

中華民國第四十四屆中小學科學展覽會

作者說明書

高中組生物(生命科學)科

040706

國立臺中女子高級中學

指導老師姓名

呂億真

作者姓名

張育齡

陳詩佳

中華民國第四十四屆中小學科學展覽會 作品說明書

科別：生物組

組別：高中組

作品名稱：貼近與貼近之間—菟絲子生長解密

關鍵詞：菟絲子、光合作用、寄生植物

編號：

目錄

壹、摘要.....	1.
貳、研究動機.....	2.
參、研究目的.....	3.
肆、研究設備及器材.....	4.
伍、研究過程與方法.....	5.
陸、研究結果.....	10.
柒、討論.....	19.
捌、結論.....	21.
玖、未來展望.....	22.
拾、參考資料.....	22.

貼近與貼近之間—菟絲子生長解密

壹、摘要

本研究欲探討菟絲子是否有寄生之外的營養來源。我們藉由切斷其寄生來源，形成菟絲子斷莖，進而探討不同條件下的生長情形：

在適當光照與水分下，菟絲子斷莖可延長莖枝並獨立存活約一個月，種於礦物質土壤中顏色由淡黃轉為青綠，種於 0.05% 花寶五號培養基中分枝變多，0.1% 組莖枝延長加快，可見菟絲子斷莖不需經過寄主可直接吸收水及無機鹽。

此外，菟絲子斷莖在光照下存活率較高，使我們進而探討其是否行光合作用：經萃取野地菟絲子發現其含有少量葉綠素；連續光照可促使菟絲子斷莖葉綠素含量增加；同時我們也收集到菟絲子光合作用產生的氣體；最後以 PCR 與電泳分析，找到光合作用必備酵素 rubisco 的基因 rbcS。以上均顯示菟絲子可在無寄主情況下行光合作用。

貳、研究動機

高一基礎生物的課程對於生物間的互動，以菟絲子作為寄生的例子之一；對當時老師所言，菟絲子能夠自行偏向寄主，引起我們的興趣。稍後我們在台中市五順街一處廢田發現了大片菟絲子，觀察到其對木本和草本植物均有寄生，且伴隨有自我寄生現象。於是我們針對菟絲子寄生及營養來源情形進行資料蒐集。

國內學者吳文希(資料 1.)描述菟絲子為一絕對寄生植物，其本身無法行光合作用，也沒有根得以吸收水分和無機養分。但據我們觀察，菟絲子可以在無寄主的情況下生存一段時間，因此設計實驗探討無寄主條件下菟絲子的生長情形。

上述實驗結果發現，光照下獨立生長的菟絲子斷莖顏色由淺轉綠，存活率也較黑暗組大幅提高。據此我們推測菟絲子斷莖可以如其他植物般，合成葉綠素、行光合作用。於是我們檢測菟絲子是否含有葉綠素、是否能產生光合作用釋出的氣體、及菟絲子 DNA 中是否有啟動暗反應的 rubisco 酵素等，以證明這個假設。

針對以上各點，我們著手進行以下實驗。



照片：攀附綿延至樹上的菟絲子

參、研究目的

一. 探討菟絲子斷莖在無寄主條件下的獨立生長

- (一) 探討菟絲子斷莖在清水中的獨立生長情形
- (二) 比較菟絲子斷莖在含有礦物質的土壤和在清水中的獨立生長情形
- (三) 比較菟絲子斷莖在不同濃度的花寶五號培養基中的獨立生長情形

二. 探討菟絲子斷莖是否可行光合作用

- (一) 比較菟絲子斷莖在光照與黑暗中的獨立生長情形
- (二) 萃取菟絲子的葉綠素
- (三) 光對於菟絲子葉綠素含量的影響
- (四) 以排水集氣法檢驗是否有光合作用釋出的氣體產生
- (五) 測定菟絲子 DNA 中 rubisco 基因(rbcS)的有無



照片：台中市五順街廢田中的菟絲子

肆、研究設備及器材

一.實驗材料：

- 1.菟絲子(*Cuscuta* 屬)
採集地：台中市五順街
寄主：大花咸豐草(*Bidens pilosa*)
- 2.南美蟛蜞菊(*Wedelia trilobata*)
- 3.水蘊草(*Lagrosiphon mayor*)

