

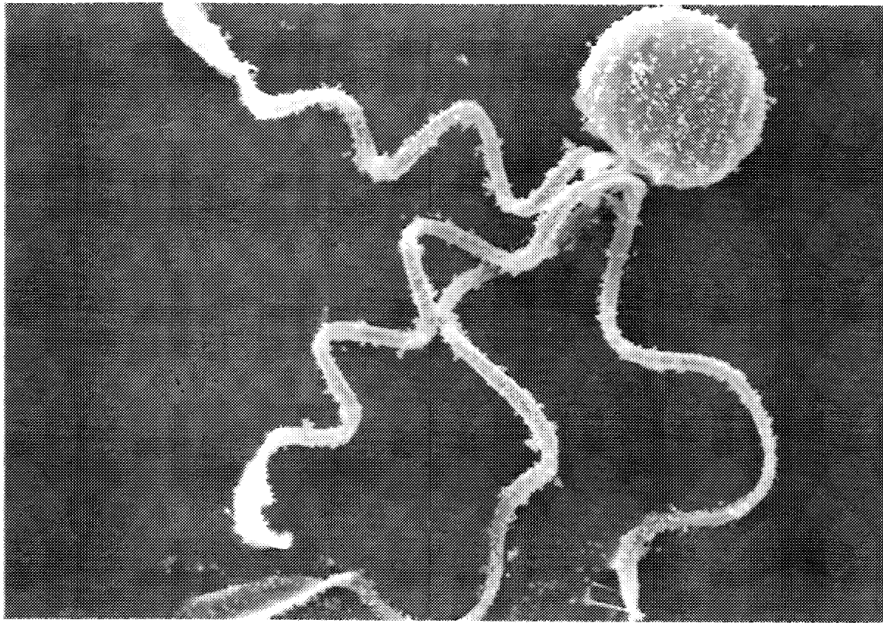
# 「頭前溪旁的活化石——台灣木賊」 的觀察與研究

國中組生物科第二名

新竹縣六家國民中學

作者：林學聖、謝亞竹  
彭淑媛

指導教師：黃美華、陳季瑄



## 一、研究動機

在一次野外採集的機會裏，我們在六家地區頭前溪河牀邊，發現一大片長得很奇怪、與眾不同的植物：許多枝條上頂著像小玉蜀黍一樣的「生殖器官」，稍微一碰，還會飄出一陣綠色的「煙霧」，有趣極了。老師說它叫木賊，是一種古老的植物，和我們在生物實驗課時觀察的「蕨」關係密切，引起我們一探究竟的好奇心。

## 二、研究目的

- (一)木賊與真蕨的比較。
- (二)台灣木賊資料的收集及整理。
- (三)台灣木賊植株生態及構造的觀察。
- (四)台灣木賊繁殖過程的研究。

(五)台灣木賊孢子萌發生理的探討。

### 三、研究器材

1. 採集及測量工具。 2. 標本製作用具。 3. 照相器材。 4. 顯微照相器材。 5. 解剖顯微鏡。 6. SEM ( 掃描式電子顯微鏡 )。 7. vortex ( 試管攪拌器 )。 8. 植物培養箱 ( 恆溫箱 )。 9. BG-11 培養基。

