

中華民國第 51 屆中小學科學展覽會 作品說明書

國中組 生物科

030312

扶搖直上—探討平原菟絲子的生活習性

學校名稱：桃園縣立經國國民中學

作者： 國一 陳愉滋 國一 胡若水 國一 曹語涵	指導老師： 張佳鈴 范揚錦
---	-----------------------------

關鍵詞：平原菟絲子、吸器、習性

作品名稱：扶搖直上－探討平原菟絲子的生活習性

摘要：

平原菟絲子寄生植株以莖的部位最多，佔全部寄生質量的 72%。平原菟絲子無法在純水中成長，以不同濃度的蔗糖水來進行測試，在 2% 的糖水中生長長度較其他濃度佳。平原菟絲子的果實內含有 1~3 顆種子，且 2 顆種子佔 72%，種子在純水環境中的萌芽長度極限為 7.2 公分；3% 醋酸水溶液會抑制種子發芽；在 0.01M 小蘇打水溶液鹼性環境中，生長極限為 12.0 公分。平原菟絲子同時具有向光性、背地性及向觸性，但無向溼性。捲曲莖內具有類似彈簧的彈性物質且成分為蛋白質；莖與寄主橫向剖面實驗中，發現吸器纏繞在寄主莖上，平均橫徑約 1.3 微米，部分吸器末端侵入寄主後會延伸出特殊組織，平均長度約 1.3 微米，但並非在每個吸器皆有此構造。平原菟絲子對植株皮層酸鹼具選擇性。

壹、前言與研究動機

菟絲子是旋花科中唯一的全寄生植物，在台灣有五種菟絲子，分別為台灣菟絲子、日本菟絲子、中國菟絲子、澳洲菟絲子及平原菟絲子。其中只有台灣菟絲子（*C. japonica* var. *formosana*）為台灣特有的變種，亦即台灣菟絲子為日本菟絲子的變異種，而其餘菟絲子皆為外來種。外來種的來源可能為寄生在栽培種的植物上，例如平原菟絲子於 1964 年，經由南美虻蜚菊從國外引入時帶入台灣，為入侵的外來種（羅筠誼，2007）；另外，人為栽種作為藥用也是其傳播主因之一。根據近幾年菟絲子植物在台灣採集記錄，日本菟絲子已經分布在全台寄生造成原生種植物的危害（楊國楨，2005），而平原菟絲子目前正在台灣北部逐漸向外擴展中。

這些攀附在其他植物上生存的平原菟絲子看似柔弱、不堪一擊，卻能緊緊勒住寄主，獲得養分，甚至因此奪取對方的生命，造成許多台灣本土植物的危害。知己知彼才能克敵，我們想藉由研究平原菟絲子的習性，了解如何去抑制它，使台灣本土植物的殺手不再猖獗。



圖 1：校園荒地中分布的平原菟絲子



圖 2：寄生在槭葉牽牛的平原菟絲子

貳、研究目的

一、室外生長觀察實驗

- (一) 調查平原菟絲子的寄生對象
- (二) 調查平原菟絲子在寄生植株的位置分佈
- (三) 觀察記錄平原菟絲子的生活史

二、人為操作實驗

- (一) 調查平原菟絲子果實內種子數目
- (二) 研究平原菟絲子種子在純水環境中的生長極限
- (三) 研究平原菟絲子種子在酸及鹼的環境中的萌芽情形
- (四) 研究平原菟絲子適宜生長的蔗糖水濃度
- (五) 研究平原菟絲子適合生長的營養液濃度
- (六) 研究平原菟絲子對寄生對象的選擇性
- (七) 研究平原菟絲子的向性
- (八) 調查平原菟絲子在有無光照環境下的節間長度
- (九) 研究平原菟絲子的行進方式
- (十) 研究平原菟絲子的吸器
- (十一) 研究平原菟絲子吸器在不同酸鹼環境中的攀附情形

參、研究設備及器材

一、藥品：

蔗糖、亞甲藍液、碘液、醋酸、小蘇打粉、營養液（花寶二號，台和園藝公司製造）
雙縮脲試劑（Biuret reagent）：硫酸銅、碘化鉀、氫氧化鈉、酒石酸鈉鉀、氫氧化鉀

二、工具：

培養皿、尺、美工刀、剪刀、鏟子、瓦楞紙板、不織布、塑膠袋、面紙盒、滴管
膠帶、厚紙板、上皿天平、塑膠淺盤、小水盆、各式植物、花盆、紙箱、量筒、
燒杯

三、設備：

Dino-Lite 立體解剖顯微鏡、複式顯微鏡、數位相機

肆、研究方法及過程

一、室外生長觀察實驗：

(一) 調查平原菟絲子的寄生對象

實地觀察配合植物圖鑑，調查校園中平原菟絲子 (*C. campestris* Yuncker) 寄生植株的種類及株數。

(二) 調查平原菟絲子在寄生植株的位置分佈

1. 採集一株嚴重被平原菟絲子纏繞的大花咸豐草
2. 把大花咸豐草分成根、莖、葉、花四部份
3. 把已寄生在大花咸豐草根、莖、葉、花上的平原菟絲子撥下，以天秤分別測量



圖 3：寄生在大花咸豐草的平原菟絲子



圖 4：以天秤分別測量平原菟絲子質量

(三) 觀察平原菟絲子的生活史

a. 種子繁殖

1. 採集平原菟絲子的果實，剝開後使用純水種植及觀察
2. 種子發芽後，將芽放到校園中原本就有平原菟絲子寄生的地方
3. 記錄發芽、寄生大花咸豐草成長、開花、結果所需的時間，並觀察記錄成長的過程

b. 斷枝繁殖

1. 取菟絲子的斷枝，並種植於校園中原本就有平原菟絲子寄生的地方
2. 觀察並記錄生長情形及所需的時間

二、人為操作實驗

(一) 計算每個平原菟絲子果實內種子數目

1. 採集平原菟絲子的果實 50 顆
2. 將果實一一剝開
3. 計算每顆果實內種子數量
4. 將結果整理成實驗數據

平原菟絲子果實形狀為扁球形
直徑為 3~4 毫米
下半部為宿存花冠所包被
成熟時不規則裂開



圖 5：一個平原菟絲子的果實
—— (1mm)

(二) 測量平原菟絲子種子在純水環境中的生長極限

- 1.先採集新鮮的平原菟絲子果實
- 2.準備一個培養皿，將培養皿內鋪衛生紙
- 3.將果實剝皮並放入培養皿
- 4.以純水種植
- 5.持續步驟4，記錄發芽時間及幼芽生長極限長度



圖 6：種植中的種子



圖 7：剛萌芽的種子 (1mm)



圖 8：測量種子萌芽極限

(三) 研究平原菟絲子種子在酸及鹼的環境中的萌芽情形

- 1.採集平原菟絲子成熟果實數個
- 2.準備二個培養皿，將培養皿內鋪衛生紙
- 3.調配 3%醋酸水溶液及 0.01M 小蘇打水溶液於 2 個培養皿內
- 4.將平原菟絲子的種子每盤 20 顆，分別放入培養皿內種植
- 5.觀察並記錄種子的萌芽情形

(四) 研究平原菟絲子適宜生長的蔗糖水濃度

- 1.採集平原菟絲子的有芽斷莖 10cm，每盤各 5 枝
- 2.調配 1%、2%、3%、4%、5%不同濃度的蔗糖水
- 3.將 5 個塑膠淺盤內鋪衛生紙，把平原菟絲子的有芽斷枝分別放入 5 個淺盤中
- 4.以 1%、2%、3%、4%、5%不同濃度的蔗糖水種植，觀察記錄生長情形

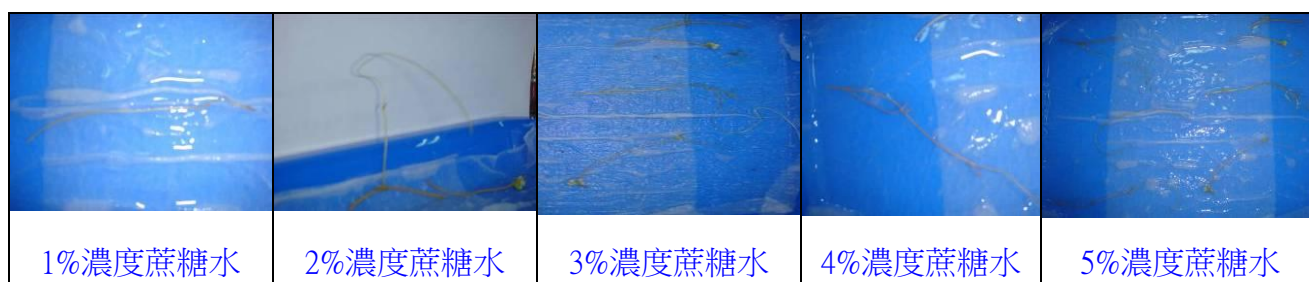


圖 9：平原菟絲子的有芽斷莖在不同濃度的蔗糖水生長情形

(五) 研究平原菟絲子適合生長的營養液濃度

1. 調配 1250ppm、2500ppm、5000ppm 濃度的營養液
2. 用以上四種濃度的營養液種植平原菟絲子的有芽斷莖 10cm，每盤各 4 枝
3. 觀察並記錄其生長情形



圖 10：平原菟絲子的有芽斷莖在不同濃度的營養液水中生長情形

(六) 研究平原菟絲子對寄生對象的選擇性

1. 取校園中現有的觀賞植物：景天科—長壽花、天南星科—黃金葛、羅漢松科—竹柏
2. 將這三種植物放置於平原菟絲子四周，間隔距離相同
3. 觀察並記錄平原菟絲子對不同植物的選擇情形