二.器皿：

- 1.燒杯
- 2.試管
- 3.試管架
- 4.研鉢
- 5.濾紙
- 6.錐形瓶
- 7.漏斗
- 8.量筒
- 9.滴管
10. 30mL 的 Oak Ridge tube
11. eppendorff(1.5ml, 2ml)
12. 混合土(一般土：培養土=3：1)

三.儀器：

- 1.恆溫生長箱
(Growth Chamber 747F)
- 2.雙光束紫外線光譜分析儀
(spectrophotometer Hitachi U-2000)
- 3.離心機
(Hitachi 18PR-52, Hitachi CF-15R)
- 4.水浴器(KSWB 211, Zeta Zc_480)
- 5.電泳槽
6. GeneAmp PCR System 2400
(PERKIN ELMER)
7. UvidocGel Documentation System

四.藥品：

- 1.液態氮
2. 80%丙酮
3. TNE buffer(1M Tris-HCl, pH8.0, 5ml ;
0.5M Na₂EDTA, pH8.0, 5ml ; NaCl, 1.46g ;
10mM β-mercaptoethanol, 39.5μl)
4. dH₂O
5. ddH₂O
6. 20% SDS
7. 5M KOAc (KOAc 24.54g 溶於 30ml 的水
中，再加水至 50ml，滅菌後冷卻使用)
8. isopropanol
9. 75%酒精
10. 10mg/ml RNase
11. phenol-chloroform-isoamyl alcohol
(25 : 24 : 1 v/v/v)
12. chloroform-isoamyl alcohol (24 : 1 v/v)
13. 3M NaOAc, pH5.2
14. TE buffer (10mM Tris-HCl, 1mM
EDTA, pH8.0, 滅菌冷卻後備用)
15. 洋菜膠體電泳
(agarose gel electrophoresis)
16. TAE buffer(0.04M Tris-HCl, 0.04M
Acetate, 1mM EDTA)
17. 阿拉伯芥(*Arabidopsis thaliana*)DNA
18. NaHCO₃

伍、研究過程及方法

一. 探討菟絲子斷莖在無寄主條件下的獨立生長

(一) 探討菟絲子斷莖在清水中的獨立生長情形

實驗步驟：

- 1.取長約 20cm 的菟絲子斷莖 6 支(含莖頂)，一同插在裝有清水的試管中。
- 2.放入 25°C 生長箱中。
- 3.定期澆水、觀察並紀錄。

(二) 比較菟絲子斷莖在含有礦物質的土壤和在清水中的獨立生長情形

實驗步驟：

- 1.將混合土倒入盆內鋪平。
- 2.取長約 10cm 的菟絲子斷莖 10 支(含莖頂)，插入土中。
- 3.另取 10 支長約 10cm 的菟絲子嫩莖，插入清水中作為對照組。
- 4.將盆子與試管一同放入 25°C 生長箱中。
- 5.定期澆水、觀察並紀錄。

(三) 比較菟絲子斷莖在不同濃度的花寶五號培養基中的獨立生長情形

實驗步驟：

- 1.依下表配製洋菜粉、花寶五號、蒸餾水，加熱混合均勻，將溶液分裝入 10 支試管中。

組別 \ 成分	洋菜粉(g)	花寶五號(g)	蒸餾水(ml)
對照組(0%)	8	0	500
0.05%	8	0.25	500
0.1%	8	0.5	500
0.2%	8	1	500

- 2.取長約 20cm 長的菟絲子斷莖 40 支，小心插入以上四組試管中。
- 3.將試管置於 24hr 光照下。
- 4.定期澆水、觀察並紀錄

二. 探討菟絲子斷莖是否可行光合作用

(一) 比較菟絲子斷莖在光照與黑暗中的獨立生長情形

實驗步驟：

1. 取長約 20cm 的菟絲子斷莖 20 支，分別插入裝有混合土的試管中。
2. 每八支試管置於一試管架上，分為光照組、黑暗組。
3. 將兩組分別置入 25°C 恆溫箱中，光照組給予 24hr 光照。
4. 定期澆水、觀察並紀錄。