### 四、研究方法及結果

#### (一)木賊與真蕨的比較

由於二者親緣關係密切，故先比較外形，藉以推論演化上的優劣。

##### 1. 營養器官

相同：二者都有根、莖、葉。

相異：(1)莖的部分

↘木賊：有地下根莖及地上直立莖之分，莖有節間；地上莖綠色，行光合作用的主要器官。

↘真蕨：大多數種類只具地下莖。

(2)葉的部分

↘木賊：葉小退化輪生於莖節。

↘真蕨：羽狀，綠色，可行光合作用。

##### 2. 生殖器官

相同：都有孢子囊，用孢子繁殖。

相異：(1)著生位置

↘木賊：在地上莖上，單獨頂生。

↘真蕨：位於葉下表面，形成孢子囊堆，排列方式各有千秋，有些種類還具有苞膜。

(2)孢子囊外形

↘木賊：柱狀，綠色；每 5-10 個聚生於孢子囊托內側。

↘真蕨：圓形囊狀，成熟金黃。

(3)孢子外形

↘木賊：綠色圓形，具 4 條彈絲。

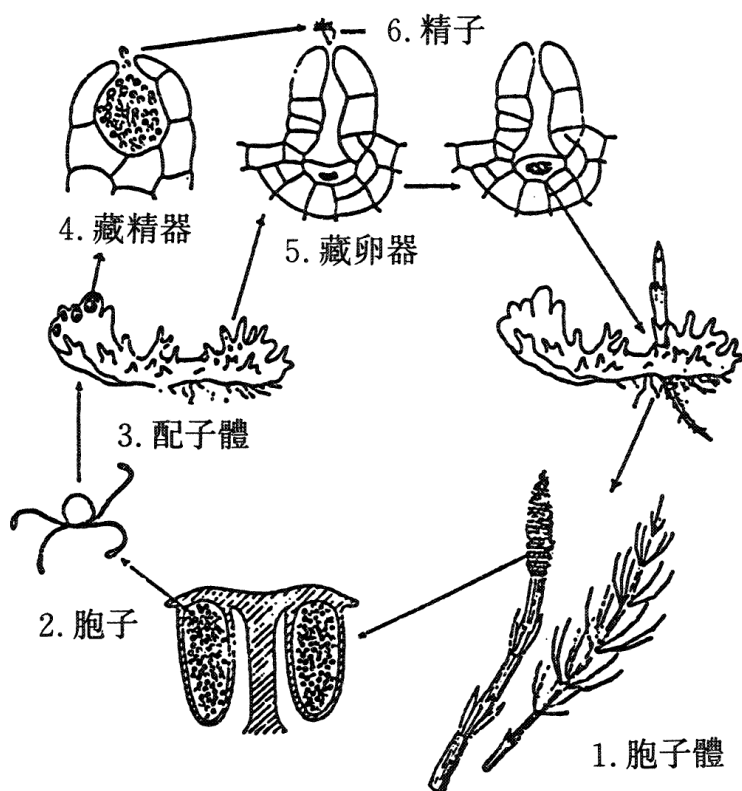
↘真蕨：形狀不一，且有黃、黃褐、黑褐、綠色多種，不具彈絲。

#### (二)台灣木賊資料的收集及整理

木賊屬擬蕨類，具長遠歷史，自古生代至今已有 3-4 億年之久。已發展出

維管束，但仍用孢子繁殖。在石炭紀時的泥沼森林中曾是優勢植物，但現生只一屬，約 25 種。台灣只有台灣木賊一種，2 亞種，一為台灣木賊，是我們研究的主角；一為木賊，尋找多處未見其踪跡。現就「台灣木賊」分析之：

1. 學名：Equisetum ramosissimum Desf. Subsp. debile (Roxb.) Hauke  
俗名：節節草、接骨草、筆頭菜、剝節草。
2. 習性：喜生溪流旁石頭間或堤防上，山坡徑亦可見。平地至中海拔皆有，適應性高。
3. 形態：雖屬蕨類植物，但形態大不同於真蕨，因這方面資料相當缺乏，故在下面做詳細的形態觀察及記錄。
4. 生活史：有無性及有性世代之分如下圖。