圖 11：平原菟絲子對寄生對象的選擇性

(七) 研究平原菟絲子的向性

1. 向觸性

1. 準備一盆新鮮的平原菟絲子、瓦楞紙、不織布、塑膠袋三種不同材質的材料
2. 將瓦楞紙、不織布、塑膠袋固定在厚紙板上
3. 將瓦楞紙、不織布、塑膠袋放置於平原菟絲子的四周（與平原菟絲子的距離皆相等）
4. 觀察平原菟絲子會攀附哪一種材質



圖 12：將各種材質放置於平原菟絲子的四周 圖 12-1：平原菟絲子於各種材質的生長情形

2.背地性

準備一盆新鮮的平原菟絲子觀察並記錄莖的生長情形

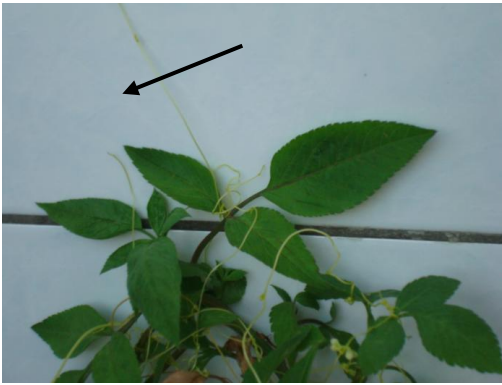


圖 13：平原菟絲子莖的生長情形

3.向光性

1. 準備一盆生長良好的平原菟絲子和一個挖了小洞的紙箱
2. 將紙箱蓋住平原菟絲子
3. 觀察平原菟絲子是否有往光源方向生長的趨勢

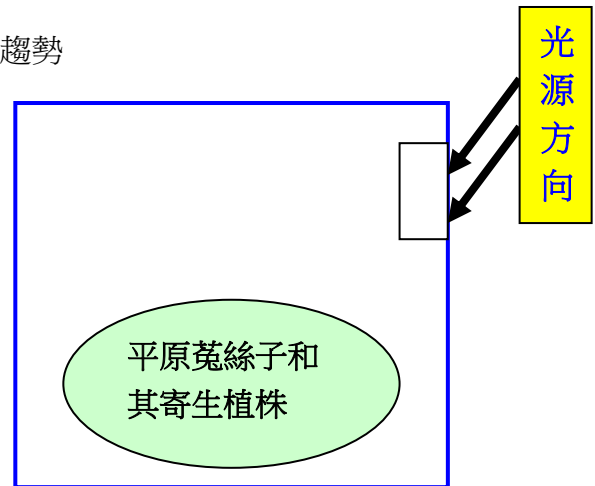


圖 14：實驗向光性的裝置設計

4.向光性延伸實驗：

1. 採集平原菟絲子的有芽的斷莖，放置於塑膠淺盤中
2. 調配 2%糖水，以糖水種植平原菟絲子
3. 用另一個塑膠淺盤蓋在菟絲子上，使其照不到光
4. 觀察平原菟絲子的顏色，並測量記錄未照光的節間生長長度

5.向溼性

1. 準備一盆平原菟絲子
2. 準備 2 個燒杯
3. 一個燒杯內裝水，另一個燒杯裝土
4. 將 2 個燒杯置於平原菟絲子周圍，觀察平原菟絲子的行進情形



圖 15：向溼性實驗裝置

(八) 調查平原菟絲子在有無光照環境下節間長度

1. 將兩盆平原菟絲子分別種植於無光照及有光照環境中
2. 一段時間後，分別測量兩盆內菟絲子新增長的節間長度

(九) 研究平原菟絲子的行進能力

1. 準備一盆平原菟絲子
2. 將一張厚紙板立在前方，於下方挖個洞
3. 觀察平原菟絲子的生長方向



圖 16：紙板下方挖個洞



圖 17：隔著厚紙板的平原菟絲子已蠢蠢欲動

(十) 研究平原菟絲子的吸器

1. 先在校園中採集一株新鮮的平原菟絲子，擷取纏繞在植物上的平原菟絲子
2. 將其放置於顯微鏡下觀察吸器咬合寄主狀態（倍率為 40X）
3. 再將平原菟絲子與植物分離，將平原菟絲子放置於複式顯微鏡及 Dino-Lite 立體顯微照相機下觀察吸器（倍率為 40X），並測量吸器橫徑及延伸組織的長度
4. 將平原菟絲子以雙縮脲試劑（Biuret reagent）染色利用複式顯微鏡觀察莖內部結構
5. 再取另一株寄生在大花咸豐草上的平原菟絲子將它橫切後用亞甲藍液染色，觀察刺入植物維管束內的吸器與寄主組織間關係
6. 使用紅墨水測試大花咸豐草使用導管（木質部）吸取墨水後，寄生在咸豐草上的平原菟絲子，莖是否會因為吸器吸取寄主導管（木質部）水分而呈現紅色

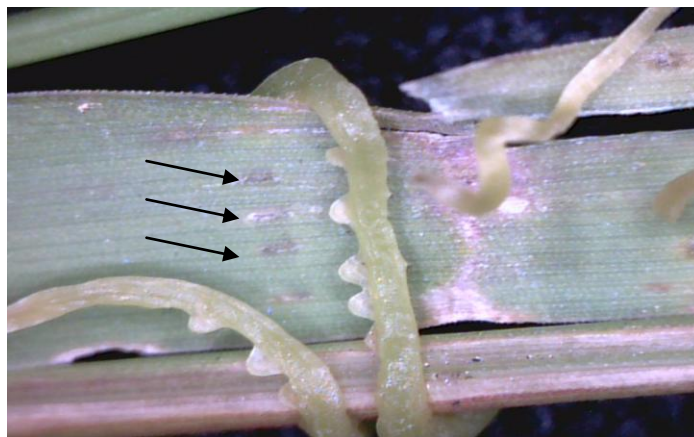


圖 18：以立體顯微照相機觀察平原菟絲子的吸器咬合寄主植物莖，留下長條型刻痕

(十一) 研究平原菟絲子吸器在不同酸鹼環境中的攀附情形

a. 酸性環境

1. 用醋酸調配 0.3%、0.5%、0.7%、1% 的酸性溶液
2. 在校園中草地上用繩子圍出半徑 20cm 的圓形範圍
3. 將圓形範圍分為四等分
4. 以順時針將濃度由淡到濃分別灑在四個區塊內
5. 將平原菟絲子置於中間
6. 觀察並記錄平原菟絲子的攀附情形

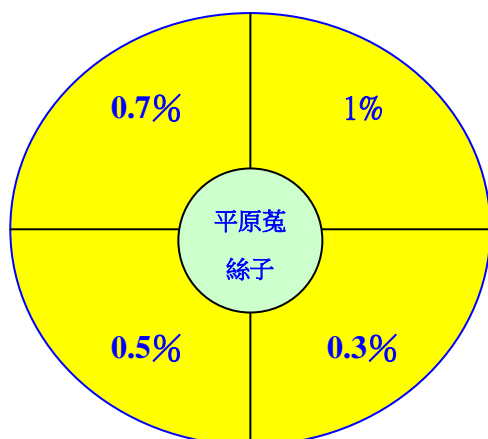


圖 19：實驗平原菟絲子在不同濃度的醋酸水溶液環境生長情形

b. 鹼性

1. 用小蘇打粉調配 0.01M、0.1M、1M 的鹼性水溶液
2. 在校園中草地上用繩子圍出半徑 20cm 的圓形範圍
3. 將圓形範圍分為四等分
4. 以順時針將濃度由淡到濃分別灑在四個區塊內（剩餘的一區塊當對照組）
5. 將平原菟絲子置於中間
6. 觀察並記錄平原菟絲子的攀附情形

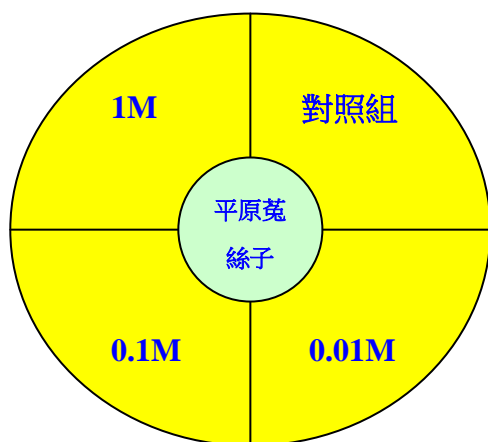


圖 20：實驗平原菟絲子在不同濃度的小蘇打水溶液環境的生長情形

伍、研究結果

一、室外生長觀察實驗：

(一) 調查平原菟絲子的寄生植株

我們在學校中平原菟絲子分布最廣的荒地上進行調查，結果發現平原菟絲子會寄生在許多種植物上（表 1）。可以發現校園中的平原菟絲子偏愛大花咸豐草及空心蓮子草；而莖較細的植物，例如雷公根就沒有平原菟絲子的存在。在黃鵪菜的葉柄上有許多平原菟絲子寄生，但花柄上卻無任何菟絲子寄生。另外我們觀察到，禾本科植物的莖葉是一起被旋繞寄生，與其他被寄生的植株明顯不同。

調查結果如下：

表 1：平原菟絲子在校園中寄生在多種植物的調查情形

編號	宿主	被寄生株數	被寄生位置
1	大花咸豐草	68	莖、葉柄、花
2	空心蓮子草	45	莖
3	槭葉牽牛	32	莖
4	牛筋草	19	莖、葉
5	兩耳草	15	莖、葉
6	狼尾草	13	莖、葉
7	黃鵪菜	10	莖、葉柄
8	酢醬草	3	葉柄
9	油菜	1	莖、葉柄
10	雷公根	0	無

(二) 調查菟絲子在寄生植株的位置分佈

調查平原菟絲子在寄生植株的位置分佈的測量結果在大花咸豐草的根、莖、葉、花分別寄生的質量為 0、3.6、1.0、0.4 公克。此結果與營養源有密切配合關係，對以寄生維生的平原菟絲子來說，莖具有運輸物質的功能，從寄主的莖獲取能量是最有效率的，而根因位於地面下無光源，也無平原菟絲子寄生。