(二) 萃取菟絲子的葉綠素

實驗步驟：

1. 摘取野地菟絲子莖枝上端稱重(W)，於研鉢中加入少量丙酮(80%)磨成漿狀。
2. 將上述液體以濾紙過濾後倒入小試管，以丙酮(80%)稀釋至 5ml。
3. 取 1ml 之濾液置入雙光束紫外線比色儀(spectrophotometer U-2000)中，測量波長 440.5nm, 645nm, 652nm, 663nm, 730nm 之 O.D. 值。
4. 每 1g 菟絲子中葉綠素含量，可以下列公式求出:
(1) 葉綠素 a(mg)=[12.7(D663)-2.69(D645)] ×5/(1000×W)
(2) 葉綠素 b(mg)=[22.9(D645)-4.68(D663)] ×5/(1000×W)
(3) 葉綠素總量 C(a+b) (mg)=[20.2(D645)+8.02(D663)] ×5/(1000×W)
(4) 類胡蘿蔔素總量 Cc(mg)=4.695(D440.5)-0.268C(a+b)

【註】 D λ ：葉綠素抽取液在 λ 波長的吸光度

λ ：波長 (nm)

W：野地菟絲子之莖枝上端重量

C(a+b)：葉綠素 (a+b) 的總含量

Cc：類胡蘿蔔素總量

(三) 光對於菟絲子葉綠素含量的影響

實驗步驟：

- 1.取長約 20cm 的菟絲子斷莖 30 支，分為對照、黑暗、光照三組。同實驗(二)測定對照組葉綠素。
- 2.同實驗(一)培養黑暗與光照組。
- 3.七天後，同實驗(二)的方法測定黑暗及光照組的葉綠素。

(四) 以排水集氣法檢驗是否有光合作用釋出的氣體產生

實驗步驟：

- 1.取等量菟絲子斷莖、水蘊草，分別置入裝滿水的兩試管中。
- 2.將兩管倒插入一燒杯中，務必使試管內沒有任何氣泡。
- 3.在燒杯中到入少許 NaHCO_3 。
- 4.將燒杯分為兩組：光照組以強光照射，黑暗組置於黑暗中。
- 5.觀察氣泡生成的情形。

(五) 測定菟絲子 DNA 中 rubisco 基因(rbcS)的有無

實驗步驟：

1. DNA 萃取：

- (1) 秤菟絲子 1g 置於研鉢內，研鉢先用液態氮預冷。先配好 extraction buffer(TNE buffer : 1M Tris-HCl , pH8.0 , 5ml ; 0.5M Na₂EDTA , pH8.0 , 5ml ; NaCl , 1.46g ; 10mM β -mercaptoethanol , 39.5 μ l , 取用時須在抽風櫃 , 使用前才加入 ; 加 dH₂O 至 50ml) 。
- (2) 加入適量液態氮 , 將組織研磨成細粉。
- (3) 在組織將水化時加入 TNE buffer 15ml , 20%SDS 1ml 於研鉢中 , 並研磨至有小泡泡為止。
- (4) 將粗萃取液倒入體積 30ml 之 Oak Ridge tube 中 , 置於 65°C 水浴器(KSWB211)中 10 分鐘(不可超過時間) , 並不時均勻搖晃。
- (5) 加入 5M KOAc 5ml (KOAc 24.54g 溶於 30ml 的水中 , 再加水至 50ml , 滅菌後冷卻使用) , 溫和的充分混合 , 插入碎冰中 20 分鐘。
- (6) 以 4°C , 15,000 rpm 離心 20 分鐘 , 以八層紗布過濾 , 濾液裝在新的 Oak Ridge tube 中。
- (7) 加入 10ml 預冷的 isopropanol , 溫和搖晃均勻 , 放在 -20°C 20 分鐘後 , 以 4°C , 15,000rpm 離心 30 分鐘。
- (8) 用 1ml 現配的 75%酒精清洗 , 將 pellet 放置 1.5ml eppendorff , 以 14,000rpm 離心 2 分鐘。重複一次。將殘留酒精吸乾 , 吹乾酒精。
- (9) 以 400 μ l 的無菌水溶解 DNA(以溶完全部 DNA 為準 , 若不能則再加 200 μ l) , 加入 10mg/ml RNase 1 μ l , 放置於 37°C 30 分鐘。
- (10) 加入等體積(400 μ l)的 phenol-chloroform-isoamyl alcohol (25 : 24 : 1 v/v/v) , 溫和混合搖晃至上層液成乳狀混濁。以 14,000rpm 離心 10 分鐘。
- (11) 將含有 DNA 之上清液小心吸出至另一新的 1.5ml eppendorff 中 , 小心不要吸取到中間層的雜質。
- (12) 加入 chloroform-isoamyl alcohol (24 : 1 v/v) , 溫和搖晃均勻 1 分鐘 , 以 14,000rpm 離心 10 分鐘。
- (13) 小心吸出上清液至另一新的 2ml eppendorff 中 , 加入 3M NaOAc 40 μ l (1/10 的體積) , pH5.2 , 輕柔搖晃均勻。
- (14) 加入 -20°C 純酒精 1ml , 輕柔搖晃至溶液均勻 , 放入 -20°C 20 分鐘。以 14,000rpm 離心 5 分鐘。
- (15) 倒掉上清液 , 以現配的 75%酒精 1ml 清洗沉澱物 , 二次 , 吸乾酒精 , 真空乾燥 3 分鐘 , 加入 400 μ l 0.1 \times TE (1 \times TE : 10mM Tris-HCl , 1mM EDTA , pH8.0 , 滅菌冷卻後備用) , 待 DNA 全部溶解 , 測 O.D.值及確定 DNA 沒有分解 , 其餘 DNA 保存在 -20°C 。

