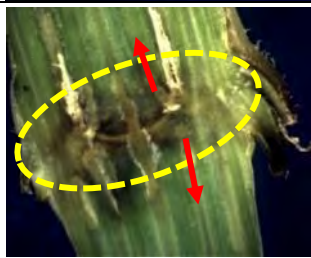

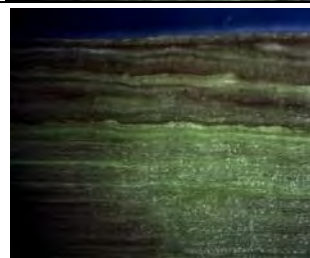
## (二)莖部外皮觀察結果

### 1. 莖節處外皮纖維觀察結果

大花咸豐草很明顯在莖節處有褐色的顏色，表示該處木質纖維化的情形較明顯，這種情形可能讓節的地方變得比較硬，當外力夠大時也更容易斷裂，而且一分為二，龍葵和假刺莧的莖節處不明顯，也都是青綠色尚未纖維化，因此較不夠硬，外力可能造成軟化彎曲，但不見得能折斷。


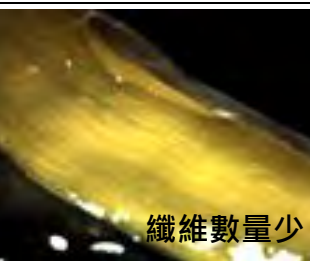
從外皮縱切面，發現大花咸豐草木質化的纖維組織，到了節附近纖維有中斷、移位的現象，而在分岔節處，環枝組織明顯，我們推測環枝組織為使分枝處更強健，但大花咸豐草卻是方形，因此縱向的纖維便會斷裂後再排列，這就像大樓的鋼筋若中斷了，雖然支持力道夠，但遭遇外力時卻容易完全折斷。而假刺莧及龍葵沒有這種現象，纖維在節處仍是上下連結，以致斷裂時外皮仍附著其上，不容易全斷，也因此維護管理拔除時，假刺莧及龍葵容易將力量傳至根部而連根拔起，但大花咸豐草則會完全斷裂，以保護根部，並使殘存枝條快速長出新葉。

表 16、皮的縱切面觀察結果表

位置	大花咸豐草	假刺莧	龍葵
節間表皮			
節附近表皮			

### 2. 莖部外皮纖維數量結果

表 17、外皮纖維數量實驗結果表

位置	大花咸豐草	假刺莧	龍葵
節間表皮	 纖維數量多	 纖維數量少	 纖維數量少



從氫氧化鈉去葉肉、留下纖維的實驗中，我們發現大花咸豐草表皮的纖維數量密度較高，且相當分明，而假刺莧纖維數最少，龍葵次之。這或許也是大花咸豐草莖部外皮較堅硬的原因。

### 3. 莖部外皮橫切觀察與木質素分布結果

從大花咸豐草自然脫落的外皮，我們發現韌皮部纖維團常會和外皮連結在一起形成外皮的一部分，這纖維團木質素含量高，使外皮更加硬而脆。而經由間苯三酚染色，我們甚至發現外皮有只有大花咸豐草有木質素存在，這對草本植物而言，使莖部更堅硬，但又不似木本植物一整圈的木栓層的硬度，而此硬而脆的構造使大花咸豐草更容易折斷。



圖 56、韌皮纖維團位置

表 18、外皮橫切觀察與木質素分布結果表

位置	大花咸豐草	假刺莧	龍葵
切片顯微觀察			
徒手切片染間苯三酚觀察	<p>外皮維管束(韌皮纖維)含木質素</p>		
包埋薄切染間苯三酚	<p>外皮含木質素</p>		

## 陸、討論

### 一、大花咸豐草斷尾求生之生存之確認

#### (一)斷裂情形

從頂端拉大花咸豐草莖的斷裂方式是自節處斷裂，一分為二，拉斷時的瞬間力道為 0.72 公斤，比假刺莧 (9.8kg)和龍葵(11kg)容易斷。從側邊拉，大花咸豐草不論在那個位置都遠比龍葵與假刺莧容易斷裂，因此可確定大花咸豐草相當容易折斷。



圖 57、大花咸豐草極容易斷裂，無法連根拔除

#### (二)再生能力

- 1.大花咸豐草的斷裂後，保留了不少具有分生能力的節及芽點，只要水分足夠，便在每個節的位置快速發芽重生。
- 2.而斷後枝條的再生能力，經由扦插實驗也得知，在葉面保留狀況下，只要土壤濕度夠，大花咸豐草長根發葉力也相當不錯。
- 3.從大花咸豐草相關研究，大都針對發芽率高及對環境適應性佳來推論為大肆繁殖的主因，但並無文獻討論到容易斷枝及再生能力佳的無性繁殖也是大花咸豐草生存上的重要特質，而此特質可能也是造成大花咸豐草大量增生的原因。
- 4.本研究也推論，大花咸豐草莖部中心的薄壁細胞，因為快速增生分生組織，所以撐開厚壁組織至方型結構中，使厚壁組織呈現不連續，也使不定根與新芽能快速增長。因此本研究確認大花咸豐草莖部容易斷裂又容易再生，類似蜥蜴斷尾求生的生存方式。

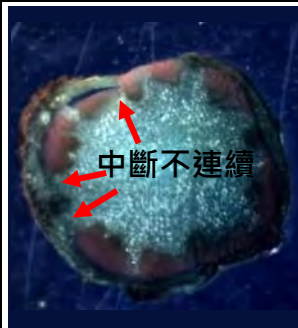

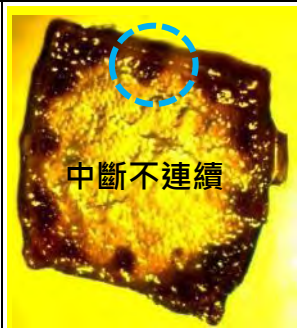
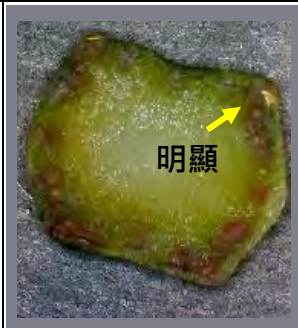


圖 58、再生力強

### 二、大花咸豐草斷枝機制之討論

#### (一)莖部橫切面觀察實驗討論

表 19、大花咸豐草橫切面觀察結果表

薄壁、厚壁細胞	厚角細胞	木質素分布	輸導組織分布
 <p>中斷不連續</p>	 <p>分布於角落</p>	 <p>中斷不連續</p>	 <p>明顯</p>

1. 三種植物莖部形態，假刺莧與龍葵的莖部大致呈圓形，大花咸豐草則是呈四角形。
2. 橫切面觀察方面，大花咸豐草與龍葵的莖部外圈厚壁組織較厚，特別是根部附近木質化的地方。而假刺莧反而薄壁組織幾乎充斥了整個莖部。但是大花咸豐草的厚壁組織有斷裂不連續成圈的狀況，從基部到頂端都一樣。
3. 由大花咸豐草的莖部拓印印痕得知莖部組織遠較假刺莧和龍葵硬。
4. 大花咸豐草具有彈性的厚角組織，大多集中在角落，比其他兩種植物，並無成圈連續的分布情形，如此使大花咸豐草莖部較無柔軟彈性，而表現脆度較強。
5. 大花咸豐草的輸導組織緊貼在表皮內側，甚至初生韌皮部形成的韌皮纖維團，還深入至表皮組織中，所以從外側就可以見到管狀明顯的輸導組織。再與木質素分布及厚壁組織位置比對，可以得知大花咸豐草的輸導組織為大花咸豐草厚壁細胞及木質素的主要分布位置，因為管狀位置明確，所以造成厚壁細胞與木質素成圈不連續、中斷不均勻，當側邊外力來時，自然因為橫向支持力的不平均而折斷。

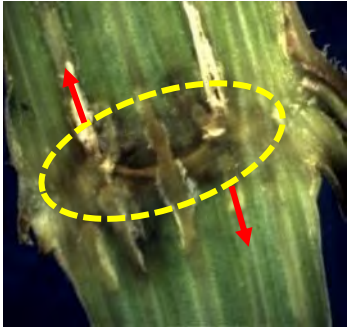

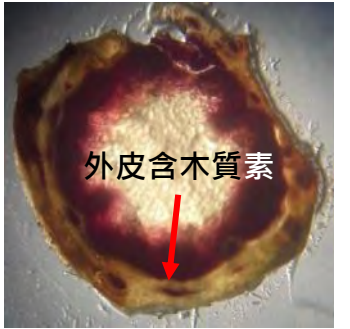


圖 59、大花咸豐草橫切面攝影圖

入至表皮組織中，所以從外側就可以見到管狀明顯的輸導組織。再與木質素分布及厚壁組織位置比對，可以得知大花咸豐草的輸導組織為大花咸豐草厚壁細胞及木質素的主要分布位置，因為管狀位置明確，所以造成厚壁細胞與木質素成圈不連續、中斷不均勻，當側邊外力來時，自然因為橫向支持力的不平均而折斷。

## (二)莖部外皮實驗討論

表 20、大花咸豐草莖部外皮實驗討論表

莖節處外皮觀察	纖維數量觀察	外皮木質素分布
		

1. 大花咸豐草在莖節處表皮纖維化明顯，讓節的地方變得比較硬，當外力夠大時也更容易一分为二，而且表皮的部分纖維不連續，更容易斷裂。所以若是人為除草由上方拔除時，相當容易斷裂在節的位置，無法像其他雜草可以連根拔除。
2. 大花咸豐草外皮纖維數量多，而韌皮纖維團也深入了表皮，且表皮含有木質素，因此外皮的堅硬度和剛性都佳，因為這樣不連續成圈的縱向支持組織，使外皮硬度夠，

因此遇外力時也才容易完全折斷，不會像龍葵及假刺莧還有藕斷絲連。

### 三、演化上的探討

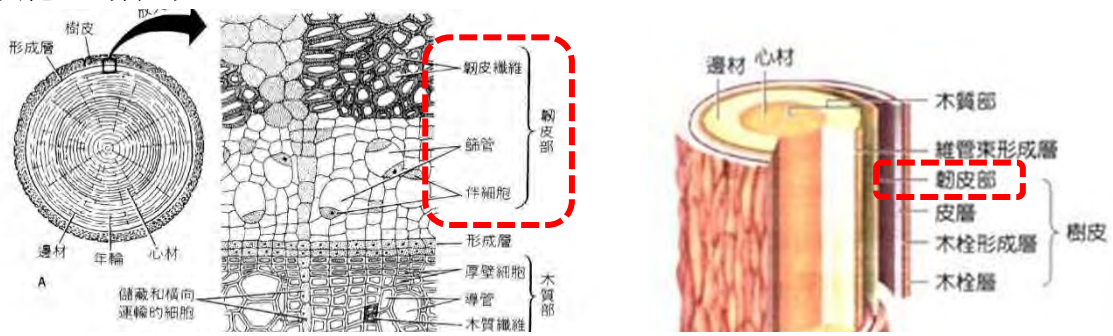


圖 60、木本植物莖部構造圖(整理自易希道等 (1988)·普通植物學)