### (三)台灣木賊植株生態及構造的觀察

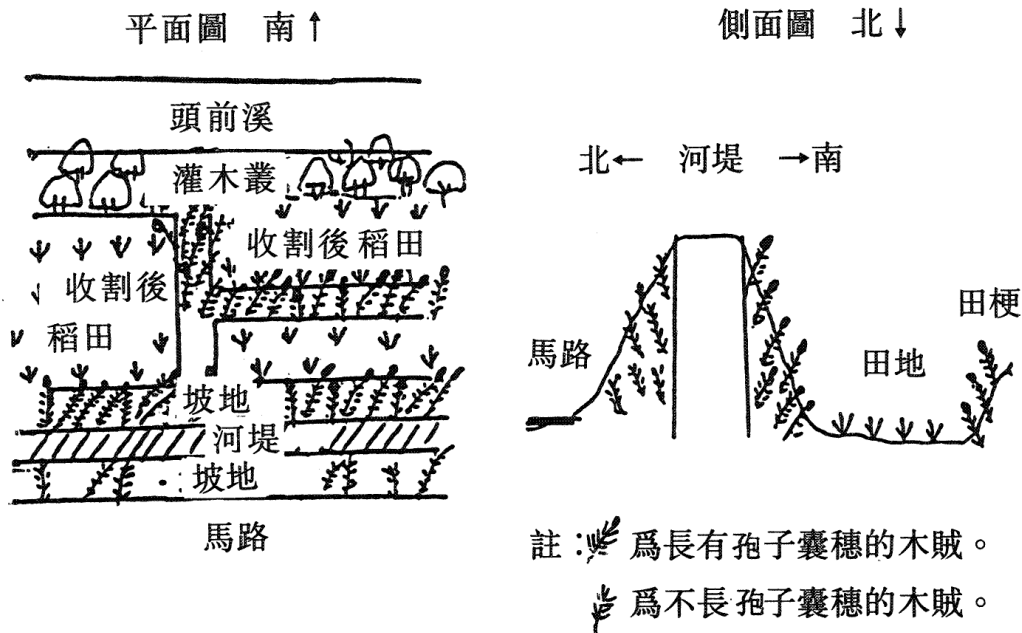
我們利用假日到頭前溪河堤採集及觀察測量，除做標本，也帶回實驗室做顯微觀測。

#### 1. 生態環境及習性

- (1) 溪北岸木賊茂盛，南岸卻無其踪跡。
- (2) 田梗旁長得極茂盛，尤其是河堤南面山坡。
- (4) 木賊叢中亦能生他種野草，如鬼針草、水丁香、篔麻、黃野百合……等。

(4)木賊生長環境相當潮溼。

(5)奇怪的是，河堤北岸絲毫不見有孢子囊穗，而同期的南坡地卻孢子囊茂盛。（七、八月間）



## 2. 植株的測量及觀察

### (1) 莖

☞ 有地上、地下莖兩部分，有節，節會長根及側莖。根莖黑褐，末端會背地生長成地上莖。

☞ 主莖：直徑 1.8~2.2mm。由地下長出時為直立，長至一定高度後則倒下成攀爬性生長。長度在實驗地可達 1.8m。

☐ 側枝：若把主莖節長出的側枝稱為第一側枝，如此依序定義，則最多有第三側枝者。側枝之有無與陽光有關：若主莖鑽出地表時陽光充裕則側枝多，反之在木賊叢中，光少情況下則在長到一定長度，陽光多後才長側枝。