2. 聚合酶連鎖反應(PCR)：

- (1) 引子：HB/rbcs1：5'GGTGCCGCCGGGATGGTG 3'
MB/rbcs2：3'AGAGATGGGGCTGCCGAAG 5'
- (2) 依下表將試劑置於 tube 中。

單位：μl

	純水	E.coli	阿拉伯芥	菟絲子
Template(DNA)	0	1	1	1
10X buffer	0	5	5	5
MgCl ₂	0	3	3	3
dNTP	0	1	1	1
Tag polymerase	0	0.25	0.25	0.25
Primer HB/rbcs1	0	1	1	1
Primer MB/rbcs2	0	1	1	1
ddH ₂ O	50	37.75	37.75	37.75
Total	50	50	50	50

其中，ddH₂O 要先加入，而 Tag polymerase 必須最後加入。

- (3) 將上述四管，放入 GeneAmp PCR System 2400 中，溫度設定為：
94°C 5 分鐘
94°C 30 秒，50°C 30 秒，72°C 30 秒。重複此步驟 40 次
72°C 7 分鐘，最後降回 4°C

3. 電泳：

- (1) 製作 1% Agarose gel 電泳膠體。
- (2) 將 gel 置入電泳槽中，加入 TAE buffer。
- (3) 加入 5μl 染劑於上述四管中，溫和搖晃均勻。
- (4) 從四管分別取 15μl 注入 gel 中。
- (5) 另取 5μl Marker 注入 gel 中。
- (6) 通電 20~30 分鐘。
- (7) 將 gel 染色 10 分鐘，退染 15 分鐘。
- (8) 以 UvidocGel Documentation Sysetm 照相並比對結果。

陸、實驗結果

一.探討菟絲子斷莖的獨立生長

(一) 探討菟絲子斷莖在清水中的獨立生長情形

表 1-1 菟絲子在清水中的獨立生長情形 (溫度 25°C)

天數	莖顏色變化	生長紀錄
第 5 天	逐漸轉為綠色	莖枝延長。開始出現自我寄生現象。
第 10 天	持續轉綠	莖枝持續延長。自我寄生現象盛。纏繞加劇。
第 20 天	停止轉綠	延長速度稍緩。莖開始下垂。
第 32 天	綠色稍褪，下垂處轉褐	莖枝下垂。
第 35 天	斷口處變黑	下垂莖枝折斷。浸水處出現臭味。
第 38 天	變黑部分增多	莖枝不再延長。浸水處出現惡臭。實驗結束。