圖 21：將寄生在根、莖、葉、花的平原菟絲子撥下後秤重

(三) 觀察平原菟絲子的生活史

a. 種子繁殖：約 110 天

生長過程：種子→種子萌芽→幼苗直線生長→莖以逆時針向上旋繞寄主生長→開花
→結果→果實成熟→種子

1. 種子→種子萌芽：約 5 天
2. 幼苗直線生長→莖以逆時針向上旋繞寄主生長→開花：約 60 天
3. 開花→結果→果實成熟：約 45 天

b. 斷枝繁殖：約 85 天

生長過程：直線生長→莖逆時針向上旋繞寄主生長→開花→結果→果實成熟→種子

1. 以逆時針向上旋繞寄主生長→開花：約 40 天
2. 開花→結果→果實成熟：約 45 天

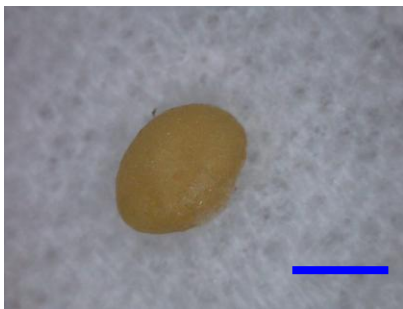


圖 22：99.11.1 種下平原菟絲子的種子

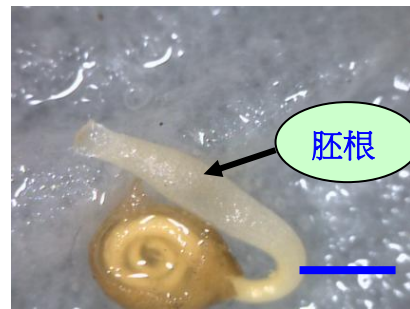


圖 23：99.11.5 平原菟絲子的種子萌芽



圖 24：99.11.26 平原菟絲子寄生

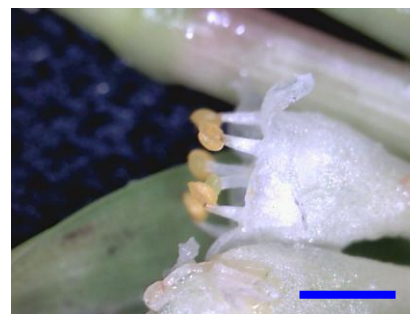


圖 25：99.12.31 開花

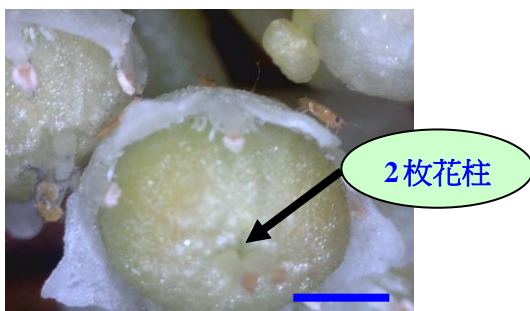


圖 26：100.1.11 結果
(1mm)



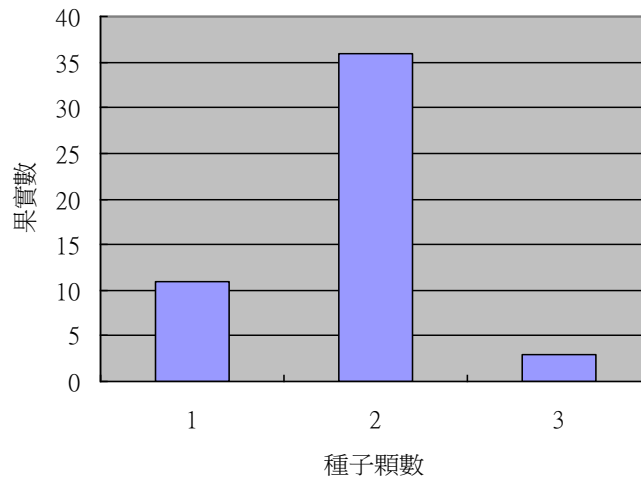
圖 27：100.2.15 平原菟絲子寄生
大花咸豐草生長情形

二、人為操作實驗

(一) 估算平原菟絲子 50 個果實內種子數目

取 50 顆平原菟絲子的果實，將其一一撥開，計算每一個果實內的種子數目，結果有 2 顆種子的最多，占 72%；而 1 顆種子則有 22%，3 顆種子有 6%。

表 2：平原菟絲子果實內種子數目



(二) 測量平原菟絲子種子在純水環境中的生長極限

我們在純水中種植平原菟絲子的種子，等它發芽後在測量其長度，發現種子多在生長到 5~7 公分時枯萎或萎縮，所以推測其發芽極限在 5~7 公分之間，而最長極限為 7.2 公分。

(三) 研究平原菟絲子種子在酸及鹼的環境中的發芽情形

種植後發現平原菟絲子的種子各 20 顆，在 3%醋酸水溶液 (PH=5) 環境中無法發芽，發芽率為 0%；在 0.01M 小蘇打水溶液 (PH=8) 鹼性環境中卻生長頗佳，發芽率為 65%，發芽極限平均為 8.9 公分，而最長生長極限為 12.0 公分，比在純水環境中生長還要好。

表 3：平原菟絲子在酸鹼溶液的發芽數

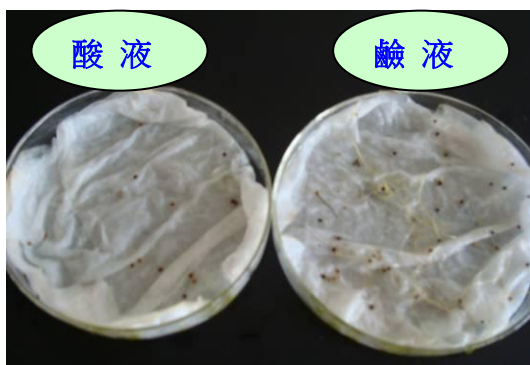


圖 28：種子在酸及鹼的環境中發芽情形

日期 \ 溶液	3%醋酸水溶液	0.01M 小蘇打水溶液
第一天	0	0
第二天	0	3
第三天	0	7
第四天	0	11
第五天	0	13
第六天	0	13

(四) 研究平原菟絲子所喜歡的蔗糖水濃度

我們在不同濃度的蔗糖水種植平原菟絲子的有芽斷莖，觀察生長情形並記錄生長長度，發現平原菟絲子在 2% 的蔗糖水長最長，是平原菟絲子最適合生長的濃度(圖 29)。

表 4：平原菟絲子在不同濃度的蔗糖水生長長度的蔗糖水生長長度

蔗糖水濃度	平原菟絲子生長的最長長度
0%	10.2cm
1%	18.2cm
2%	24cm
3%	17.8cm
4%	9.9cm
5%	12.1cm

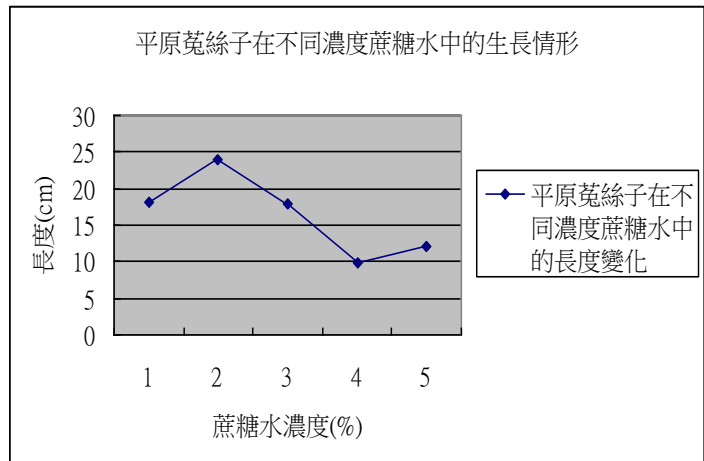


圖 29：有芽斷莖在不同濃度蔗糖水生長情形

(五) 研究平原菟絲子適合生長的營養液濃度

我們將平原菟絲子 10cm 有芽斷莖，用不同濃度的營養液種植，觀察它們的生長情形，發現平原菟絲子在 1250ppm 營養液濃度的生長情形最佳，最長長度可達 17.5cm，而隨著營養液濃度增加平原菟絲子的斷莖長度反而增加越少(圖 30)。測量結果如下：