大花咸豐草在演化上出現斷尾求生的技能，也讓我們相當好奇在演化上的情況，便與木本植物莖比較，得到以下討論：

(一) 雙子葉木本植物的形成層非常明確，樹皮容易由形成層處與莖部分開，因此形成層外部的韌皮部、木栓形成層、木栓層便構成樹皮。本研究發現大花咸豐草的形成層也非常明顯，不似一些草本雙子葉植物的形成層不明確，而維管束組織相當貼近表皮，其韌皮纖維團甚至深入至表皮，外皮與莖部其他組織便由形成層處分開，使外皮包含韌皮部，這與木本植物的特質相當接近。



(二) 木本植物表皮多了木栓形成層，故可以持續厚，我們也發現大花咸豐草的形成層相當貼近表皮，向外形成韌皮部，向內形成木質部，使莖略增粗，類似木本植物的莖。(易希道等，1988)



圖 61、大花咸豐草維管束狀況

(三) 大花咸豐草表皮纖維數量多且硬度高，這也相當接近木本莖。

本研究發現大花咸豐草有具備了一些木本植物特性。

## 柒、結論

### 一、就像動物界的蜥蜴，斷尾求生是大花咸豐草以退為進、快速重生繁殖的生存密技

除了藉由動物皮毛散播高發芽率的種子，本研究發現大花咸豐草利用容易斷枝再生的特質快速重生，甚至繁殖。或許在台灣以人為割草維護管理的校園及公園反而不是正確方式，大花咸豐草反而以此種以退為進的斷枝模式保護根部，再藉由旺盛的根、芽再生能力繼續繁殖，可說是植物界演化出類似蜥蜴令人吃驚的生存秘招。



圖 62、斷枝繁殖的大花咸豐草

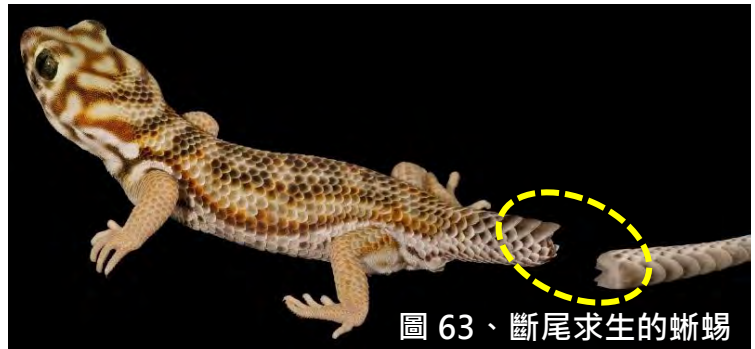


圖 63、斷尾求生的蜥蜴

二、第一方型莖內不連續不均勻的厚壁細胞與木質素，使大花咸豐草受應力不平均；第二分布於莖角落的厚角細胞，使大花咸豐草缺乏彈性；第三完整明確的輸導組織增加大花咸草的支持力與硬度；第四莖節處橫向木質化纖維與不連續縱向木質化纖維，使容易在莖節處斷裂；第五緊貼表皮含木質素的輸導組織韌皮纖維團，使大花咸豐草表皮堅硬。此五點為本研究發現大花咸豐草容易完全斷裂的斷枝機制。

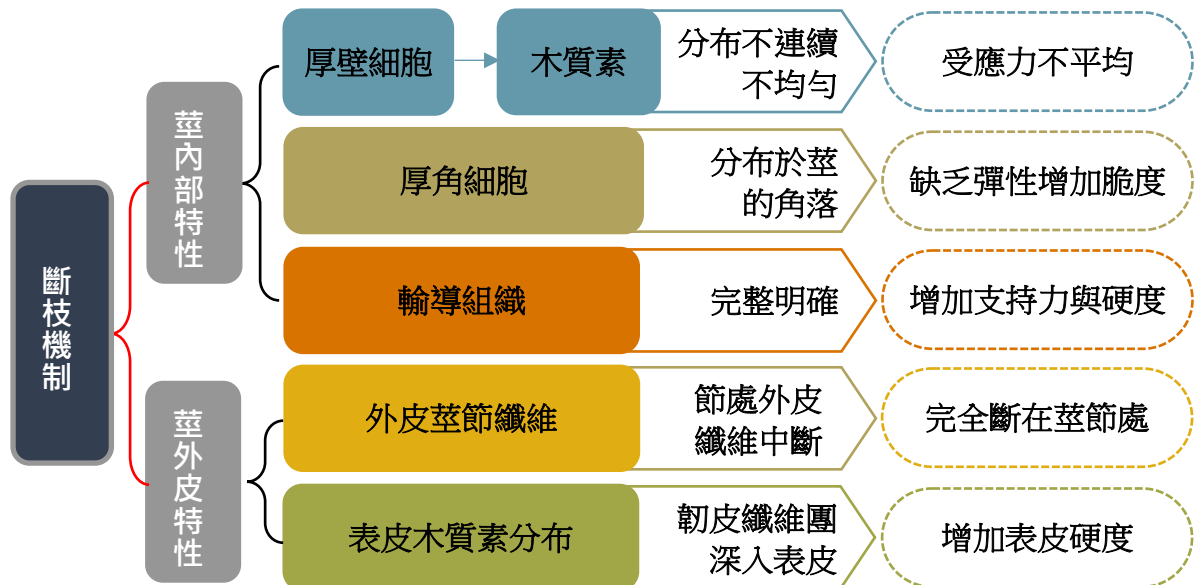


圖 64、大花咸豐草斷枝機制說明圖

大花咸豐草方型拓印明顯，可見硬而脆特質是造成大花豐草完全折斷主因。圍成一圈但不連續的厚壁組織及增強細胞剛性的木質素，似乎只能支撐縱向壓力，當橫向外力來時，

因為支撐力不平均，所受應力也不平均。本研究也推測，髓的薄壁細胞具有極佳再生能力，當快速再生時使外圍厚壁組織不連續；而只分布在角落，具彈性果膠質的厚角細胞，因不像其他植物圍成完整一圈，所以大花咸豐草的彈性較差，相對脆度較佳。而明顯的輸導組織縱向支持力夠，如此硬而脆且支撐力不平均的構造，當橫向外力來時，自然容易折斷。

而外皮容易完全折斷，也是大花咸豐草斷枝重點。外皮的木質纖維在節的位置也縱向不連續，就像中斷的鋼筋，並在節處有橫向纖維，使之硬而脆，如此遇到外力時會完全折斷。而韌皮纖維深入皮層貼緊表皮，使表皮纖維除了數量多之外，又含有木質素，如此表皮硬度夠，如此拔草力量才不會深入根部，使根部能保存而能快速再生

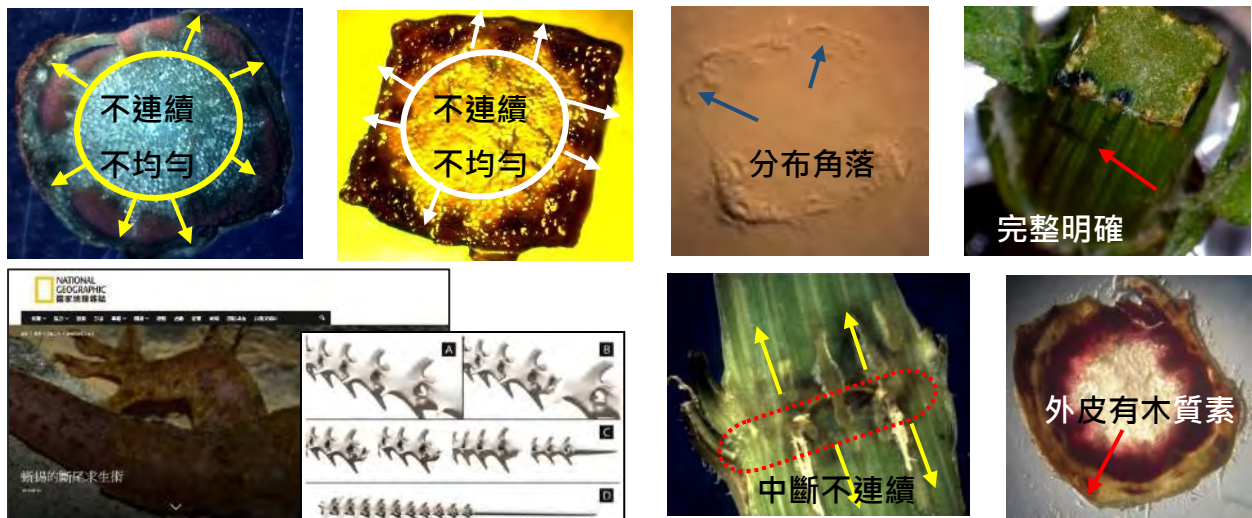


圖 65、大花咸豐草斷枝機制圖

蜥蜴斷尾的骨骼機制 資料來源：國家地理雜誌

### 三、類似動物斷尾求生之大花咸豐草，在演化上具有木本植物的特質

大花咸豐草硬而脆的結構，特別是韌皮纖維團常與表皮一起脫落，與木本莖樹皮含有韌皮部相似，大花咸豐草在演化上具有木本植物的特質。

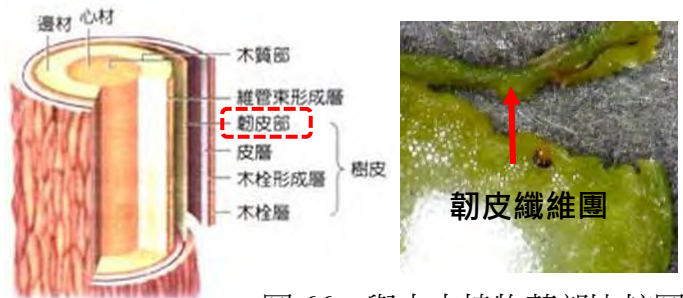


圖 66、與木本植物莖部比較圖

### 四、省思檢討與後續研究建議

- (一) 為了增加蜜源而引入的外來種所衝擊的生態代價值得我們深思。
- (二) 現行空地的除草方式都是以背式或推式割草機來除草，這種方式反而讓大花咸豐草更能發揮它無性繁殖的長處，拓展它們的領域。因此若將農耕方式改為使用中耕機打田，將雜草連根挖起，相信是比較好的除草方式。
- (三) 是人類出現造成大花咸豐草的如此演化？或是如此演化才能在人類世界生存？都讓我們相當好奇。期待能找出更多植物與大花咸豐草比較，特別是和大花咸豐草相