長出的側枝數目不一；第二側枝數從 1~6 枝都有，但以 4 枝較多。第三側枝數從 1~2 枝都有，但以 1 枝較多。

☐ 直立地上莖：綠色，莖上有縱向溝，溝內表皮上有 2 條氣孔帶。

### (2) 葉

輪生於莖節，退化小形，只一條葉脈。基部合生成鞘，先端游離成齒片，有黑色條斑。

### (3) 孢子囊穗

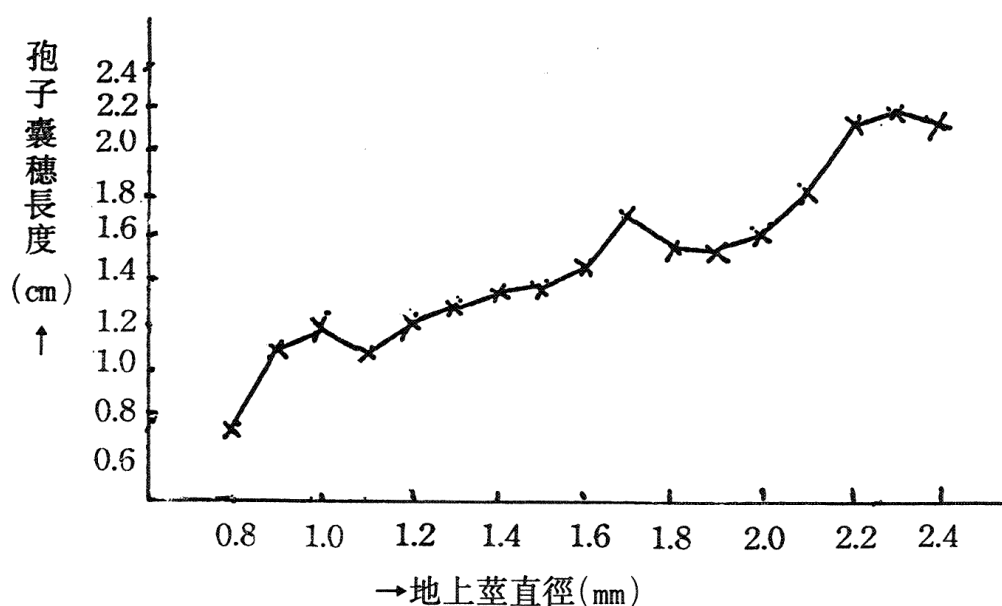
☞ 著生位置：主莖及第一、二側枝頂。

々成熟期：實驗地之木賊在 6 月下旬即見成熟孢子囊穗，8~10 月最盛，12 月下旬漸稀。

□外形：由孢子囊托外的盾狀苞片組成。苞片有的有黑斑。黑斑有多邊形及十字形之分。

ㄐ大小：與莖之粗細有關；我們採 100 多枝莖，用游標尺測直徑及穗長，計算平均值結果如下：。

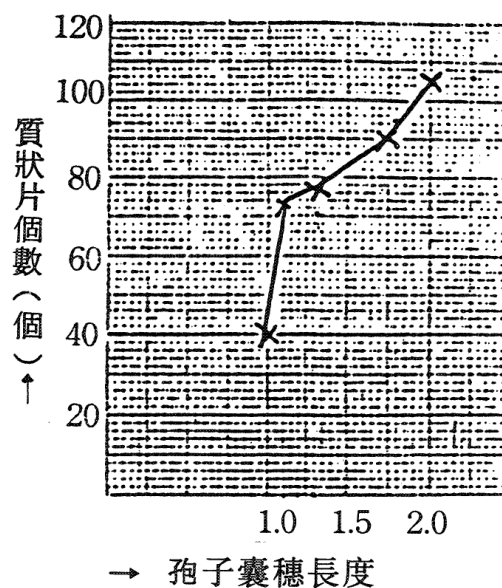
地上莖平均直徑(mm)	0.8	0.9	1.0	1.1	1.2	1.3	1.4	1.5	1.6	1.7	1.8	1.9	2.0	2.1	2.2	2.3	2.4
孢子囊穗平均長度(mm)	7.5	11	12	10.4	12	12.6	13.7	13.7	14.8	17.3	15.5	15	16.1	18	21	21.5	21



由上表可知莖愈粗，穗愈長。

再將不同長的孢子囊穗上的苞片分離，數其個數，算平均值，做成下圖、表

孢子囊穗平均長度(mm)	1.0	1.1	1.3	1.7	2.0
盾狀片平均數(個)	41	73	77	89	105



由此可知：孢子囊穗愈大，盾狀苞片即孢子囊托愈多。

ㄉ 盾狀苞片：六角形。孢子未成熟時，苞片緊密相接；成熟時則似乎因小枝的延長而分離。

ㄊ 由形成到成熟至凋萎：孢子囊穗由原來的綠色轉變成黃褐，故可視顏色來判斷其成熟度。

#### (4)孢子囊

ㄎ 表面結構；孢子成熟時，可由囊外見其內部轉白（彈絲的顏色），內部開裂孢子散出後，囊則漸呈乾枯。

ㄌ 盾狀苞片下著生約 6 個孢子囊，也有 5 個、7 個及其他數目的，測量結果如下表：

盾狀小片下孢子囊數	累 積 數	
4	丁	2
5	正正正正下	23
6	正正正正正正正正正正	55
7	正正正丁	17
8	丁	2
9	一	1

ㄏ 一個孢子囊內孢子數的估計：取 100 個成熟孢子囊，將孢子置試管中，加 10ml 水，放在 vortex 內震盪後，取 1ml 稀釋成 10ml，再取 1ml 放在顯微鏡下計算，結果即為一個孢子囊內孢子數。重覆 10 次，平均之得：一孢子囊有 650 個孢子。