表 5：平原菟絲子在不同濃度的營養液的生長情形

營養液濃度 (ppm)	平原菟絲子的最長長度 (cm)
1250	17.5
2500	13.1
5000	10.2

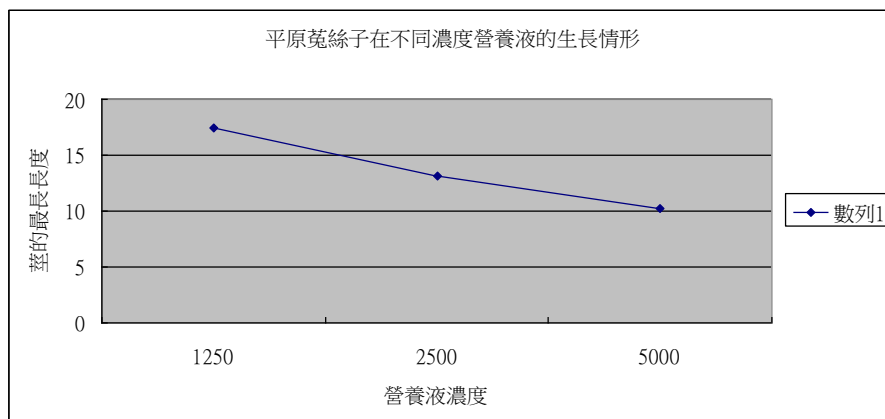


圖 30：平原菟絲子的有芽斷莖在不同濃度營養液生長情形

(六) 研究平原菟絲子對寄生對象的選擇性

我們利用長壽花、黃金葛及竹柏測試平原菟絲子是否會選擇寄主，此實驗進行了兩次。

第一次：平原菟絲子的攀附順序為：黃金葛→長壽花→竹柏

分佈的多寡為：長壽花>黃金葛>竹柏

第二次：平原菟絲子的攀附順序為：竹柏→長壽花→黃金葛

分佈的多寡為：長壽花>竹柏>黃金葛

最後僅有長壽花被攀附後開花結果，而另兩種植物最後都不被菟絲子寄生，且附在植物上的菟絲子漸漸乾枯死亡，沒有開花結果的現象。



圖 31：平原菟絲子對寄生對象的選擇性生長情形

(七) 研究平原菟絲子的向性

1. 向觸性

我們利用瓦楞紙、不織布及塑膠袋來研究平原菟絲子所喜歡攀附的材質，發現不織布是最吸引它的，平原菟絲子幾乎都朝向不織布的方向生長，但即使朝向它生長，最後卻沒有攀附在不織布上面；我們還發現它會攀附在固定鐵夾上，但幾日後植株還是乾枯死亡。結果如下：

表 6：平原菟絲子在不同材質探測枝數

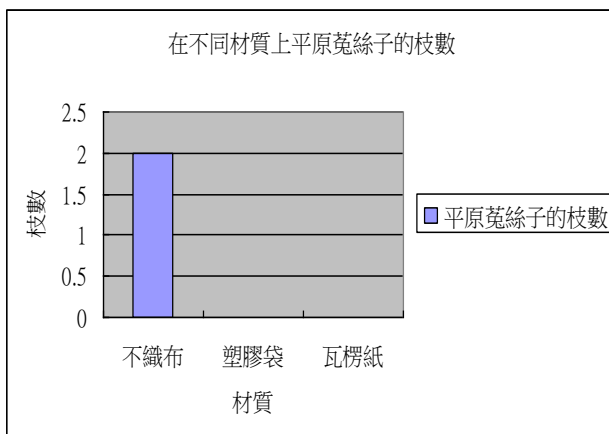


圖 32：平原菟絲子往不織布方向探測

2.背地性：

平原菟絲子有明顯的背地性，會以逆時針方式向上旋繞寄主。



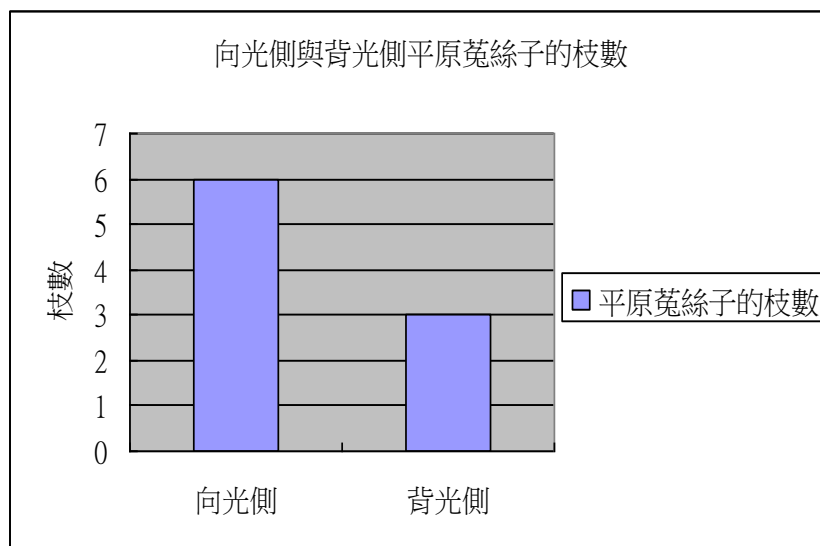
圖 33：平原菟絲子莖以逆時針向上旋繞

3.向光性：

我們將紙箱蓋在平原菟絲子上不讓它照光，在紙箱上只挖一個洞讓光照進去，幾天後發現平原菟絲子的莖幾乎都已轉向光源方向生長，所以平原菟絲子和大部分的植物一樣，具有向光性。

結果如下：

表 7：平原菟絲子在向光側與背光側探測枝數



4.向光性延伸實驗：

平原菟絲子莖往透光方向生長，透過縫隙伸長出去後的莖，因沒有植物可攀附，開始捲曲；而在黑暗中新增生的莖顏色為白色，較有照光的莖細小。

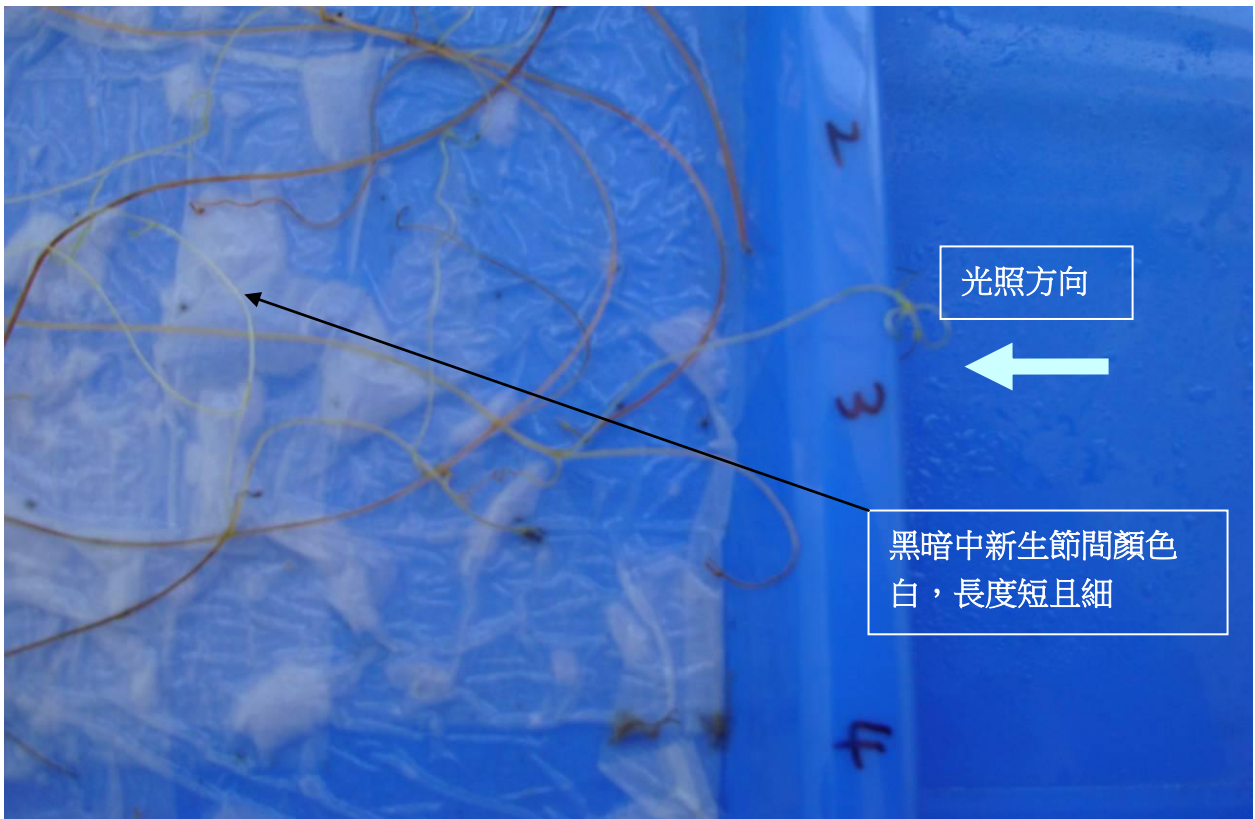


圖 34：平原菟絲子莖往透光方向生長

5.向溼性：

平原菟絲子在沒有其他植物生長的環境中，不會因為水分的有無而去探測水分或趨向水源生長。平原菟絲子探測端的芽是漸漸縮回，且轉回到原本寄主植物上寄生。

實驗結果如下：

表 7：平原菟絲子在向光側與背光側探測枝數

實驗環境	平原菟絲子探測枝數
燒杯裝水	0
燒杯裝土	0

(八) 調查平原菟絲子在有無光照環境下的節間長度

我們測量兩盆平原菟絲子的節間長度後，發現在無光照環境下平原菟絲子的節間會比在有光照環境下的短，與一般的植物不同。

a.有光照節間長度：平均長度為 10.29 公分（扣除編號 5 及 6）

節間編號	1	2	3	4	5	6	7	8	9
長度 (cm)	12.2	10.2	9.2	6.4	1.4	3.9	10.9	8.5	6
節間編號	10	11	12	13	14	15	16	17	18
長度 (cm)	11.2	14.6	13.4	10.1	12	8.5	11	10.2	10.3

b.無光照節間長度：平均長度為 6.75 公分（扣除編號 6）

節間編號	1	2	3	4	5	6	7	8	9
長度 (cm)	7.5	6.5	7.6	6.4	5.3	2.5	8.6	5.9	6.2

(九) 平原菟絲子的行進能力

我們原本的想法是，平原菟絲子會像在校園看到的生長方式：以水平直接騰空攀附另一株植物。但經過我們的實驗觀察後，發現平原菟絲子遇到障礙時，會先往下生長穿過障礙，再繼續向上攀爬植物，以達成目標。