同的屬的但野外已不多見的咸豐草及鬼針草，研究其生理結構與棲地、繁殖狀況之差異，若我們能力足夠，期待能有機會比較一下基因定序。

(四)而斷尾求生的生存方式是否只有大花咸豐草具有?此方式是否是大花咸豐草大肆繁殖的重要原因?都是相當值得繼續探討的課題。

## 捌、參考資料

- 1.中華民國自然生態保育協會·2006·臺灣十大外來入侵種·行政院農業委員會林務局：臺灣臺北市。
- 2.王升陽(2016年3月)·路邊採藥 四季盛開的大花咸豐草·取自 <http://e-info.org.tw/node/113564>
- 3.易希道、許志超、李春序、謝萬權、宋世謹、周惠慈(1988)·普通植物學·臺灣臺北市：國立編譯館。
- 4.林益昇(2016年12月)·顯微鏡之構造、原理及使用·國立中興大學土壤環境科學系土壤傳播性病害研究室·取自 <http://web.nchu.edu.tw/~rootdis/plant%20pathology/97Session/002-970926/>
- 5.林展蔚(2016年8月10日)·蜥蜴的斷尾求生術·國家地理雜誌·取自 [http://www.natgeomedia.com/column/external/47349?utm\\_campaign=shareaholic&utm\\_medium=facebook&utm\\_source=socialnetwork](http://www.natgeomedia.com/column/external/47349?utm_campaign=shareaholic&utm_medium=facebook&utm_source=socialnetwork)
- 6.洪銘成(2010年12月)·【台灣外來種】野草惡勢力 大花咸豐草·經典雜誌, 149·取自 <http://www.rhythmsmonthly.com/?p=10410>。
- 7.莊溪(2016年12月)·認識植物·取自 <http://kplant.biodiv.tw/index.htm>。
- 8.陳民峰(2009)·大花咸豐草外來種影響程度與趨勢文獻探討·國立台北教育大學自然科學教育系·臺灣臺北市。
- 9.蔡淑華(2005)·植物解剖學·臺灣臺北市：國立編譯館。
10. Joseph, E. V. & Taylor, R. (1989)., New Ways to Look at the Architecture of Plant Cell Walls - Localization of Polygalacturonate Blocks in Plant Tissues, *Plant Physiol.* 91:31-33.
11. Pradhan Mitra, P. & Loque, D. (2014). Histochemical staining of *Arabidopsis thaliana* Secondary Cell Wall Elements. *Journal of Visualized Experiments.* (87), e51381. doi:10.3791/51381.
12. Pomar F, Merino F, Barceló AR. O-4-Linked coniferyl and sinapyl aldehydes in lignifying cell walls are the main targets of the Wiesner (phloroglucinol-HCl) reaction. *Protoplasma.* 2002 Oct;220(1-2):17-28. PubMed PMID: 12417933.
13. R.S. Davidson, H. Choudhury, S. Origgi, A. Castellan, V. Trichet, G. Capretti, The reaction of phloroglucinol in the presence of acid with lignin-containing materials, *Journal of Photochemistry and Photobiology A: Chemistry*, Volume 91, Issue 1, 1995, Pages 87-93.

## 【評語】 030321

1. 此研究探討大花咸豐草易斷、再生力強的特點，並與假刺莧、龍葵比較，針對拉力、再生力及形態特徵進行探討。此為延伸性研究，報告整體而言觀察完整，方法也專業，較先前的作品深入，另外本報告著重在圖表的解說，量化數據較少。
2. 本作品的實驗的發想很好，實驗方法由能國中生作者自行設計相當有趣，合乎實驗邏輯原則，並具有原創性，充分展現國中生作者投入研究的科學態度。
3. 主題選取有趣，與斷尾求生的蜥蜴比擬，想像力佳。大花咸豐草以較易折斷莖部，保留根部卻可快速重生，甚至拓展，檢視莖部的細胞組織，說明它的演化過程。這是很棒的研究報告。
4. 所採用的實驗設計及方法大致合理可行，但結果的呈現多為現象的描述，很少以量化數據及運用統計方法來分析或呈現所得結果。建議可分析拉斷力道與研究中所分析的因子之間的關聯性，例如特殊型態的細胞(或組織)多寡及分佈或木質素的多寡及分佈。有些結果的圖表與去年是相同的，例如表 16 皮的縱切面觀察、表 12 莖部橫切面堅硬狀況拓印圖表等等。需注意相同的資料或結果不可重覆發表。

## 作品海報



# 壹、研究動機

暑假幫阿公果園除草，發現果園長滿了大花咸豐草。查了資料，才知道大花咸豐草(*Bidens pilosa* var. *radiata*)是當年蜂農為了增加蜜源，自日本琉球引進的外來種。到今日它們已經蔓延至全臺灣，成了惡名昭彰的入侵物種。

我們在果園幫忙除草時，大花咸豐草很容易折斷，本以為很快就完成了除草任務，兩週後又去果園，整園的大花咸豐草竟然神奇的恢復了，好像兩週前沒有除草草一樣！仔細觀察，發現快速生長的新葉是從折斷的傷口長出，而丟在一旁的斷枝也長出了不定根，甚至還長了新芽。

難道容易折斷的大花咸豐草採取了以退為進、斷尾求生的策略嗎？容易折斷是為了快速重生？植物界也演化出了動物界蜥蜴特有的斷尾求生？在國中生物一下第一單元，我們雖然了解了植物繁殖方式，但查不到相關資料，而蜥蜴斷尾機制最近剛發表在國家地理雜誌，我們也決定展開大花咸豐草斷尾求生的相關研究，來找找大花咸豐草的斷枝機制。



圖1、研究動機說明圖

# 貳、研究目的

- 一、從莖部拉斷力與再生能力實驗，來確認大花咸豐斷尾求生的生存方式
- 二、從莖部橫切面切片的各種觀察實驗，來研究大花咸豐草斷枝機制
- 三、從莖部外皮的各種觀察實驗，來研究大花咸豐草斷枝機制
- 四、與木本植物莖部比較，來研究大花咸豐草在演化上的特性

# 參、實驗設備

表一、實驗設備表

剪定鉗	棉布手套	乳膠手套	離心管	拉力計	解剖刀	小夾子	童軍繩
燒杯	滴管	培養皿	電子秤	筆記型電腦	數位顯微鏡	解剖顯微鏡	顯微鏡攝影機
陶瓷纖維網	三腳架	酒精燈	封膜	番紅粉末	速綠粉末	75度酒精	轉漬膜(PVDF)
瓊膠	氯化鈣	EGTA	間苯三酚	95度酒精	鹽酸	氫氧化鈉	食用色素

# 肆、比較樣本的選擇



臺灣地區野田、雜木林常見的強勢外來種，尚有龍葵及假刺莧等。它們的有性繁殖能力極強，這三種植物在莖基部木質化的地方都會形成不定根，因此本研究便以龍葵及假刺莧作為和大花咸豐草的比較樣本。

# 伍、研究架構及流程

研究動機

研究目的

文獻探討

## 研究過程與結果討論

斷尾求生方式確定

莖部拉斷力量測試

再生能力觀察實驗

斷枝機制尋找

莖部橫切面觀察

細胞分布

厚角細胞  
厚壁細胞  
薄壁細胞

橫切面堅硬程度

木質素分布

維管束排列位置

莖部外皮觀察

莖節處外皮纖維觀察

纖維數量觀察

外皮木質素分布

演化定位探討

韌皮部位置

纖維數量

結論

圖2、研究架構圖

# 陸、研究過程與結果討論

## 一、斷尾求生(斷枝再生)生存方式確認

### (一) 拉斷力量實驗

利用拉力計測量直向及橫向的拉斷力量



圖3、拉斷力測試說明圖

表二、三種植物莖部直徑測量與頂端拉力測試表

內容	大花咸豐草	假刺莧	龍葵
莖部直徑	0.9cm	0.8cm	0.6cm
拉斷力道	0.72kgw	9.8 kgw	11 kgw
莖部拉斷圖片			
	完全斷裂	外皮相連	外皮相連

大花咸豐草的斷裂方式是自節處一分為二，拉斷時的瞬間力道為0.72公斤重，遠小於假刺莧和龍葵。其他二種不會斷在節，而且表皮還會相連，不容易全斷。

表三、三種植物莖部側方平均拉力測試表

植物	粗節間	粗節	細節間	細節
大花咸豐草	1.45 kgw	1.35 kgw	0.56 kgw	0.69 kgw
假刺莧	3.43 kgw	5.8 kgw	0.7 kgw	3.02 kgw
龍葵	5.8 kgw	14.68 kgw	1.08 kgw	2.66 kgw

從側邊拉的結果也發現大花咸豐草不論在節的位置或是節間的位置用力拉，都確認大花咸豐草非常相當容易斷裂。

### (二) 再生能力觀察實驗

1. 田間拔後觀察：於田間拔除各十株大花咸豐草及龍葵、假刺莧，觀察拔後生長狀況。



圖4、拔除大花咸豐草

圖5、拔除龍葵

圖6、拔除假刺莧

表四、拔後生長情形比較表

植物	大花咸豐草	假刺莧	龍葵
拔後10天情形			
說明	一拔就斷裂，從拔斷以下的節，在短短十天內冒出了大量新芽	從最底部連根拔出後已不見任何原植株痕跡	連根拔出後，不見任何原植株痕跡，甚至位置被其他植物取代



圖7、斷裂在節的位置

不像龍葵或假刺莧，容易連根拔出，或斷在莖與根連接處很底部的地方，大花咸豐草的力量不容易傳遞到根部，會在接近底部數節的地方就斷裂，斷裂位置十株中有八株在節的位置。



圖8、莖底部橫走叢生

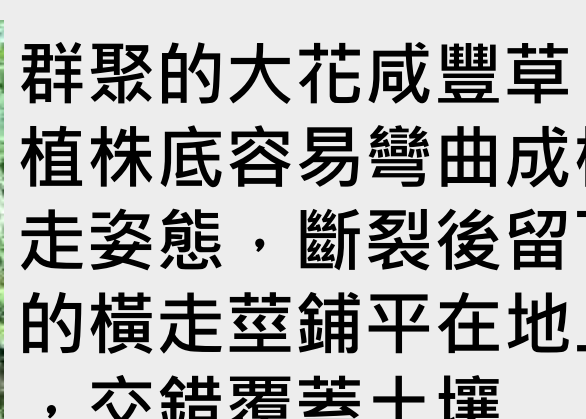


圖9、斷枝後保留植株

而單株的大花咸豐草留下底部較大範圍的植株



圖10、大花咸豐草斷枝後快速長出新葉

2. 斷枝土中扦插實驗：

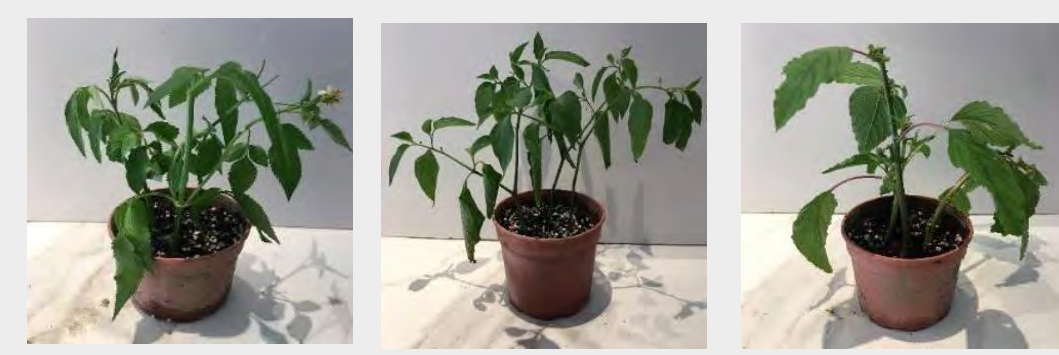


圖11、斷枝土中扦插實驗

三種植物斷枝約15公分各三枝，扦插於培養土中，觀察10天，隔周再進行一次，觀察不定根及新葉再生情況。

表五、莖部扦插不定根及芽體生長情況表

植物	大花咸豐草	假刺莧	龍葵
植株狀況			
再生情形			
新葉	2、2、4	6、2、2	0、0、0
新根	1、2、6	0、1、3	0、0、0

大花咸豐草10天新根與新葉都有長出，不似其他有的枯萎，可見大花咸豐草在短時間內、水分充足下自身再生能力相當不錯。

### 大花咸豐草斷尾求生(斷枝再生)生存方式確認之綜合討論

表六、斷枝機制綜合討論表

斷裂情形			從頂端拉自節處斷裂，拉斷的瞬間力道為遠小於假刺莧和龍葵。從側邊拉，不論在那個位置都遠比龍葵與假刺莧容易斷裂，因此可確定大花咸豐草相當容易折斷。
再生能力			斷裂後，保留了不少具有分生能力的節及芽點，每個節的位置快速發芽重生。斷後枝條大花咸豐草長根發芽力也相當不錯。