由此我們發現，在溫度 25°C、水分光照充足，在無寄主的條件下，菟絲子斷莖莖枝可延長，行自我寄生，且獨立生長一個月以上。



照片 1-1 實驗第 5 天的自我寄生現象

(二) 比較菟絲子斷莖在含有礦物質的土壤和在清水中的獨立生長情形

表 1-2 菟絲子在含有礦物質和在清水中的土壤的獨立生長情形

天數	組別	顏色變化	生長紀錄
第 5 天	對照組	綠色	莖朝光生長。
	實驗組	莖頂呈青綠色	莖延長且有變粗的跡象。
第 10 天	對照組	淡綠	莖持續朝光生長。植株飽水光滑。
	實驗組	莖頂保持青綠色	莖持續朝光生長。植株較乾。
第 30 天	對照組	下垂莖枝發黑	組織含水量高，但不繼續延長。
	實驗組	莖頂保持青綠色	莖不再延長。

* 對照組：清水

實驗組：含礦物質土壤

1. 土壤中的菟絲子斷莖顏色比清水中的較綠、較粗。
2. 當莖枝不再延長時，土壤中的菟絲子斷莖仍保持綠色。
3. 清水中的菟絲子斷莖組織含水量較高。



照片 1-2 實驗 10 天後菟絲子莖顏色比較
(左：清水組；右：土壤組)

(三) 比較菟絲子斷莖在不同濃度的花寶五號培養基中的獨立生長情形

表 1-3 菟絲子在不同濃度的花寶五號培養基中的獨立生長情形

花寶五號 濃度(%)	第 15 天 死亡個數	莖顏 色	平均伸長 長度(cm)	平均每根新生 側莖個數	生長紀錄
0 對照組	2	淺綠	4.5 ± 0.78	0.4	正常生長。
0.05	2	淺綠	5.21 ± 0.56	1.5	主莖變細。
0.1	1	綠	8.22 ± 0.86	0.3	主、側莖皆變粗。
0.2	10	淺綠	2.37 ± 0.37	0.1	主莖變細，最後嚴重脫水而死。

由上表可知：0.2%的花寶五號會使莖枝脫水而死，0.1%的花寶五號會使莖枝變粗，0.05%的花寶五號會使菟絲子長側芽。



照片 1-3 實驗 15 天後 0.05%組長側芽的情形

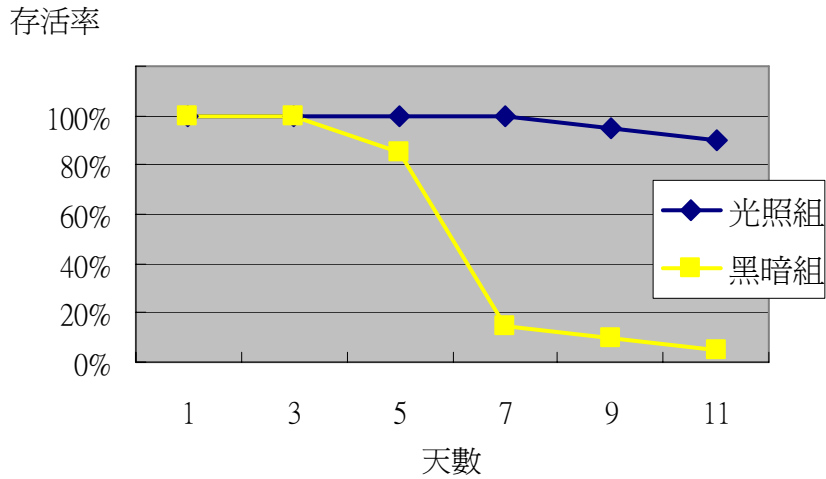
二.探討菟絲子斷莖是否可行光合作用

(一) 比較菟絲子斷莖在光照與黑暗中的獨立生長情形

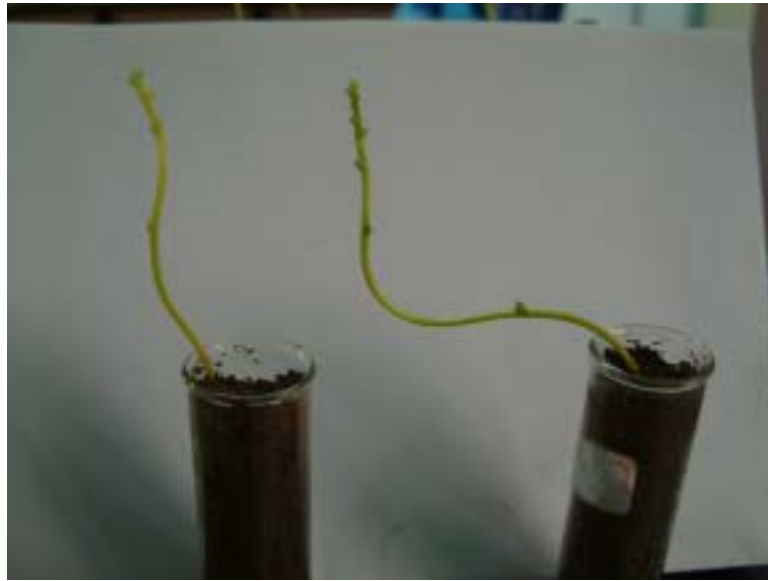
表 2-1 光照與黑暗中菟絲子的存活率(%)