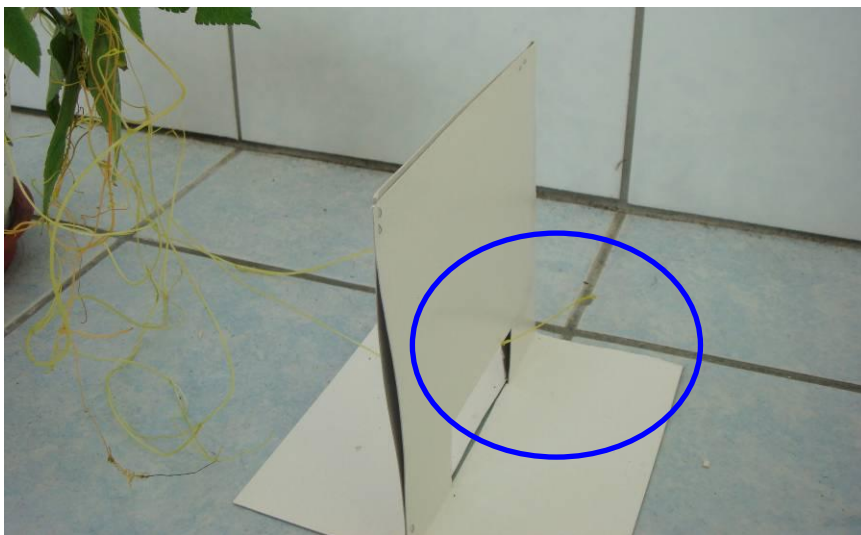


圖 35：平原菟絲子已穿越厚紙板下方的洞並往上生長

(十) 研究平原菟絲子的吸器

結果：

1. 我們用雙縮脲試劑 (Biuret reagent) 測試後發現平原菟絲子內部彈性纖維成分為蛋白質 (圖 36)。
2. 我們由平原菟絲子吸器刺入寄主植物莖的顯微切片中 (圖 37)，發現平原菟絲子有些吸器會延伸特殊組織刺入寄主維管束內，但有些則沒有延伸組織。
3. 平原菟絲子成熟吸器橫徑，平均長度為 1.3 微米 (圖 38)；吸器的延伸組織呈現拉鏈咬合齒狀型態，平均長度為 1.3 微米 (圖 39)。
4. 平原菟絲子吸器會延伸出的特殊組織插入植物的維管束韌皮部吸取養分及木質部吸取水分和無機鹽類。以紅墨水的測試實驗，平原菟絲子的莖也呈現紅色 (圖 40)。

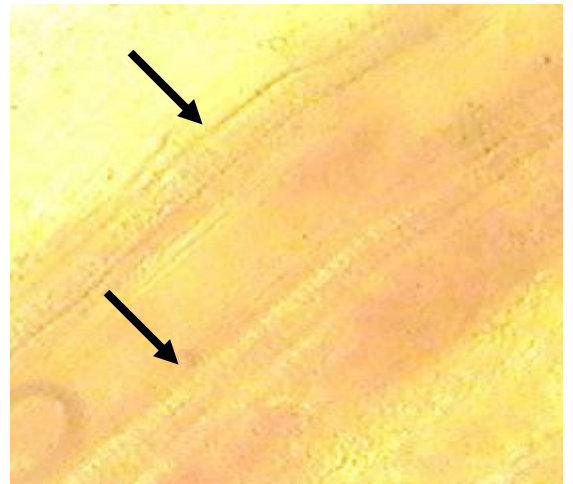
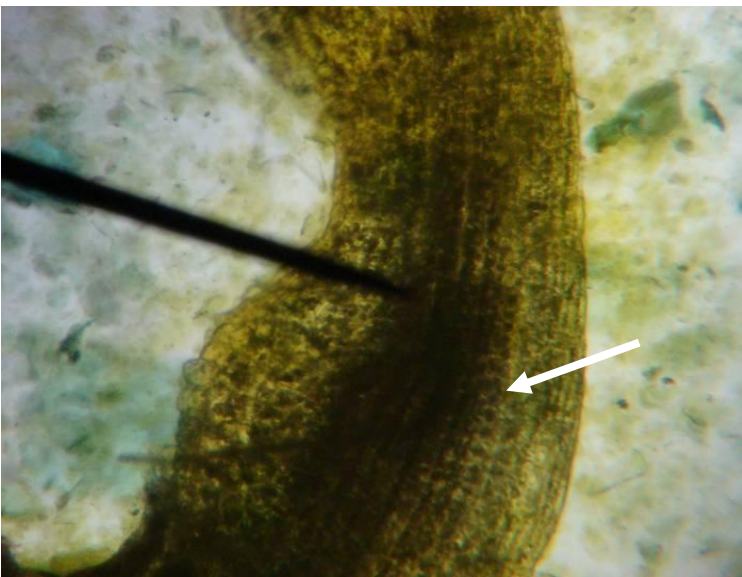


圖 36： Biuret reagent 染色後的吸器橫切面，內有彈性纖維似彈簧的構造

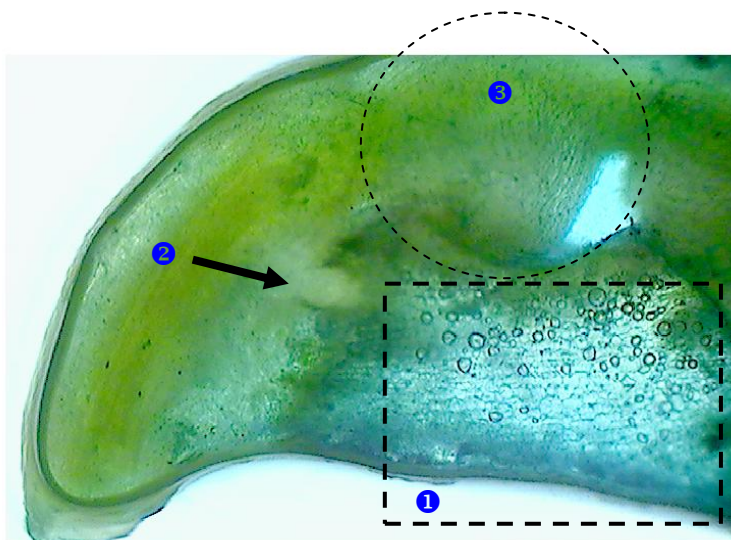


圖 37： 平原菟絲子吸器插入寄主植物莖的顯微切片照相

說明：寄主植物大花咸豐草莖的維管束 (①虛線方框內)

由平原菟絲子吸器延伸出的特殊組織 (②箭頭處) 插入寄主維管束內

另一吸器，但尚未延伸插入莖的特殊組織 (③虛線圓框內)

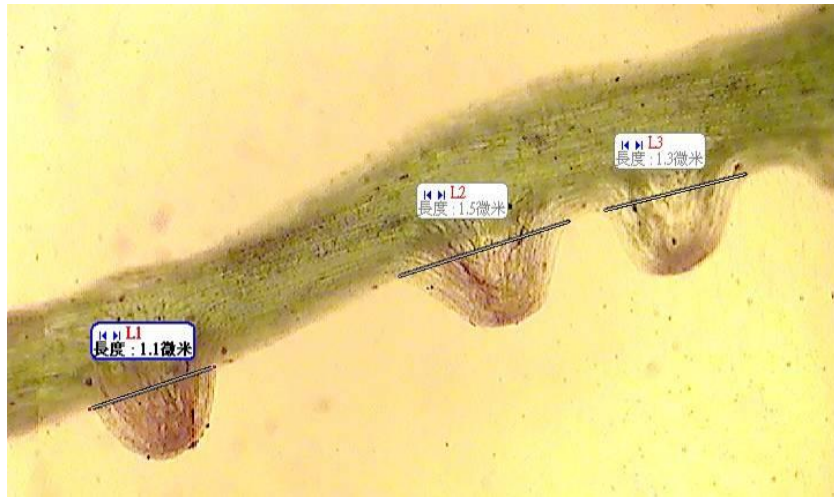


圖 38：複式顯微鏡下平原菟絲子吸器（未延伸特殊組織）



圖 39：：複式顯微鏡下平原菟絲子吸器（已延伸特殊組織）



圖 40：紅墨水實驗：平原菟絲子莖呈現紅色

(十一) 研究平原菟絲子吸器在不同酸鹼環境中的攀附情形

經由我們的實驗發現：

1. 五天後的平原菟絲子在酸性環境中，僅攀附在 0.3% 的醋酸水溶液 (PH=6) 區域 (圖 41-1)，其他 0.5%、0.7% 及 1% 的醋酸溶液區域皆無平原菟絲子寄生。
2. 五天後的平原菟絲子在鹼性環境中，僅攀附在對照組區域 (PH=7) (圖 42-2)，其他 0.01M、0.1M 及 1M 的小蘇打溶液區域皆無平原菟絲子寄生。
3. 十天後的平原菟絲子攀附生長區域與五天時相同，但在 0.3% 的醋酸水溶液 (PH=6) 區域攀附狀況更比對照組區域 (PH=7) 嚴重。



圖 41：平原菟絲子選擇攀附在 0.3% 醋酸水溶液區的区域

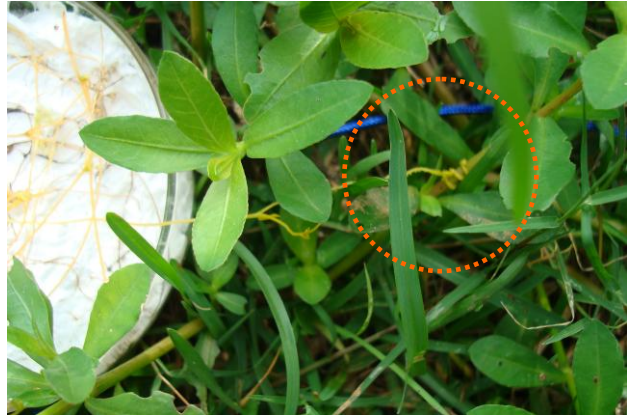


圖 41-1：平原菟絲子攀附在 0.3% 区域的長梗滿天星上的放大圖 (繞三圈)