因此本研究確認大花咸豐草容易斷裂又容易再生，類似蜥蜴斷尾求生的生存方式。

## 二、斷枝機制之研究

### (一) 莖部橫切面觀察

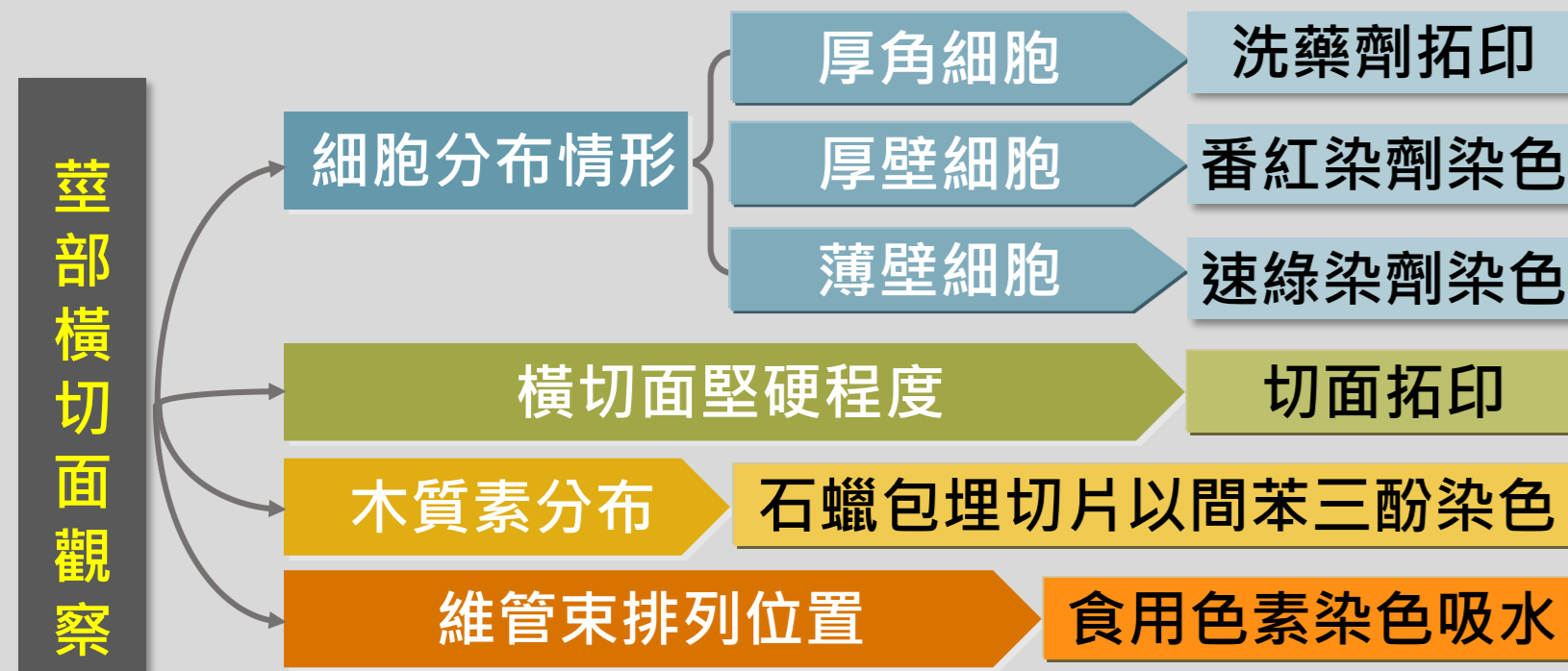


圖12、莖部橫切面觀察實驗架構

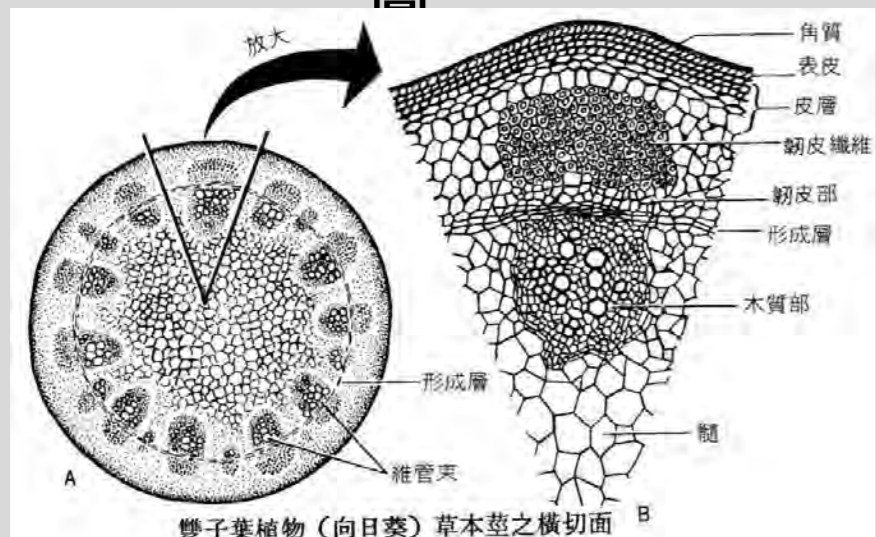


圖13、莖部橫切面觀察實驗架構圖

表七、植物細胞說明表

薄壁細胞	<input type="checkbox"/> 構成植物體的柔軟組織 <input type="checkbox"/> 活細胞，具分裂能力
厚壁細胞	<input type="checkbox"/> 纖維素、木質素 <input type="checkbox"/> 細胞壁更厚，支撐力強勁 <input type="checkbox"/> 兼具運輸(木質部)及支持 <input type="checkbox"/> 成熟分化後不再生長甚至死亡
厚角細胞	<input type="checkbox"/> 以束狀排列在莖或葉柄表皮內側 <input type="checkbox"/> 含纖維素、蛋白質、大量果膠質 <input type="checkbox"/> 活細胞，可生長而不分裂

文獻探討後，了解植物的支持系統及影響莖部堅硬、剛性狀況的相關組織與成分，便是本研究的觀察方向，因此決定以藥劑染色來觀察莖部薄壁、厚壁細胞分布狀況；以藥劑處理再拓印來觀察厚角細胞；以拓印膜印痕來觀察切斷面的軟硬情形；以色素吸水觀察維管束分布；藥劑染色來研究木質素分布。

### 1. 細胞分布情形(厚角、厚壁、薄壁細胞)

#### (1) 厚壁與薄壁細胞分布研究過程(以藥劑染色)

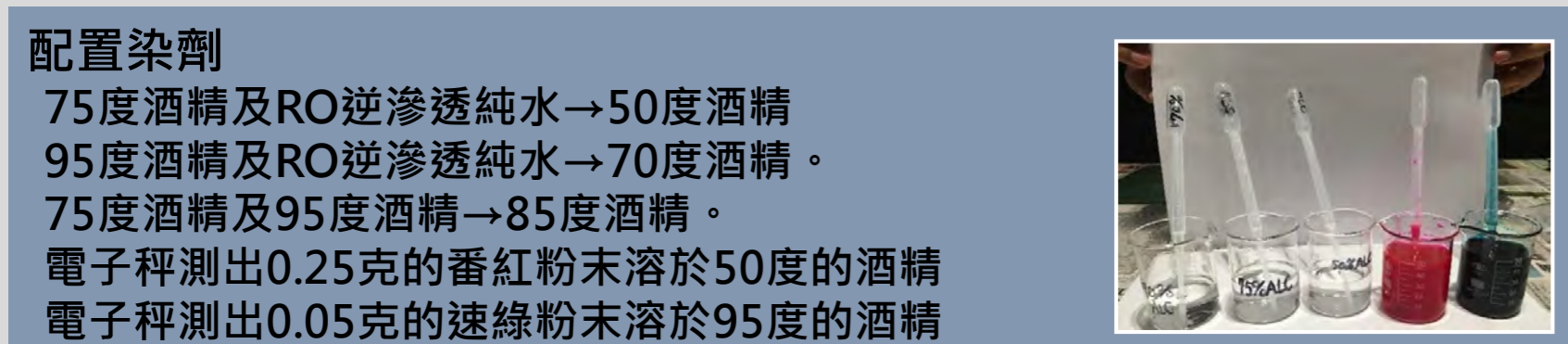


圖14、厚壁、薄壁細胞染色流程圖

#### (2) 厚壁與薄壁細胞分布研究結果

表八、植物厚壁及薄壁細胞分布狀況	大花咸豐草	假刺莧	龍葵
分岔點	不連續、不均勻		
5至6節節間			
第7節節上	成圈不連續		
莖基部木質化			

大花咸豐草其莖部呈四角形，到近根部處才漸漸變成圓形。愈成熟的莖部其厚壁細胞愈多愈厚，而大花咸豐草厚壁細胞增厚的程度很不均勻，有的地方多有的地方少，呈現斷裂不連續，成圈不均勻的狀況，尤其在容易斷裂的節上，更是明顯。因此大花咸豐草厚壁細胞不連續是極大特色，也是因為這種支持力量不均勻，遇到橫向外力才會受應力不平均。

#### (3) 厚角細胞分布研究過程

厚角細胞細胞壁的厚薄不均，常成群存在把細胞間隙完全或部分填滿。其成分以纖維素、亞纖維素和果膠質為主。利用厚角細胞大量果膠質在代謝過程產生的蛋白質，印在與蛋白質鍵結能力極好的拓印膜上來觀察。