時間 組別	一天後	三天後	五天後	七天後	九天後	十一天後
光照組	100	100	100	100	95	90
黑暗組	100	100	85	15	10	5

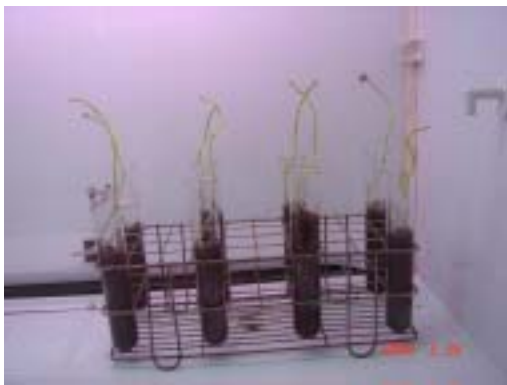
圖2-1 光照/黑暗中 菟絲子的存活率



- (1) 黑暗組：表皮顏色蒼白，數天後即死亡。
- (2) 光照組：莖枝頂端保持綠色，植株表面光滑有光澤。莖枝持續朝光生長。



照片 2-1 光照組與黑暗組菟絲子莖顏色比較(左：黑暗組；右：光照組)



照片 2-2 三天後光照組



照片 2-3 三天後黑暗組



照片 2-4 十一天後光照組



照片 2-5 十一天後黑暗組

(二) 萃取菟絲子的葉綠素

表 2-1 菟絲子斷莖/菠菜中 色素吸收不同波長之 O.D 值

植物 \ 波長(nm) O.D 值	440.5	645	652	663	730
菟絲子	0.034	0.241	0.144	0.107	0.346
菠菜	0.035	1.693	1.631	1.416	0.406

表 2-2 菟絲子/菠菜 各色素含量(mg)

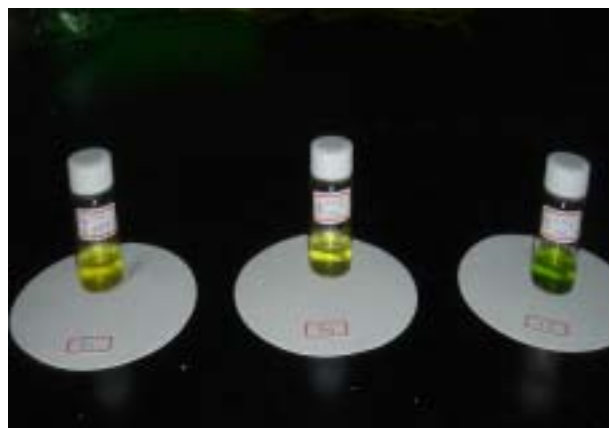
植物 \ 色素 含量(mg)	葉綠素 a	葉綠素 b	葉綠素總量	類胡蘿蔔素總量
菟絲子	0.004 ± 0.002	0.025 ± 0.002	0.029 ± 0.003	0.021 ± 0.004
菠菜	0.134 ± 0.014	0.321 ± 0.050	0.455 ± 0.065	0.473 ± 0.069

由上表可知，菟絲子的確含有葉綠素，但含量相較於菠菜明顯稀少。

(三) 光對於菟絲子葉綠素含量的影響



照片 2-1 稱重後之菟絲子
(左：光照組；右：黑暗組)