圖 42：平原菟絲子選擇攀附在對照組



圖 42-1：平原菟絲子攀附在對照組的長梗滿天星上的放大圖 (繞二圈)

陸、討論

一、室外生長觀察實驗：

(一) 調查平原菟絲子的寄生對象

我們在校園中平原菟絲子分布最廣的地方調查，發現平原菟絲子會寄生在多種植物上，但並非所有植物都會被寄生，例如在校園的多種植物中，我們發現平原菟絲子偏愛大花咸豐草和槭葉牽牛；而在校園外的公園，我們也發現圍籬植物如黃金露花及七里香等皆被平原菟絲子寄生，我們推想這些矮小灌木植物易被寄生，應是體內儲存的養分較多的關係；而其他較高大的喬木植物，則因樹幹的木栓層很硬且厚，並無發現平原菟絲子寄生；而莖較細小的植物，例如雷公根、藍耳草等也可能因養分較為不足，而沒有平原菟絲子寄生。

另外，平原菟絲子寄生在禾本科植物時是莖葉是一起被旋繞寄生（圖 43），與其他被寄生的植物種類明顯不同，一直到被寄生的植物死亡後，平原菟絲子會因無養分來源而接續死亡。因此對於生物防治法而言，在中國及印度地區曾有效運用平原菟絲子來抑制外來種小花蔓澤蘭的生長（羅筠誼，2007），可見若能善用它，它並不是完全沒有益處。我們還觀察到平原菟絲子連自己也不放過，會有自我寄生的現象（圖 44），和其他研究者的觀察（馬瑪宣，2010）結果相同。

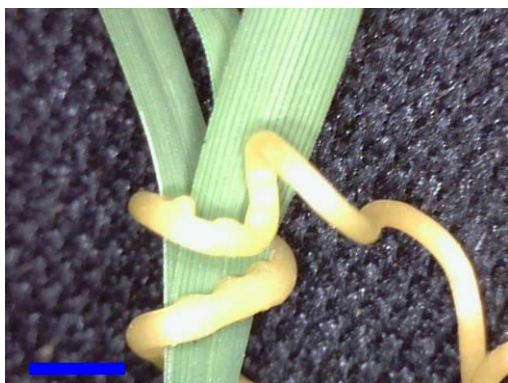


圖 43：禾本科植物的莖葉一起被旋繞寄生
(1mm)

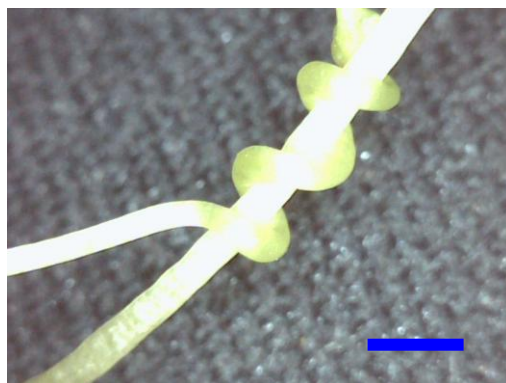


圖 44：平原菟絲子有自我寄生的現象

(二) 調查平原菟絲子在寄生植株的位置分佈

我們發現平原菟絲子寄生在大花咸豐草的根、莖、花、葉寄生的質量分別為0、3.6、1.0、0.4公克，此數據與營養源有密切配合關係，因為對寄生為生的平原菟絲子，寄主植物的莖具有運輸水分及養分的功能，從莖獲取能量是最有效率的。



圖 45：平原菟絲子從寄主莖獲取能量是最有效率的。

在進行寄生植物調查時，黃鵪菜的葉柄上有許多平原菟絲子寄生，但花柄上卻無任何平原菟絲子寄生，是否是因為有特殊化學物質使平原菟絲子無法寄生在花柄上，或是因為直接從葉柄吸取養分較快速，而花柄只是供應養分給花，並不像葉子能進行光合作用製造養分，值得我們繼續深入研究。而根因位於地面下無光源，所以並無發現平原菟絲子寄生。

(三) 觀察記錄平原菟絲子的生活史

我們觀察平原菟絲子的生活史從種子開始發芽生長到果實成熟約需四個月（110天），但其他研究者的觀察記錄為三個月（馬瑪宣，2010）。我們推測可能和實驗的季節不同而有關。平原菟絲子能以斷枝繁殖，時間較種子繁殖短，僅需三個月（85天）即可完成一個世代。若以一年來看，用種子繁殖會有三次果熟期，而用斷莖繁殖則會有四次果熟期。我們希望可以藉由了解平原菟絲子於何時萌芽、開花、結果等時間，來抑制平原菟絲子的蔓延，以免危害其他物種的生存。

二、人為操作實驗

(一) 調查平原菟絲子果實內種子數目

調查平原菟絲子果實內種子數目，以2顆種子佔大多數，為全部果實中的72%，而1顆種子則佔有22%，3顆種子佔有6%。

(二) 研究平原菟絲子種子在純水環境中的生長極限

在秋天溫度約 25°C 時，發現種子多在生長到 5~7 公分時枯萎或萎縮，發芽極限在 5~7 公分之間，而最長極限達 7.2 公分。種子萌發在冬天溫度約 15°C 時發芽約需 5 天，而在春天氣溫約 25°C 時發芽僅需 3 天。從種子萌芽後若無寄主將開始枯萎，生命只能支撐一個禮拜多（馬瑪瑄，2010），與我們觀察的結果一致。

(三) 研究平原菟絲子種子在酸及鹼的環境中的萌芽情形

平原菟絲子的種子在 0.01M 的小蘇打水（pH=8）的環境中，發芽率為 65%，但在 3% 醋酸水溶液（pH=5）的環境下則全不發芽，發芽率為 0%。平原菟絲子的種子在氣溫 25°C，鹼性環境中的發芽極限為 12.0 公分，因此我們認為平原菟絲子的種子，在鹼性環境下發芽率高於酸性環境。

而在相同溫度下，種子萌芽極限的比較中，0.01M 的小蘇打水可以使幼芽長的比純水長 4.8 公分，對於幼莖的攀附能力來說，能長得愈長就能有更多尋找寄主的機會。根據文獻記錄，平原菟絲子很少使用種子萌芽來繁衍下一代，而常用斷莖進行營養器官繁殖（廖國嫻等，2005），我們推測可能因為近年來空氣污染，北部地區酸雨嚴重，使得種子在酸性環境下不易發芽，而平原菟絲子採用適合自己繁殖的策略。

(四) 研究平原菟絲子適宜生長的蔗糖水濃度

為了方便在實驗中種植平原菟絲子，我們決定研究其最喜歡的蔗糖水濃度，而為什麼要使用蔗糖水呢？因為在國中生物課程中，我們知道蚜蟲吻部刺入植物韌皮部中，吸取的汁液是蔗糖水，而並不是比蔗糖分子小的葡萄糖水，所以我們推測菟絲子寄生植物時，刺入植株韌皮部內吸取的不是葡萄糖，而是分子較大的蔗糖，於是我們採用蔗糖水做實驗。

根據我們的實驗結果顯示，平原菟絲子的有芽斷莖，在 2% 蔗糖水的環境中生長最好，四天後平原菟絲子的斷莖生長可達 20.5 公分。若蔗糖水濃度小於 2%，平原菟絲子會生長較為緩慢，之後便逐漸萎縮；若蔗糖水濃度大於 2% 平原菟絲子則會生長到一極限後便逐漸萎縮，推估是因為高滲透壓溶液的關係，才導致平原菟絲子的水分流失，而逐漸萎縮。

(五) 研究平原菟絲子適合生長的營養液濃度

我們實驗觀察平原菟絲子在不同營養液濃度的生長情況，發現平原菟絲子在濃度1250ppm生長較佳，四天後的有芽斷莖可達17.5公分，推測濃度1250ppm為最適合平原菟絲子生長的營養液濃度，而2500ppm和5000ppm可能是因為濃度太高，平原菟絲子的生長情況不如1250ppm好。我們認為對平原菟絲子而言，蔗糖水及礦物質需求來說，明顯蔗糖水比礦物質的補充更重要。