##### a. 植株連續切片取得三個樣本。並調配藥劑

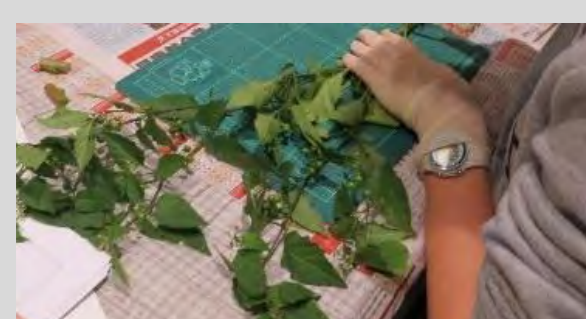


圖15、選取植物枝條切片



圖16、將樣本放置培養皿

#### b. 藥劑沖洗並拓印

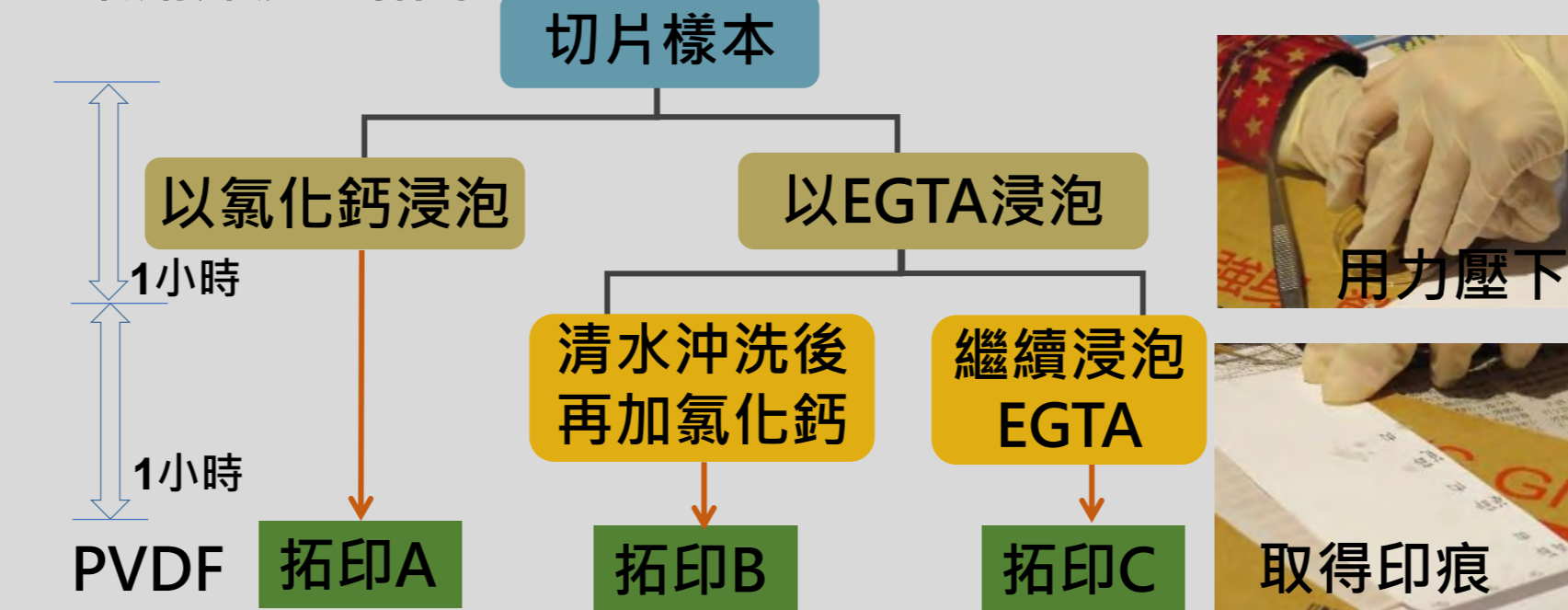


圖17、厚角細胞研究說明圖

A放在CaCl<sub>2</sub>溶液，果膠質的鈣將更完整。將B和C放在EGTA將鈣整合掉，一個小時後的B樣本清洗後補回鈣。C樣本持續放在EGTA中，再一小時後，此時厚角果膠中鈣離子應已整合掉。取出將A、B、C拓印在PVDF膜上，A與B應該相似而C所缺失的印痕即厚角細胞。

#### (4) 厚角細胞分布研究結果

表九、厚角細胞拓印結果表

植物	位置	氯化鈣藥劑增強(拓印A)	EGTA整合補氯化鈣(拓印B)	EGTA整合(拓印C)
大花咸豐草	第7節			
	5-6節節間			
假刺莧	第7節			
	5-6節節間			
龍葵	第7節			
	5-6節節間			

假刺莧及龍葵的厚角細胞，緊接著表皮之內層，形成一整圈把其內部之組織圍住，但是發現大花咸豐草的厚角細胞在節的位置，中斷不連續，在節間則集中在不規則形狀的角落。而厚角細胞是屬於有彈性的支持細胞，大花咸豐草分布在莖節角落，而非讓整個大花咸豐草植株都具有柔軟彈性，所以讓莖部脆度增加。

### 2. 橫切面堅硬程度(拓印印痕)

#### (1) 橫切面堅硬程度研究過程

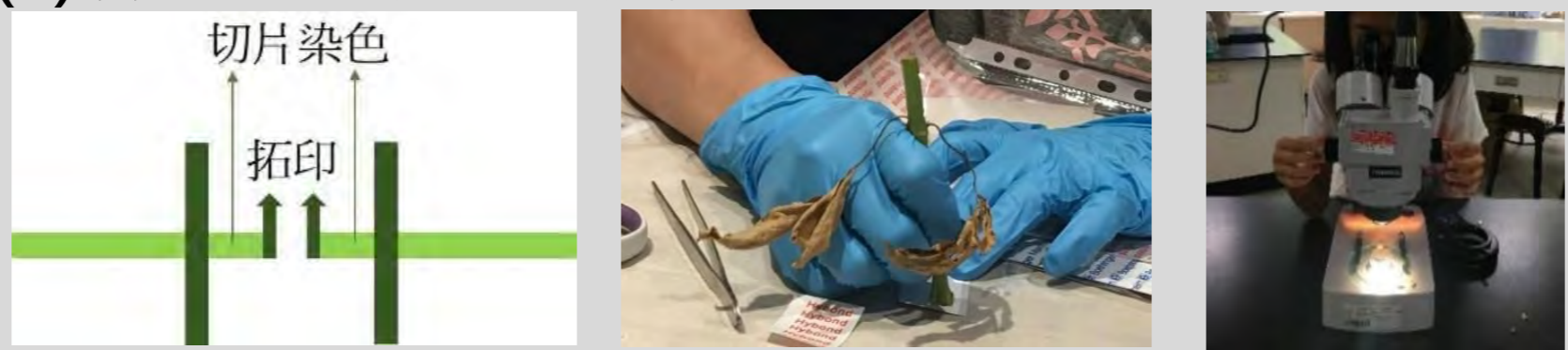


圖18、橫切面硬度實驗說明圖

利用細胞切片前，先將切開枝條進行拓印。再以PVDF轉漬膜來測試切面的強度，再透過顯微鏡觀察。

#### (2) 橫切面堅硬程度研究結果

表十、莖部橫切面堅硬狀況拓印圖表

位置	大花咸豐草	假刺莧	龍葵
側枝生長分岔點處			
第7節節上			
5至6節節間			
近根部木質化部分			

大花咸豐草的拓印印痕遠清楚於假刺莧和龍葵，可得知大花咸豐草的莖部組織較強硬。

### 3. 莖部木質素分布研究

#### (1) 莖部木質素分布研究過程

木質素是構成植物細胞壁的成分之一，具有增強細胞壁及黏合纖維的作用，其組成是一種複雜的芳香酐。因此研究大花咸豐草的剛性就必須了解木質素多寡和分布。

##### ■ 樣本包埋切片：切片切得更薄



##### ■ 調製間苯三酚藥劑進行木質部染色，以解剖顯微鏡觀察



圖19、木質素研究實驗說明圖

#### (2) 莖部木質素分布研究結果

表十一、莖部木質素分布表

位置	大花咸豐草	假刺莧	龍葵
第7節節上			
5至6節節間			

大花咸豐草可以明顯看到不論在節或是在節間，都屬於中斷不連續的狀況。位置在維管束。

## 4. 莖部輸導組織分布研究

### (2) 輸導組織分布研究過程

草本植物維管束通常是主要支持系統，我們想要知道四方型莖的大花咸豐草的維管束排列方式及其在節的位置有無中斷，便設計以下實驗。

#### ■ 維管束位置實驗

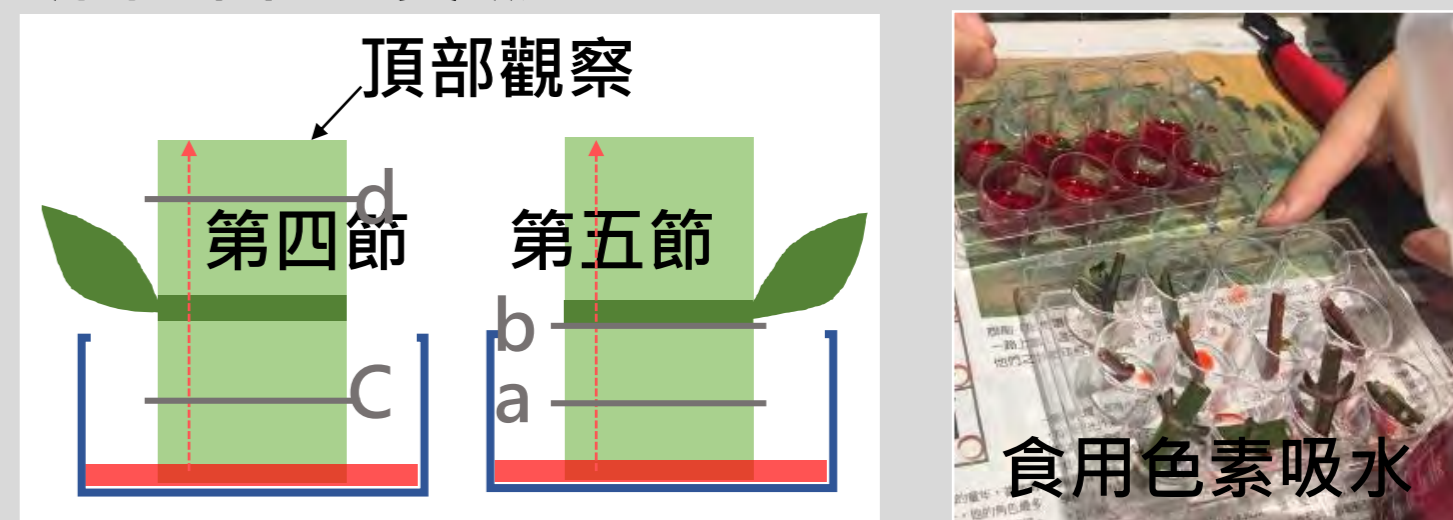


圖20、維管束位置實驗說明圖

將三種植物切出一段枝條，放於食用色素中，吸水至最上方，進行切片再以顯微鏡觀察。

#### ■ 維管束在節處連接狀況實驗

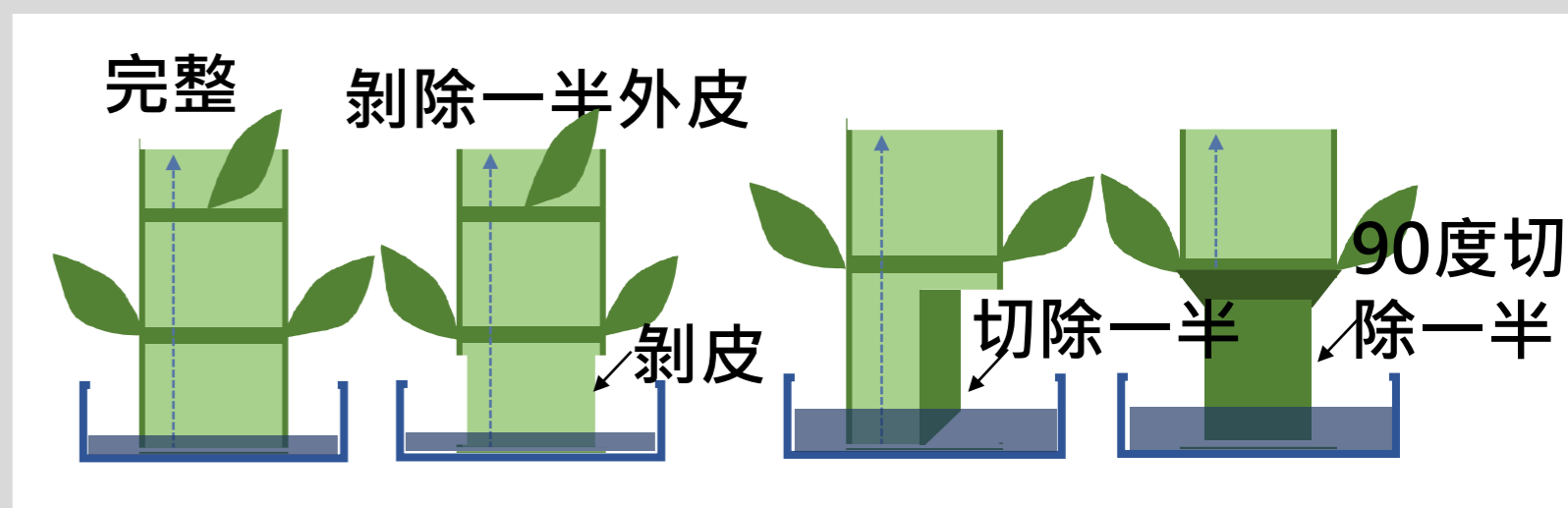


圖21、維管束在節處連接狀況實驗說明圖

### (2) 輸導組織分布研究結果

表十二、維管束位置切片說明表(紅色為食用色素)