ㄍ 孢子囊的開裂，與濕度有關：雨天時，儘管苞片之間已分離，但孢子囊不會開裂；要到晴天時才開裂。此時只要輕輕碰觸孢子囊穗，即見孢子如一陣煙霧般飄散出來。

#### (四)台灣木賊繁殖過程的研究

1. 台灣木賊拓展勢力範圍的方法有 2 種：

(1) 根莖在地底下延伸、分枝，穩紮穩打，往往長成一大片族羣。

(2) 利用孢子的散播，落地萌芽，形成配子體，再長出植株，這種方式能傳播得較遠。

2. 孢子的觀察與研究

ㄎ 孢子呈美麗的翠綠色，從 SEM 之放大倍率與所見影像大小，可計算出孢子直徑 0.03mm。

ㄨ 孢子表面具 4 條彈絲，長 0.15mm，末端扁平。

ㄐ 彈絲對濕氣極為敏感。潮溼時，彈絲纏繞在孢子上；若將孢子烘烤乾燥，則見孢子一顆顆在「跳舞」，原來此時彈絲的迅速伸展，使之如此。

若再以濕的棉花棒靠近孢子，則見彈絲再度捲縮。

ㄒ 將成熟孢子置洋菜培養基上，置 20℃ 恆溫箱中照光，數天後可見長出約 10 個細胞的配子體。

#### (五) 台灣木賊孢子萌發生理的探討

##### 1. 光線對孢子萌發生理的影響

將同一孢子囊穗的孢子分裝於 4 個培養皿，處理如表(一)。溫度由恆溫箱控制，光線由鋁箔紙控制，培養基 BG-11 如下表(二)。

(表一)

培養基	溫度	光照	培養基
1	10℃	光	清水
2	20℃	光	清水
3	20℃	暗	清水
4	20℃	光	BG-11

(表二)

#### *Medium BG-11*<sup>a</sup>

Compound	Amt(g/ljter)
NaNO <sub>3</sub>	1.5
K <sub>2</sub> HPO <sub>4</sub>	0.04
MgSO <sub>4</sub> ·7H <sub>2</sub> O	0.075
CaCl <sub>2</sub> ·2H <sub>2</sub> O	0.036
Citric acid	0.006
Eerric ammonium citrate	0.006
EDTA(disodium magnesium salt)	0.001
Na <sub>2</sub> CO <sub>3</sub>	0.02
Tracesnietal mix A5 <sup>b</sup>	1ml/liter

<sup>a</sup> After autoclaving and cooling, *p*H of medium 7.1.

<sup>b</sup> H<sub>3</sub>BO<sub>3</sub>, 2.86 g/liter; MnCl<sub>2</sub>·4H<sub>2</sub>O, 1.81 g/liter; ZnSO<sub>4</sub>·7H<sub>2</sub>O, 0.222g/liter; Na·MoO<sub>4</sub>·2H<sub>2</sub>O, 0.39g/liter; CuSO<sub>2</sub>·5H<sub>2</sub>O, 0.079g/liter; Co(NO<sub>3</sub>)<sub>2</sub>·6H<sub>2</sub>O, 0.0494 g/liter.

每日觀察萌芽與否，3日後各取10個視野計算萌芽率並平均之。結果如下表：

光照處理	萌芽率 (萌芽數 / 孢子數)										平均萌芽率
光照	6/32 (0.19)	9/26 (0.35)	15/48 (0.31)	5/22 (0.23)	10/22 (0.31)	11/54 (0.20)	12/91 (0.13)	17/57 (0.30)	13/60 (0.22)	8/33 (0.24)	25%
黑暗	6/74 (0.08)	6/98 (0.06)	3/84 (0.04)	6/124 (0.05)	4/60 (0.07)	3/57 (0.05)	2/38 (0.05)	3/54 (0.06)	3/56 (0.05)	5/59 (0.08)	6%