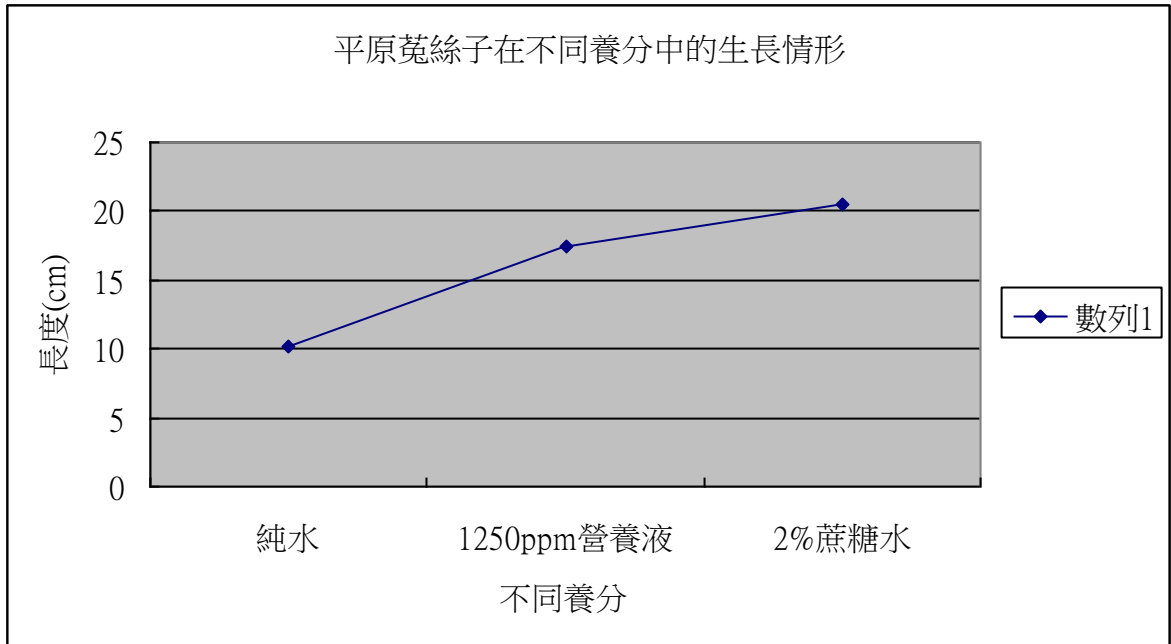


圖 46：平原菟絲子有芽斷莖在不同的養分中的生長情形（4 天）

(六) 研究平原菟絲子對寄生對象的選擇性

我們想實驗看看，平原菟絲子是否對宿主有選擇性。我們使用學校的三盆觀賞植物一天南星科的黃金葛、景天科的長壽花、羅漢松科的竹柏。從我們二次的實驗結果發現，平原菟絲子較偏好景天科的長壽花。但是，根據其他研究者的實驗結果，平原菟絲子「最不偏好於」龍舌蘭科及景天科（馬瑪宣，2010）。但是我們的實驗經過兩次的測試，都與其研究結果不同，我們認為平原菟絲子可能總會在附近植物中，選擇最適合自己生長的宿主。平原菟絲子對其寄生植株具有選擇性，會選擇較適合它生長的植株，但它第一個纏繞的植株不一定是他最適合寄生的，所以會藉由其他植株攀附，一直到它最適合的植株上開花、結果。

(七) 研究平原菟絲子的向性：

1、向觸性：

經實驗結果發現平原菟絲子不攀附在非植物體上生長，但仍具有向觸性，可纏繞於物體上，卻無法繼續生長而乾枯死亡。從其他植物的向觸性，例如葡萄具有變態葉的絲狀捲旋攀附在支架上，使植株能夠爭取陽光，進行光合作用；佛手瓜具有捲旋莖亦能攀附在支架上，且捲旋時，莖的內部會產生具有捲旋的彈性物質，使佛手瓜能夠向上攀附（張容禎等，2007），而我們在研究平原菟絲子的吸器構造時，發現平原菟絲子捲旋的莖內也具有類似的彈性纖維。

2、背地性：

我們用2%蔗糖水來種植平原菟絲子發現，平原菟絲子的莖會沿著牆壁往上爬，認為平原菟絲子的莖有背地性，推估應是配合寄主共演化的結果。

3、向光性：

我們想知道平原菟絲子是否和一般植物一樣具有向光性？根據文獻資料，菟絲子屬均生長於向陽之處，性嗜強光，耐鹽，多生長於陽光充足的海濱沙地（羅筠誼，2007）。我們發現，無論在室外觀察或室內實驗中，平原菟絲子的莖生長時確具有向光性。

根據研究平原菟絲子，具有與光合作用有關的三種基因包括 *rbcL*、*atpB*、*psbA*，這三個基因對光合作用都很重要、不可或缺，但 *psbA*、*atpB* 基因與一般植物比較已有較大的變異，而無法啟動光合作用（王詩瑩等）。另外，平原菟絲子具有相當微量的葉綠素，每公克的植株內含有0.0026毫克葉綠素（馬瑪宣，2010），但是平原菟絲子仍然完全無法靠自己行光合作用，必須藉由寄主獲得養分，所以必需配合寄主的向光性成長，我們推測這是一種演化後的結果。

4、向溼性：

根據實驗結果，平原菟絲子並沒有朝向水或土壤生長的現象，所以我們推測平原菟絲子的莖並不具有向溼性，只會攀附在有植物的地方，環境中的水分不會誘導其生長方向，我們認為這種情形與一般植物的莖也不具有向溼性是相同的。

（八） 調查平原菟絲子在有無光照環境下的節間長度

實驗結果發現，平原菟絲子在黑暗的環境下，莖的節間生長長度較有光照時短且較細，與一般植物莖的頂端產生的生長素於黑暗中不受光線抑制，於是莖在黑暗中時生長速度較快的情形完全不同。

若平原菟絲子在自然環境下生長，我們推測會因為寄主植物在無光照的環境下，無法行光合作用製造養分，造成平原菟絲子沒辦法吸取到足夠的養分，生長情況便不如光照時佳。但是我們實驗時的平原菟絲子已由寄主植物上取下，且均培養在2%蔗糖水溶液中，是否還有其他原因造成此結果，值得更進一步的研究探討。

（九） 研究平原菟絲子的行進方式

我們觀察平原菟絲子的行進方式，原本我們認為平原菟絲子是直接水平騰空攀附植物，但實驗後發現，平原菟絲子遇到障礙時，是先向下尋找空隙穿越，再向上攀附寄主，纏繞後再拉直。我們推測可能是因為直接在半空中尋找寄主缺乏支撐點加上重力的關係，平原菟絲子便選擇先在地面上匍匐生長後再向上纏繞寄主。

（十） 研究平原菟絲子的吸器

我們觀察平原菟絲子的寄生方式，當平原菟絲子尋找寄主時，莖不管是向右或向左碰到寄主，平原菟絲子的莖皆會先貼著寄主的莖，再沿著逆時針方式向上纏繞，接著平原菟絲子莖的表面會慢慢形成膨大的吸器。從我們實驗中發現已捲曲的莖中，含有蛋白質成分似彈簧結構的彈性纖維，可使雙縮脲試劑（Biuret reagent）由藍色轉為紫色，但在

未捲曲的平原菟絲子莖內，則無發現此構造。

根據其他學者研究發現，菟絲子吸器可藉由酵素作用，溶解宿主皮層而侵入莖內。其中果膠甲酯酶（pectin methylesterase, PME），可以分解宿主用來黏合植物細胞組織皮層的果膠（馬瑪宣，2010），造成寄主產生微洞，而從我們實驗測量平原菟絲子寄生在大花咸豐草時，由吸器在莖的皮層產生的這些微洞，橫徑平均值為1.3mm。

我們觀察到並非所有的吸器皆會刺入寄主組織中，有些吸器末端呈現刷狀組織，只是微附在寄主皮層表面，而另有些吸器則刺入寄主皮層，形成的延伸組織會深入寄主的維管束（圖47），從我們實驗測量吸器的延伸組織，長度平均值為1.3mm。

菟絲子的果膠甲酯酶可以把寄主皮層中果膠上的甲基分解，降低果膠間的接合力；同時，分解後含甲基比較少而容易溶解的果膠也會移動，進而在吸器與寄主接合處外緣形成水泥狀膠結物，以強化吸器與寄主的結合（馬瑪宣，2010），這也是我們想將平原菟絲子自寄主身上剝離時，容易將吸器留在寄主組織內的原因。

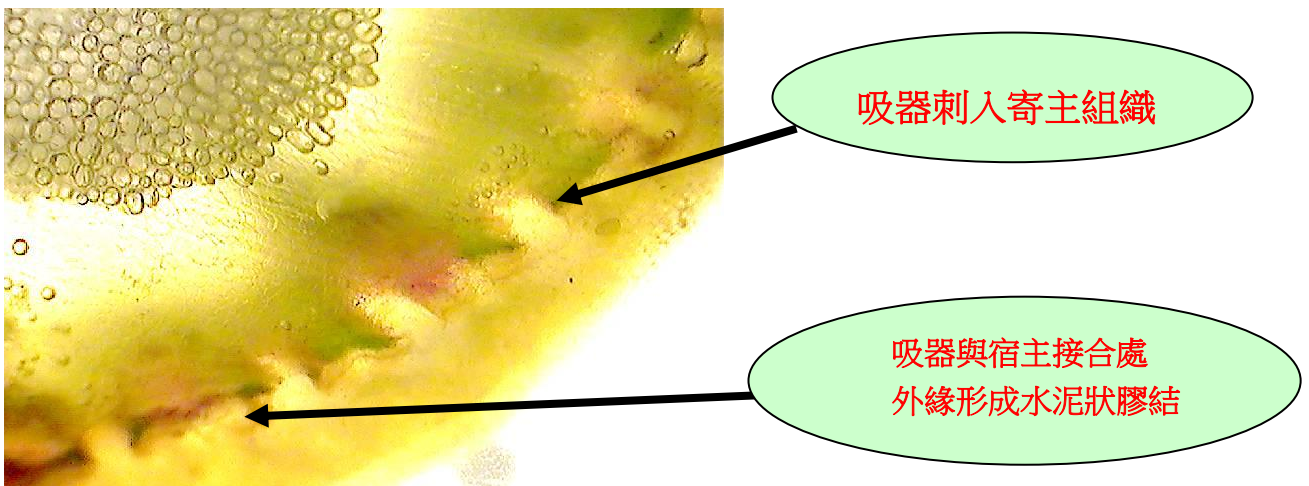


圖47：平原菟絲子的吸器（左上方為大花咸豐草；右下方為平原菟絲子）

從我們橫切剖面圖的觀察及紅墨水測試實驗中，可以證實吸器已達寄主木質部，平原菟絲子藉由吸器延伸的導管組織，與大花咸豐草木質部的導管相連通，可以源源不斷將寄主無機鹽類及水分送入自己的導管中。