位置	大花咸豐草	假刺莧	龍葵
最上方第四節			
第四節上方			
第四節第五節節間(c)			
第五節節上(b)			
第五節下方(a)			
(備註)未吸水剖面			



圖22、大花咸豐草切面說明圖

大花咸豐草的維管束緊貼表皮內側，而木質部在更內圈，其是依照四方型的莖部結構平均分布並可以見到管徑清楚由下到上的輸導管路。

表十三、大花咸豐草維管束經過節是否會中斷實驗結果表

吸水	完整枝條	剝除外皮	切除一半	切除另一半
示意圖				
結果				

而切半的吸水實驗也可以發現，維管束並沒有在節的地方中斷錯位，因為另外一半的水分並沒有吸收上去，因此推翻我們的實驗假設。

#### ■ 大花咸豐草莖部橫切面綜合討論

表十四、大花咸豐草橫切面觀察結果表

厚壁細胞	厚角細胞	木質素分布	輸導組織

#### ■ 大花咸豐草的厚壁組織和木質素有斷裂不連續、成圈不均勻的狀況。

#### ■ 大花咸豐草具有彈性的厚角組織，大多集中在角落，比其他兩種植物，並無成圈連續的分布情形，如此使大花咸豐草莖部較無柔軟彈性，而表現脆度較強。

#### ■ 可以見到管狀明顯的輸導組織。

再與木質素分布及厚壁組織位置比對，可以得知大花咸豐草的輸導組織為大花咸豐草厚壁細胞及木質素的主要分布位置，因為管狀位置明確，所以造成厚壁細胞與木質素成圈不連續、中斷不均勻，當側邊外力來時，自然因為橫向支持力的不平均而折斷。



圖23、大花咸豐草切面放大圖

## (二) 莖部外皮觀察

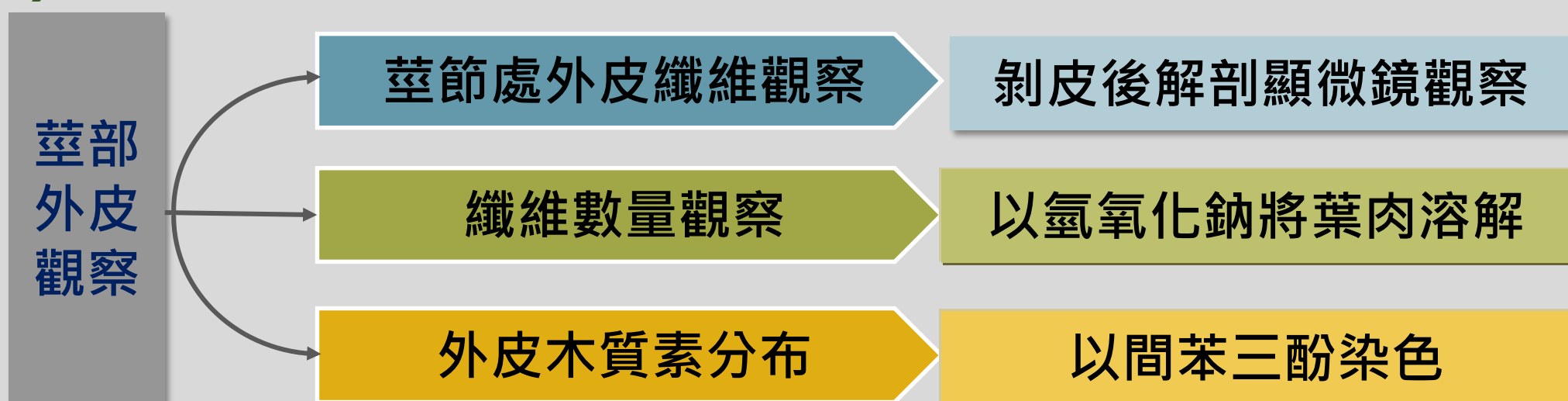


圖24、木質素研究實驗說明圖

本研究發現大花咸豐草折斷時，連外皮也會完全斷裂，尤其是在節的位置，因此針對外皮進行以下三項研究。

### 1. 莖節處外皮纖維觀察

表十五、皮的縱切面觀察結果表

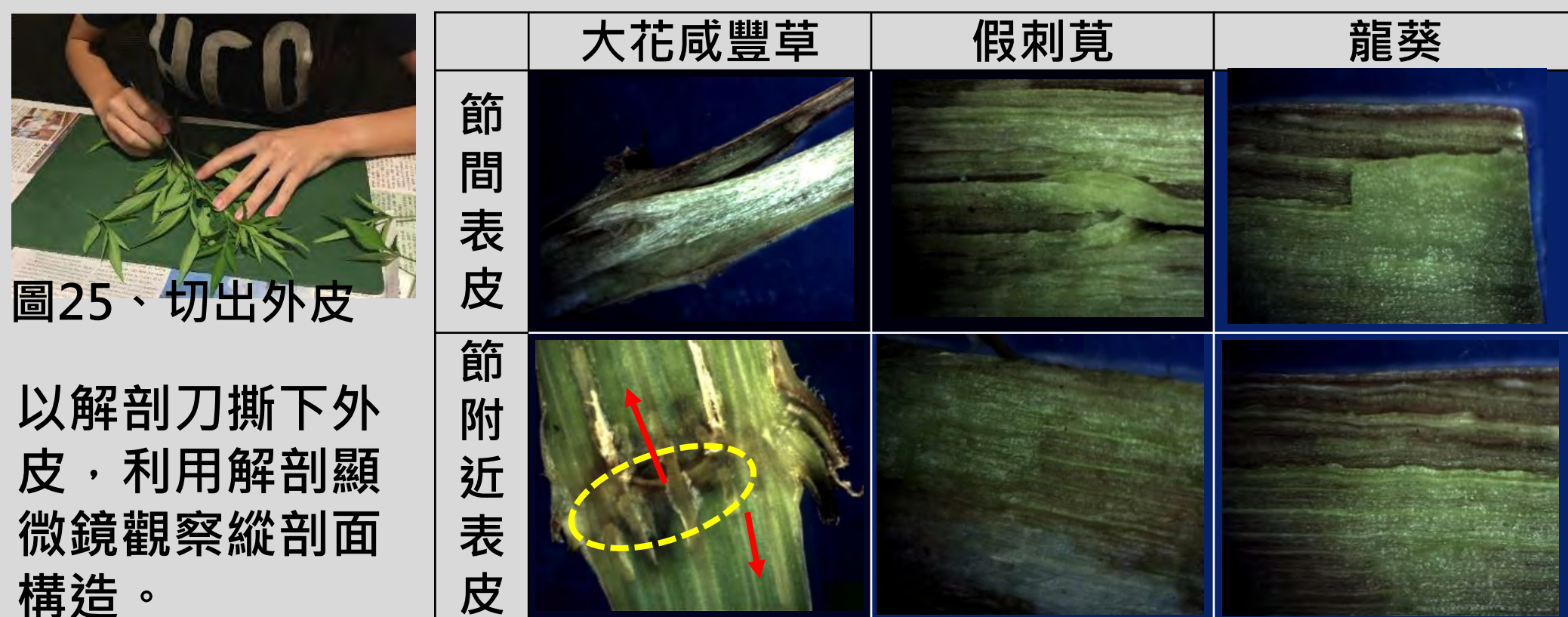


圖25、切出外皮

以解剖刀撕下外皮，利用解剖顯微鏡觀察縱剖面構造。

發現大花咸豐草很明顯在莖節處有褐色木質纖維化的情形，而且纖維組織到了節附近纖維有中斷、移位的現象，這就像大樓的鋼筋若中斷了，雖然支持力道夠，但遭遇外力時卻容易完全折斷。

### 2. 莖部外皮纖維數量觀察

表十六、外皮纖維數量實驗結果表

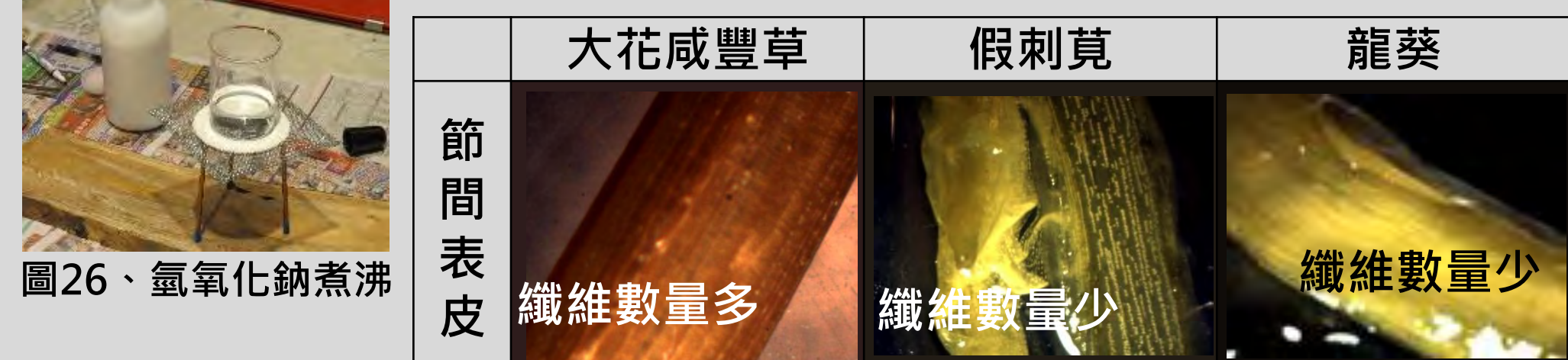


圖26、氫氧化鈉煮沸

本研究應用氫氧化鈉高溫溶解細胞的固形物，將纖維留下，來觀察纖維數量的多寡。我們發現大花咸豐草表皮的纖維數量密度較高，且相當分明，而假刺莧纖維數最少，龍葵次之。這或許也是大花咸豐草莖部外皮較堅硬的原因。