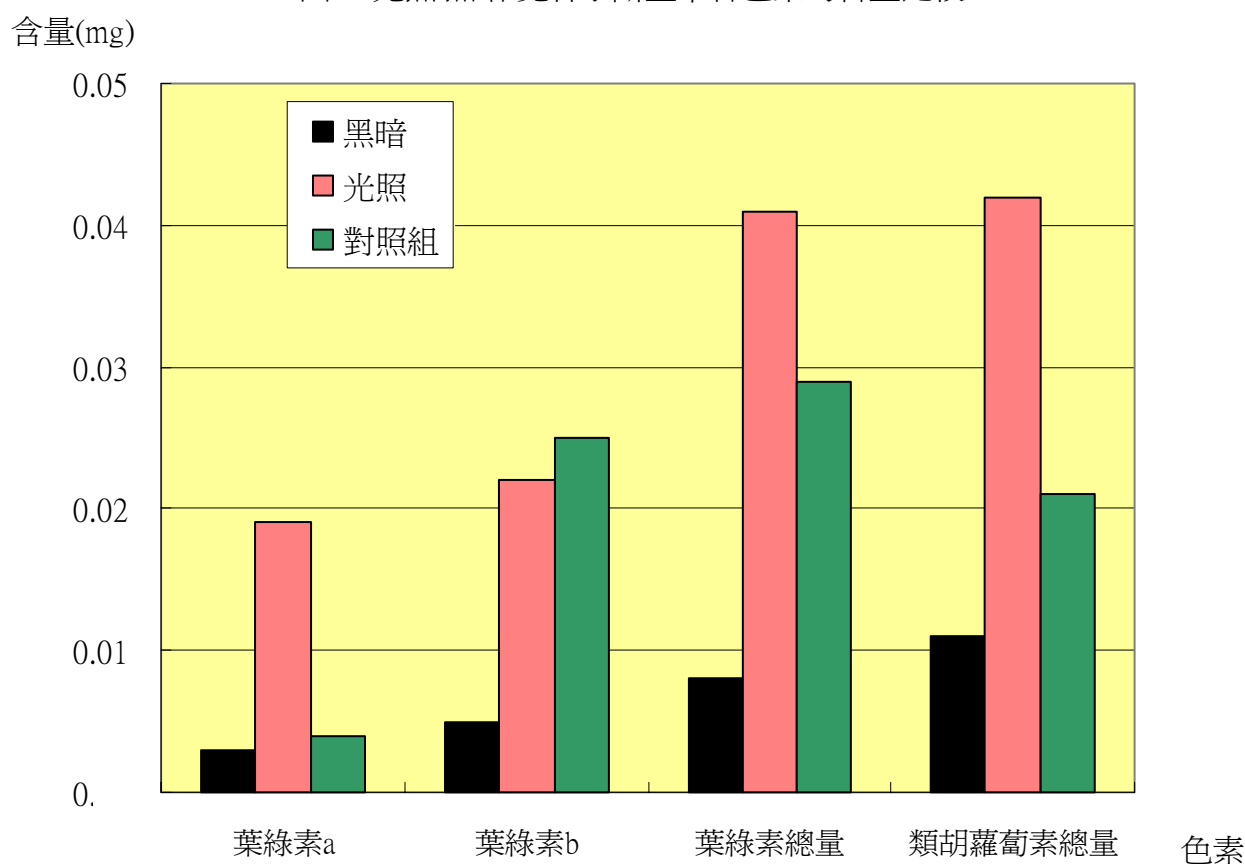
照片 2-2 以丙酮萃取出之萃取液
(左：對照組；中：黑暗組；右：光照組)

表 2-3 黑暗/光照中 菟絲子斷莖中各色素含量(mg)

色素 照光情形	葉綠素 a	葉綠素 b	葉綠素總量	類胡蘿蔔素總量
黑暗	0.003 ± 0.000	0.005 ± 0.001	0.010 ± 0.001	0.011 ± 0.001
光照	0.019 ± 0.006	0.022 ± 0.004	0.040 ± 0.001	0.042 ± 0.011
對照組	0.004 ± 0.002	0.025 ± 0.002	0.029 ± 0.003	0.021 ± 0.004