(十一) 研究平原菟絲子吸器在不同酸鹼環境中的攀附情形

經由我們的實驗發現，如果改變寄主（長梗滿天星）莖葉表面的酸鹼質，會影響平原菟絲子對寄主攀附時的選擇性。

1. 五天後的平原菟絲子在酸性環境中，僅攀附在 0.3% 的醋酸水溶液（ $\text{pH}=6$ ）區域，其他 0.5%、0.7% 及 1% 的醋酸溶液區域皆無平原菟絲子寄生。我們推論平原菟絲子的莖會趨向偏弱酸性環境生長，但酸性太強（ $\text{pH}<6$ ），又會抑制平原菟絲子莖，不往酸性太強的皮層表面方向生長。
2. 五天後的平原菟絲子在鹼性性環境中，僅攀附在對照組區域（ $\text{pH}=7$ ），其他 0.01M（ $\text{pH}=8$ ）、0.1M 及 1M 的小蘇打溶液區域皆無平原菟絲子寄生。我們推論平原菟絲子的莖會趨向中性環境生長，但鹼性太強（ $\text{pH}>8$ ），又會抑制平原菟絲子莖，不往鹼性太強的皮層表面方向生長。

平原菟絲子吸器末端會分泌果膠甲酯酶，此酵素的活性會受酸鹼性的影響，我們認為在中性偏弱酸的環境下，會使酵素活性增強，使平原菟絲子吸器和寄主的莖緊密結合。

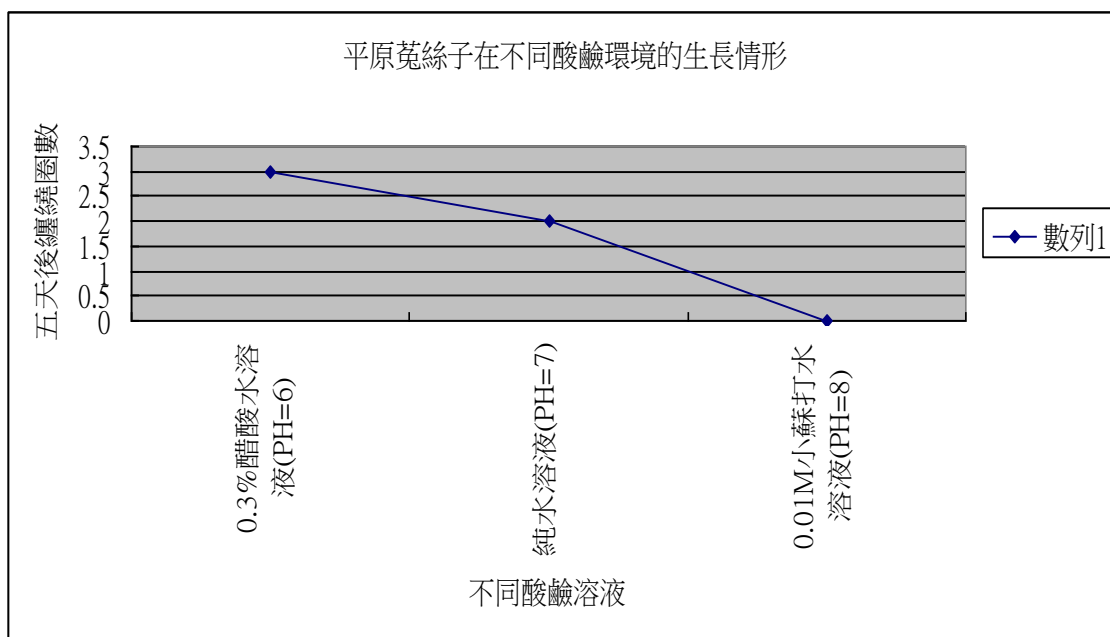


圖48：平原菟絲子吸器在不同酸鹼環境中的攀附情形

柒、結論

一、室外生長觀察實驗

1. 平原菟絲子較喜愛寄生校園內的菊科植物大花咸豐草及旋花科的槭葉牽牛，而莖細小的雷公根，未發現任何平原菟絲子寄生。
2. 平原菟絲子在寄生植株的位置以莖最多，佔全部寄生質量的 72%。
3. 平原菟絲子的生活史很短，以種子繁殖約四個月（110 天），但以斷枝繁殖僅需約三個月（85 天），較種子繁殖時間短。

二、人為操作實驗

1. 平原菟絲子的果實內的種子數目以 2 顆最多，佔全部果實的 72%；1 顆種子佔 22%，3 顆種子佔 6%，3 顆以上則無。
2. 平原菟絲子的種子在以純水種植下的發芽極限約 7.2 公分。
3. 平原菟絲子的種子在鹼性環境（0.01M 小蘇打水）的萌芽率較酸性環境（3%醋酸水溶液）佳。鹼性環境中種子發芽率為 65%，最長發芽長度為 12.0 公分；酸性環境中的種子則完全不發芽。
4. 平原菟絲子 10cm 有芽斷莖最適合生長在 2%濃度的蔗糖水裡，五天後長度可長達 24.0 公分。
5. 平原菟絲子 10cm 有芽斷莖最適合生長於 1250ppm 的營養液中，與 2%濃度的蔗糖水相較下，平原菟絲子有芽斷莖對蔗糖水的需求較高。
6. 平原菟絲子對其寄生植株具有選擇性。
7. 平原菟絲子的莖具有向觸性、背地性、向光性，但無向溼性：
 - （1）向觸性：平原菟絲子不攀附在非植物體上生長，但仍具有向觸性，可纏繞於物體上，卻無法繼續生長而乾枯死亡。
 - （2）背地性：平原菟絲子具有背地性會以逆時針方向，向上旋繞寄主或自我寄生。
 - （3）向光性：實驗後發現平原菟絲子具有向光性，會朝光源方向生長，在黑暗中，莖由黃逐漸轉白，且節間長度較光照時短且細。
 - （4）向溼性：莖並不具有向溼性，只會攀附在有植物的地方，環境中的水分不會誘導其生長方向。
8. 平原菟絲子在有光環境下的節間長度，較黑暗環境下的節間長度長，與一般植物不同。
9. 平原菟絲子直接水平騰空攀附植物較無支撐力，遇到障礙時，會向下穿過後，再向上攀附植物。
10. 平原菟絲子捲曲莖的內部有似彈簧的構造，含有蛋白質成分的彈性纖維，未捲曲處則無此構造。平原菟絲子的吸器中，有些會長出延伸組織刺入寄主的木質部內，吸收寄生植物的水分及無機鹽類；有些則不會延伸特殊組織，僅貼附在寄主皮層表面。
11. 改變寄主莖葉表面的酸鹼質，會影響平原菟絲子對寄主攀附時的選擇。

捌、應用價值

1. 記錄平原菟絲子的生活史，讓同學了解平原菟絲子的強大繁殖力，警惕大眾應抑制平原菟絲子擴散。
2. 可於平原菟絲子的種子尚未發芽時，浸置於酸性溶液中，使它發芽的機率降低。
3. 莖內含有彈性纖維的平原菟絲子，才能運用吸器吸取寄主養分，若能破壞捲曲的彈性纖維基因，讓平原菟絲子的莖只會直線生長，就無法捲曲纏繞寄主以吸取養分。
4. 利用小蘇打水溶液抑制果膠甲酯酶的活性，使平原菟絲子的吸器不易攀附寄主吸取養分。
5. 因平原菟絲子莖的攀附情形在酸性環境中比在鹼性環境中還要明顯，根據此結果，如果一地酸雨情形嚴重，可能導致平原菟絲子大量繁殖。

玖、參考資料及其他

1. 王詩瑩、吳佳穎（無日期）。臺灣產菟絲子屬質體 DNA 之研究。中央研究院高中生命科學研究人才培育計畫專題研究報告。
2. 馬瑪宣（2010）。菟絲附女蘿—談菟絲子的致命吸引力。99 康熹生物報報。9：1-8
3. 馬瑪宣、林昌恩、林郁翔、黃潛龍、蘇聖維（2010）。植物吸血鬼的牙齒—日本菟絲子與平原菟絲子吸器形態與功能之比較。科學教育月刊。第 327 期
4. 張容禎、林巧文、黃薇捷、方雯儀（2007）。無所不捲。中華民國第四十七屆中小學科學展覽會。
5. 黃大慶、姚劍（2005）。外來入侵物種-菟絲子的研究。中學生物學。21（2）：7-9
6. 楊國楨（2005）。外來植物大車拼（六）嚴重示警！超級植物殺手—菟絲子入侵台灣，綠色世界陷危機。生態台灣季刊。6：28-29
7. 廖國嫻、郭長生（1997）。菟絲子屬分類形態、寄生行為與生態等研究綜評。中華民國雜草學會會刊。18（2）：111-118
8. 廖國嫻、陳明義、郭長生（2005）。菟絲子屬在台灣及金馬地區的分布及寄主範圍—特別關注於台灣菟絲子寄主的喜好性。生物學報。40（1）：17-24
9. 羅筠誼。天使與惡魔--台灣的菟絲子。2007 年。取自：
<http://www.shs.edu.tw/works/essay/2007/10/2007102217221596.pdf>

◎校園中平原菟絲子的種類鑑定：平原菟絲子（*C. campestris* Yuncker）

【平原菟絲子特徵】

1. 花冠短鐘形、花冠裂片常反折呈廣三角形且頂端尖
2. 花萼裂片卵形到廣卵形
3. 鱗片大呈流蘇狀
4. 蒴果顯露不被花冠隱藏
5. 呈球形但充分成熟時頂端扁平
6. 花柱間隙凹陷；果熟時不規則開裂
7. 種子平滑且種臍平或輕微突起

【評語】 030312

植物習性及生態的研究是一項需要耐心及專注力的工作，本作品係針對平原菟絲子的成長習性進行的觀察，而發現平原菟絲子具有背地、向光、向觸性，但卻不喜潮濕皆是一般可了解寄生植物的通性，而實驗中發現 2% 蔗糖可供給平原菟絲子萌芽良好的環境，亦使我們能了解適量碳水化合物的供給對其萌芽是有幫助的，相對的如能引用到發展出無害環境的抑制其萌芽成長的方法，可能會增加作品的深度，引起關注的作品是要具創意亦有貢獻的作品。