### 3. 莖部外皮木質素分布



圖27、莖部外皮木質素實驗流程圖

表十七、外皮橫切觀察與木質素分布結果表

位置	大花咸豐草	假刺莧	龍葵
切片顯微觀察			
徒手切片染間苯三酚觀察			
包埋薄切片染間苯三酚			

圖28、韌皮纖維團

從大花咸豐草自然脫落的外皮，我們發現韌皮部纖維團常會和外皮連結在一起形成外皮的一部分，這纖維團木質素含量高，使外皮更加硬而脆。

而經由間苯三酚染色，我們甚至發現外皮有只有大花咸豐草有木質素存在。

### ■ 大花咸豐草莖部外皮綜合討論

表十八、大花咸豐草莖部外皮實驗討論表

莖節處外皮觀察	纖維數量觀察	外皮木質素分布
橫向木質化、縱向不連續纖維，容易在節斷裂	外皮纖維數量多，使外皮較硬	外皮含木質素使外皮堅硬度更高

## 三、演化上的定位討論

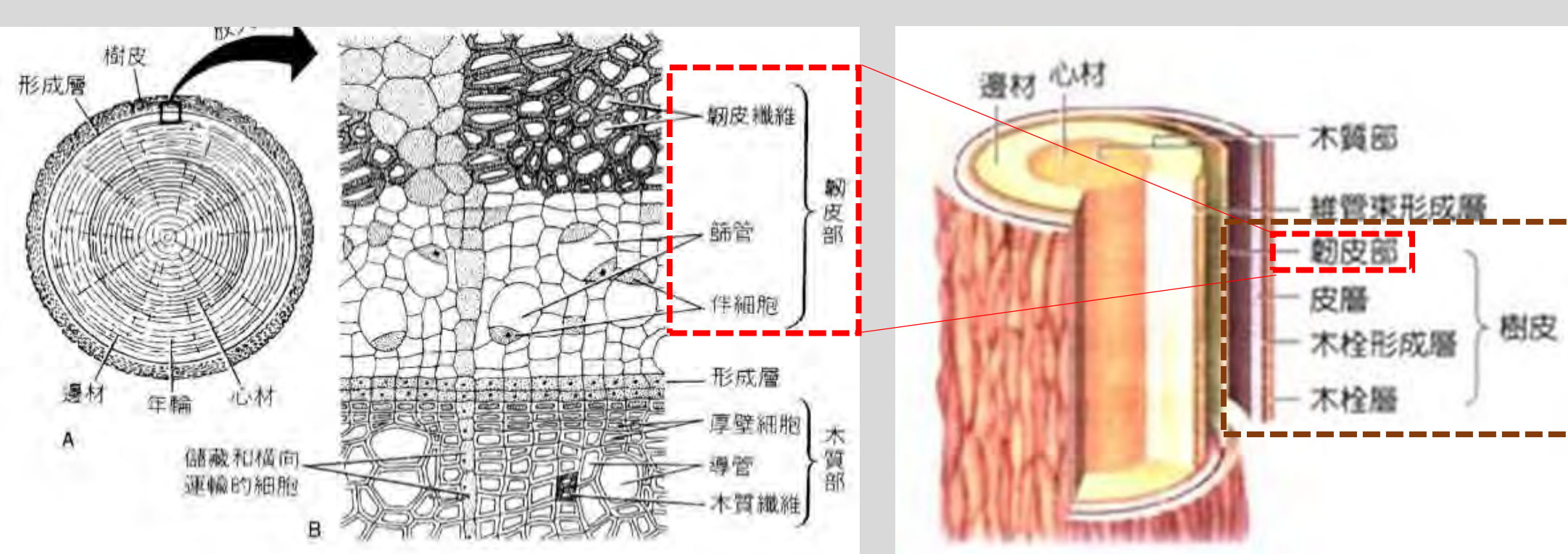


圖29、木本植物莖部構造圖(整理自易希道等 (1988)·普通植物學)

1. 雙子葉木本植物的樹皮，由木栓層、木栓形成層、韌皮部所構成，本研究發現大花咸豐草的維管束組織相當貼近表皮，其韌皮纖維團甚至深入至表皮，這與木本植物的特質相當接近。
  2. 木本植物表皮多了木栓形成層，故可以持續增厚，我們也發現大花咸豐草的形成層相當貼近表皮，向外形成韌皮部，向內形成木質部，使莖略增粗，類似木本植物的莖。(易希道等，1988)
  3. 大花咸豐草表皮纖維數量多且硬度高，這也相當接近木本莖。
- 本研究發現大花咸豐草有趨向木本植物特性，因兼具木本特性，在演化上更為高等。

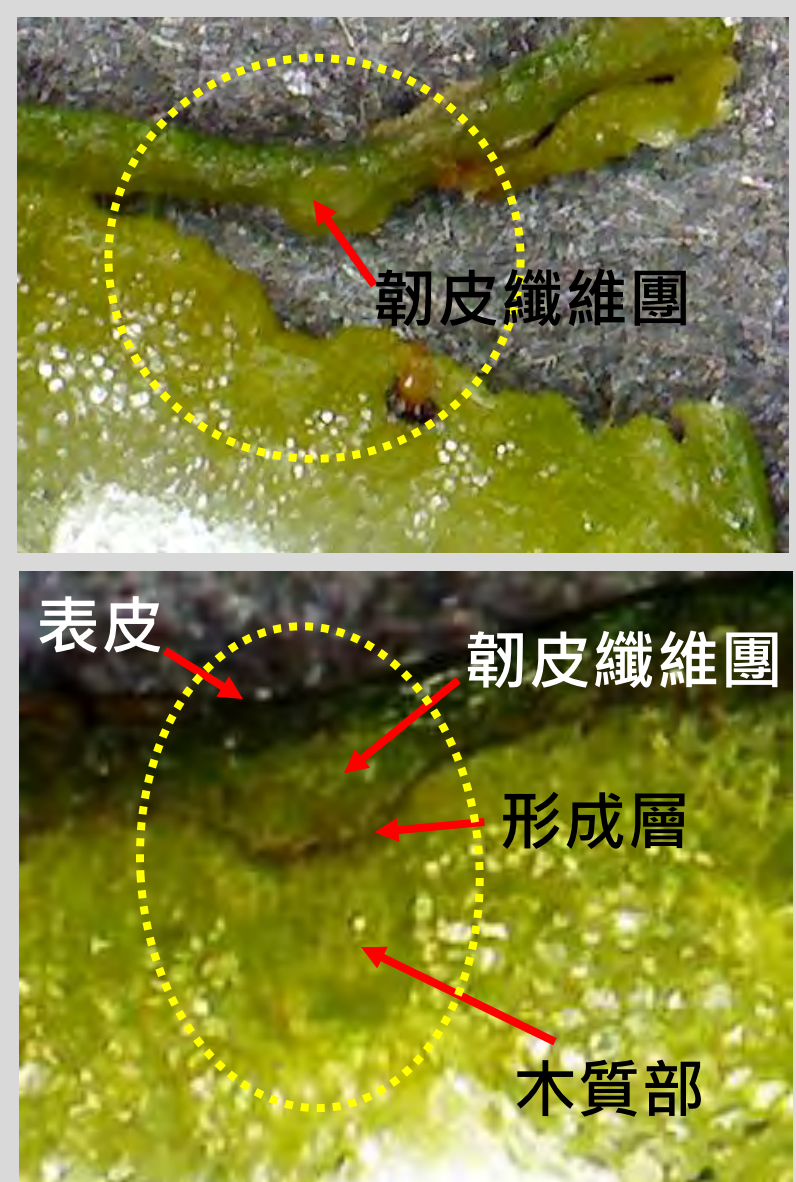


圖30、大花咸豐草外皮結構說明圖

## 柒、結論

- 一、就像動物界的蜥蜴，斷尾求生是大花咸豐草以退為進、重生繁殖的生存密技



圖31、斷枝繁殖的大花咸豐草

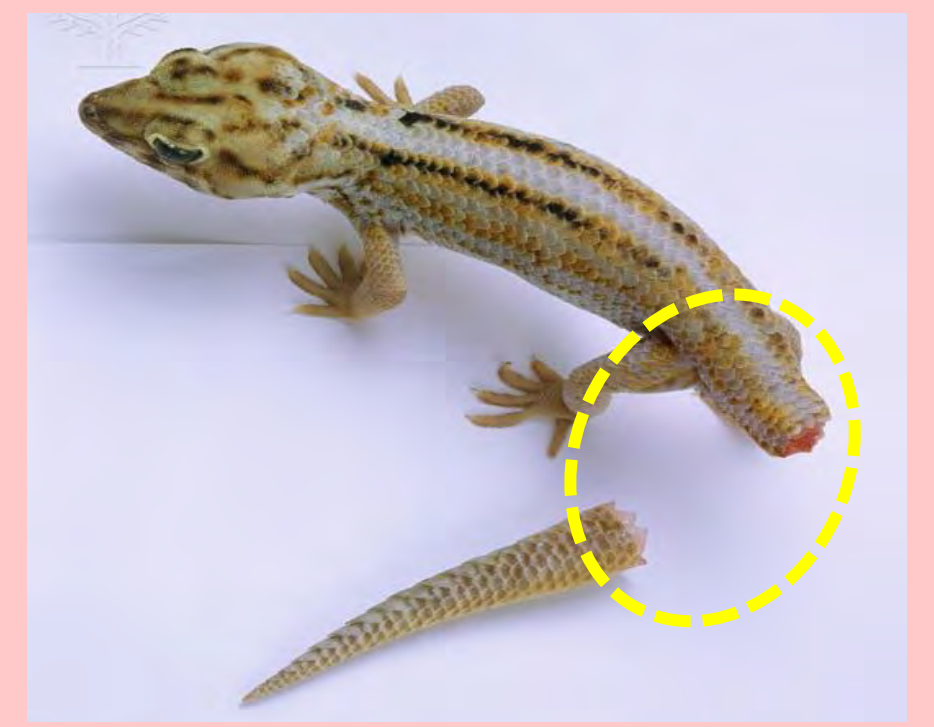


圖32、斷尾求生的蜥蜴

- 二、第一型莖內不連續不均勻的厚壁細胞與木質素，使大花咸豐草受應力不平均；第二分布於莖角落的厚角細胞，使大花咸豐草缺乏彈性增加脆度；第三完整明確的輸導組織增加大花咸草的支持力與硬度；第四莖節處橫向木質化纖維與不連續縱向木質化纖維，使容易在莖節處斷裂；第五緊貼表皮的含木質素的韌皮纖維團，使大花咸豐草表皮堅硬。此五點為本研究發現大花咸豐草容易完全斷裂的斷枝機制。