由表可知光照是孢子萌芽的要素，萌芽率約為黑暗中的4倍。黑暗中即使有萌芽，亦僅凸出一點，約0.02mm；而光照下的已可達0.15mm。

### 2. 溫度對孢子萌發的影響

溫度處理	萌芽率 (萌芽數 / 孢子數)										平均萌芽率
10℃	0 0	2/90 0.02	2/59 0.03	0	0	1/70 0.01	0	2/58 0.03	0	0	1%
20℃	6/32 (0.19)	9/26 (0.35)	15/48 (0.31)	5/22 (0.23)	10/32 (0.31)	11/54 (0.20)	12/91 (0.13)	17/57 (0.30)	13/60 (0.22)	8/33 (0.24)	25%

由表可知30℃比10℃更適合孢子萌發。

### 3. 培養基對孢子萌發的影響

培養基處理	萌芽率 (萌芽數 / 孢子數)										平均萌芽率
BG-11 培養基	53/71 (0.75)	30/32 (0.94)	33/39 (0.85)	17/19 (0.90)	24/26 (0.92)	14/19 (0.74)	22/26 (0.85)	19/22 (0.86)	46/48 (0.96)	32/34 (0.94)	87%
水	6/32 (0.19)	9/26 (0.35)	15/48 (0.31)	5/22 (0.23)	10/32 (0.31)	11/54 (0.20)	12/91 (0.13)	17/57 (0.30)	13/60 (0.22)	8/33 (0.24)	25%

由表可明顯的看出「養分」如何的促進孢子的萌芽，甚至「發育」。用水培養，則孢子只長出一條管狀構造，而在營養的培養基中孢子多已發育成配子體，給人予「健康茁壯」的感覺。

## 五、結論與討論



#### (一)木賊在植物演化史上的地位

木賊是相當古老的植物，最早的化石出現在三億七仟五佰萬年前，比恐龍還早出現。它和真蕨都已發展出初級維管束，但外形截然不同；由我們的觀察比較，「真蕨」似乎比木賊「懂得」生存：

1. 真蕨葉面積大，可大量行光合作用；木賊則唯一能行光合作用的莖面積不大。
2. 真蕨將孢子囊藏在葉下保護，甚至有的用苞片包著；而木賊卻頂在「頭」上，受傷機會大。
3. 真蕨孢子看起來粗糙，感覺較硬，存活時間可長達一個月；木賊孢子據資料記載：散發後一天之內活性最強，隨後遞減，超過 15 天未遇適當環境即死亡，無法萌發。

由此，我們推論：木賊雖比無維管束的苔蘚類高等得多，但卻不如真蕨類「懂得生存」，因此至今真蕨種類繁多（約 10000 種），木賊卻滅絕得只剩一屬，約 25 種。

(二)由許多處台灣木賊生長地發現台灣木賊喜生在岩石石塊之間，潮溼但排水良好，土質鬆軟並貧瘠，反而肥沃處不能生長。此所以在實驗地廢棄的田地不見蹤跡，而在其旁河堤石塊之間土壤上卻長得極其繁茂。

不解的是，河堤南面族羣孢子囊穗長得相當熱鬧的七、八月間，北面的族羣卻毫無孢子囊穗的蹤跡？

(三)台灣的木賊只有一種，二亞種：一為「台灣木賊」，即我們研究的對象，一為「木賊」（學名：*Equisetum ramosissimum* Desf. Subsp. *ramosissimum*）。區分二者的方式極為簡單：前者的葉上有黑色條斑，後者無。由於我們尚未找到後者，故是否還有其他分辨特徵，有待繼續做更廣闊的野外調查。

(四)台灣木賊形態之特殊，可說是在芸芸衆「植物」中，與衆不同，其描述已如「結果」中詳述，茲僅提出一些書籍所載，加以補充：

1. 莖具稜脊條紋，上有氣孔，為永久開放型。莖表皮富含矽質，故相當粗糙，印地安人常用它來刷鍋。
2. 孢子含葉綠素，可行光合作用，具 4 個彈絲，是植物界中獨一無二的特徵。彈絲對濕度的敏感，可推測彈絲除能幫助孢子散播得更遠之外，還有助於孢子散播到較潮溼的地方。