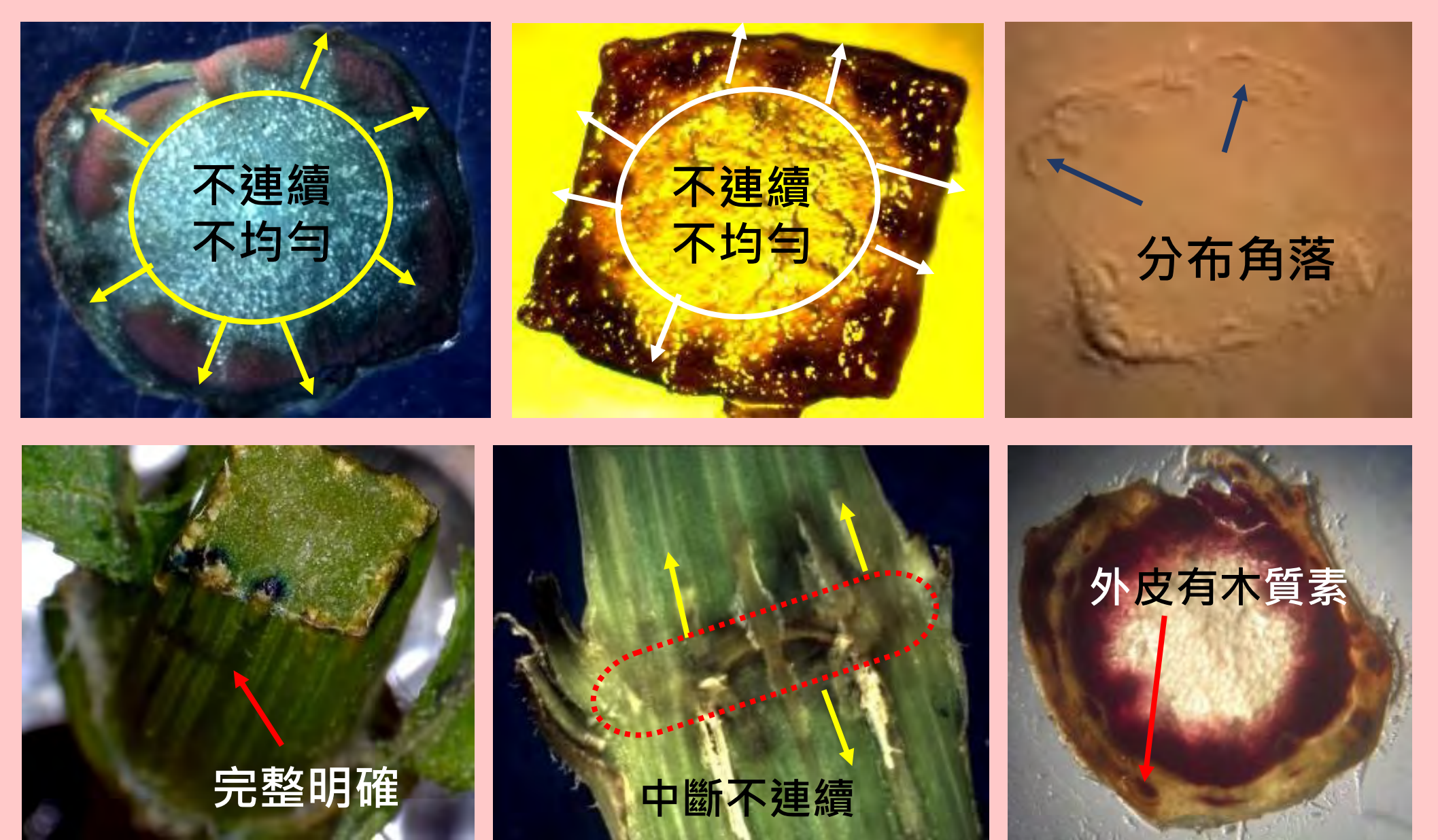
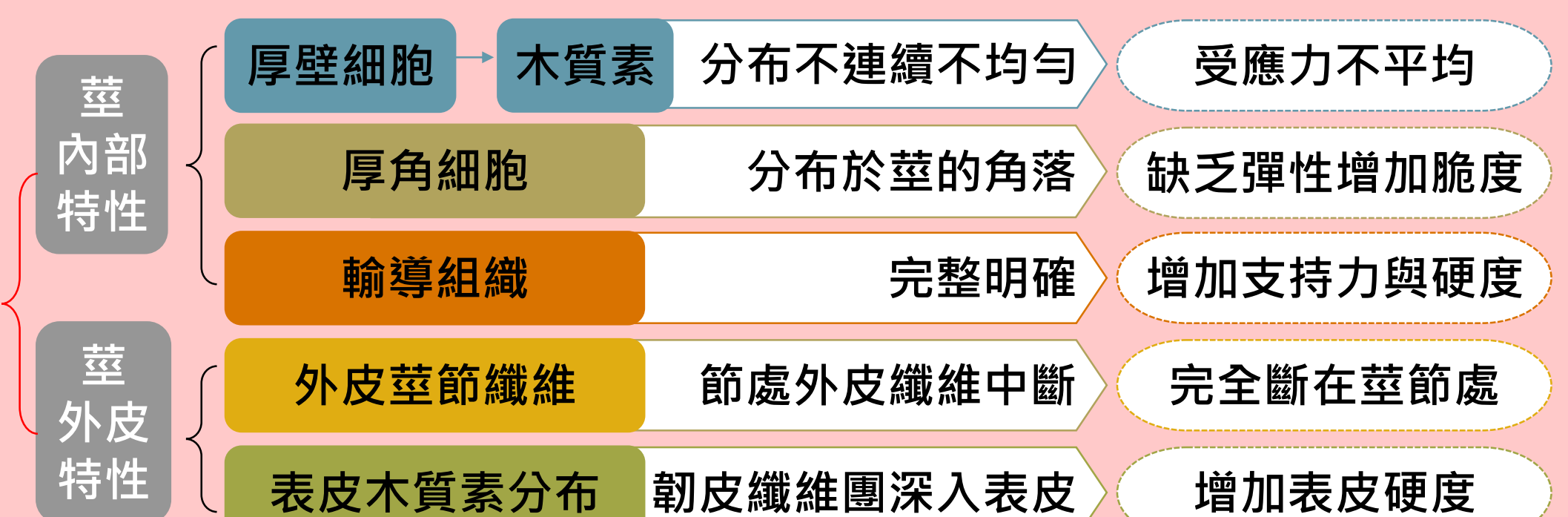


圖33、大花咸豐草斷枝機制說明圖

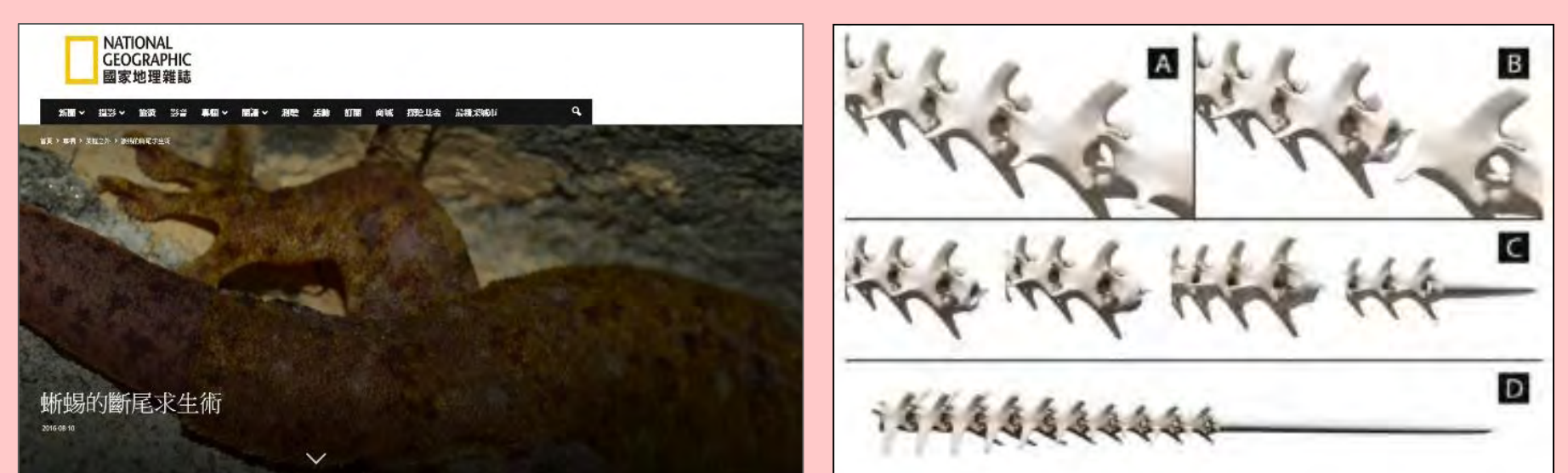


圖34、蜥蜴斷尾的骨骼機制 資料來源：國家地理雜誌

### 三、類似動物斷尾求生之大花咸豐草，在演化上具有木本植物的特質



圖35、與木本植物莖部比較圖

### 四、省思檢討與後續研究建議

1. 為了增加蜜源而引入的外來種所衝擊的生態代價值得我們深思。
2. 現行空地的除草方式都是以背式或推式割草機來除草，這種方式反而讓大花咸豐草更能發揮它無性繁殖的長處，拓展它們的領域。因此若將農耕改為使用中耕機打田，將雜草連根挖起，相信是比較好的除草方式
3. 是人類出現造成大花咸豐草的如此演化?或是如此演化才能在人類世界生存?都讓我們相當好奇。期待能找出更多植物與大花咸豐草比較，特別是和大花咸豐草相同的屬的但野外已不多見與大花咸豐草同屬的咸豐草及鬼針草，研究其生理結構與棲地、繁殖狀況之差異，若我們能力足夠，期待能有機會比較一下基因定序。
4. 而斷尾求生的生存方式是否只有大花咸豐草具有?此方式是否是大花咸豐草大肆繁殖的重要原因?都是相當值得繼續探討的課題。

## 參考資料

1. 中華民國自然生態保育協會·2006·臺灣十大外來入侵種·行政院農業委員會林務局：臺灣臺北市。
2. 王升陽 (2016年3月)·路邊採藥 四季盛開的大花咸豐草·取自<http://e-info.org.tw/node/113564>
3. 易希道、許志超、李春序、謝萬權、宋世謹、周惠慈 (1988)·普通植物學·臺灣臺北市：國立編譯館。
4. 林益昇 (2016年12月)·顯微鏡之構造、原理及使用·國立中興大學土壤環境科學系土壤傳播性病害研究室·取自<http://web.nchu.edu.tw/~rootdis/plant%20pathology/97Session/002-970926/>
5. 林展蔚(2016年8月10日)·蜥蜴的斷尾求生術·國家地理雜誌·取自[http://www.natgeomedia.com/column/external/47349?utm\\_campaign=shareaholic&utm\\_medium=facebook&utm\\_source=ocianetwork](http://www.natgeomedia.com/column/external/47349?utm_campaign=shareaholic&utm_medium=facebook&utm_source=ocianetwork)
6. 洪銘成(2010年12月)·【台灣外來種】野草惡勢力 大花咸豐草·經典雜誌·149·取自<http://www.rhythmsmonthly.com/?p=10410>
7. 莊溪 (2016年12月)·認識植物·取自<http://kplant.biodiv.tw/index.htm>
8. 陳民峰(2009)·大花咸豐草外來種影響程度與趨勢文獻探討·國立台北教育大學自然科學教育系·臺灣臺北市。
9. 蔡淑華(2005)·植物解剖學·臺灣臺北市：國立編譯館。
10. Joseph, E. V. & Taylor, R. (1989), New Ways to Look at the Architecture of Plant Cell Walls - Localization of Polygalacturonate Blocks in Plant Tissues, *Plant Physiol.* 92:31-33.
11. Pradhan Mitra, P. & Loque, D. (2014). Histochemical staining of *Arabidopsis thaliana* Secondary Cell Wall Elements. *Journal of Visualized Experiments.* (87), e51381. doi:10.3791/51381.
12. Pomar F, Merino F, Barceló AR. O-4-Linked coniferly and enapyl aldehyde cell walls are the main targets of the Wiesner (phloroglucinol-HCl) reaction. *Protoplasma.* 2002 Oct;220(1-2):17-28. PubMed PMID: 12417933.
13. R.S. Davidson, H. Choudhury, S. Origgi, A. Castellan, V. Trichet, G. Capretti, The reaction of phloroglucinol in the presence of acid with lignin-containing materials, *Journal of Photochemistry and Photobiology A: Chemistry, Volume 91, Issue 1, 1995, Pages 87-93.*