(五)有一有趣的現象，即：植物界的一種高大的喬木——木麻黃形態和台灣木賊有異曲同工之妙：莖枝條狀，葉退化輪生於莖節上，只是一為高等的顯花

植物，一為低等的隱花植物，這種植物界絕無僅有的相似性，實在耐人尋味。

(六)野外調查中，我們發現有二處事實與書本記載的不同：

1. 書本謂：木賊莖長 30-100cm，而我們處處可見莖有長於此數者，可長達 183cm。
2. 書本謂：孢子囊穗成熟於 7-8 月間，我們卻發現其在 6 月即成熟，至 8-10 月最盛，隨後漸稀。

(七)由估計得一個孢子囊內孢子數約 650 個；而一個孢子囊托通常有 6 個孢子囊；一個孢子囊穗通常有約 90 個孢子囊托，則一個孢子囊穗內含孢子數： $650 \times 6 \times 90 =$ 約 35 萬！如此龐大的數目，再加上實驗地成千個孢子囊穗，則一季散發的孢子數何止上億！可是台灣木賊卻非處處可見；這正印證了達爾文先生所言：「物競天擇，優勝劣敗。」的自然規律。

(八)在培養孢子萌發的實驗中，可得到一個結論：孢子的萌發，營養的環境相當有利，而「光」的角色也不能忽視。因我們曾把黑暗中培養後的孢子改放光照中，一夜之後，萌芽率即大增。畢竟，自然界中的孢子落腳處往往是貧瘠的，此時「光」若存在，就能使綠色孢子行光合作用，自製養分長大吧！

## 六、結語與感謝

查閱許多文獻資料，發現「台灣木賊」至今尚未有完整的研究報告提出，另一亞種「木賊」亦然。我們這次實驗也只能做儘可能的觀察與研究。有關其植株生理，尚待探討。

本次實驗能順利進行，要感謝清大生命科學研究所李家維教授研究室的慨然相助。尤其是劉烘昌先生的熱心協助，謹在此表深深的謝意。

## 七、參考文獻

1. 謝萬權 1980 蕨類植物 中興大學 p.48-50.
2. 李學勇 1989 植物學要義 國立編譯館 p.511-515.
3. 中山、南京大學生物系 1990 植物學之系統與分類地景企業 p.191-193.
4. 易希道等 1987 普通植物學 環球書社 p.423-425.
5. 易希道等 1980 斯氏植物學 徐氏基金會 p.878-885.
6. 光復科學圖鑑 1980 顯微鏡觀察 光復書局 p.24-27.
7. 鄭元春 1984 台灣的常見野花 渡假出版社 p.203-205.

8. Harold c. Bold 1973 "Morphology of Plants" (3rd. ed.) Harper & Row  
p.379-391.

## 評語

- ①木賊是世界上除澳洲外分布全世界，但是種屬只有 25 種，在台灣他們只找到了「台灣木賊」，這一科而已，古老化石性生物（3-4 億年）。台灣木賊之資料很少，作者的觀察記錄方式雖然博物學上——(Natural History)很普通，但是在充實了其生態及結構的資料記錄上，作很實際有貢獻。
- ②他們也發現了有趣的幾點生態現象，其理由詮釋雖須更進一步的探討，却值得在生態保護上給予警覺注意，尤其在工業化與大自然保護之落實，可能是世界上最大的台灣島上。
  - (a)為何挾著河的南北兩岸，北岸茂盛，而南岸却無蹤跡？
  - (b)只是河堤的南北兩側坡地而已，朝北側的大卡車常駛過的一方却一直看不到孢子囊之出現？這是調查中，頗引人注目的發現。
  - (c)另一亞種，在台灣是絕種了嗎？還是本來就沒有？
  - (d)台灣木賊的高度比記載的可達兩倍之高。
  - (e)在討論中提到與真蕨在演化比較上的觀點，演化在生物學上（不僅是生物學，在宇宙物理學上也是）是非常重要的科學概念，在展覽中，提到的作者並不多之中，是值得注目。
- ③他們的缺點是：不懂得解釋一季可散播數億的孢子的木賊，為何在台灣非處處可見的演化機轉；常識上，應相反的說：木賊孢子在大自然中的繁殖淘汰力大，所以它們才須要那麼多的孢子的孢子囊之性質。