* 對照組為野地新採菟絲子

圖2-1光照/黑暗 菟絲子斷莖中各色素的含量比較



由上圖可知，光照組的葉綠素 a 及類胡蘿蔔素含量明顯比對照組高。而黑暗組的葉綠素 a、b 及類胡蘿蔔素含量皆較其他兩組稀少。

(四) 以排水集氣法檢驗是否有光合作用釋出的氣體產生



照片 2-3 光照組 40 分鐘後氣體的生成，左：水蘊草，右：菟絲子

表 2-4 菟絲子與水蘊草在光照與黑暗中的氣體生成

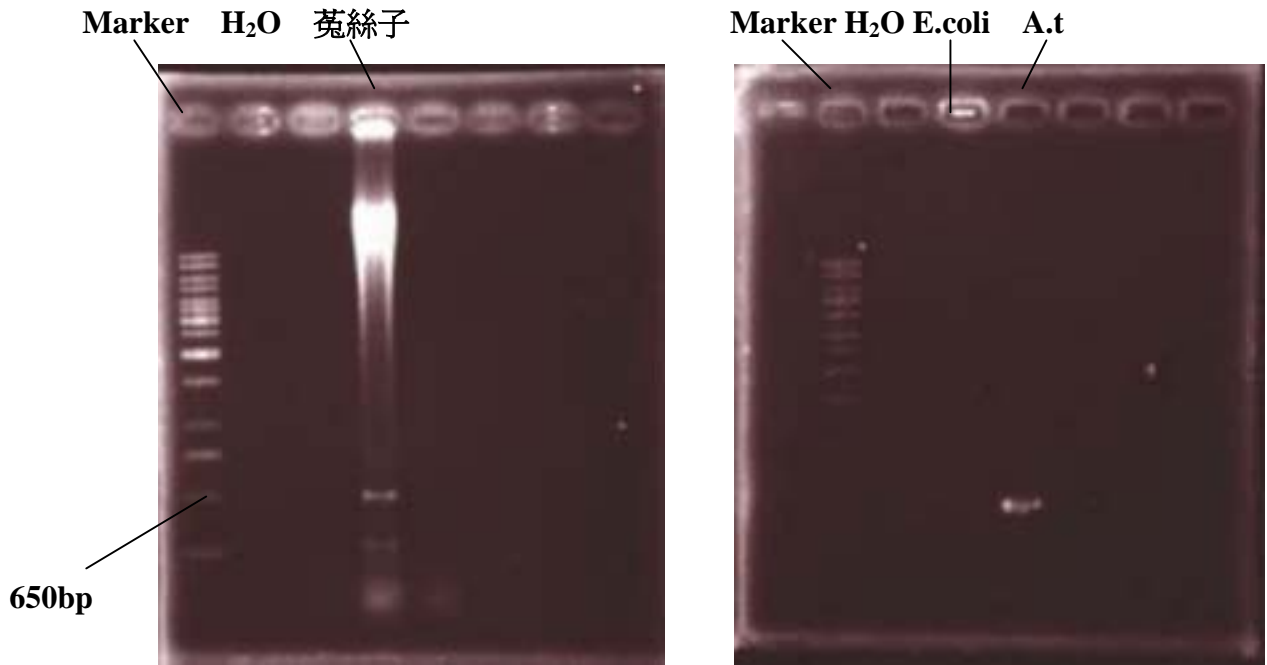
	光照組	黑暗組
水蘊草	○	○極少
菟絲子	○	×

(○：有，×：沒有)

- 1.光照組：菟絲子和水蘊草均產生氣泡，其中水蘊草的氣泡又多於菟絲子的氣泡。
(如照片 2-3)
- 2.黑暗組：水蘊草產生相當少量的氣泡，而菟絲子則幾近於沒有。

由此可知，光照中的菟絲子會行光合作用，放出氣體。

(五) 測定菟絲子 DNA 中 *rbcS*(核酮糖酶基因)的有無



電泳圖

本實驗以 HB/*rbcS*1 與 MB/*rbcS*2 夾取菟絲子的 *rbcS* 基因，由 PCR 放大後經電泳分析，在 650bp 大小處菟絲子及阿拉伯芥出現條帶，而 *E.coli* 沒有。由於目標基因 *rbcS* 之 DNA 序列大小即約 650bp，證明菟絲子具有 *rbcS* 基因。

柒、討論

一. 探討菟絲子斷莖在無寄主條件下的獨立生長

由實驗(一)的結果可知，在 25°C，水分、光照皆充足，且週遭沒有其他寄主存在的條件下，菟絲子莖枝可延長，行自我寄生，並獨立生長長達一個月的時間。這似乎與一般所知菟絲子為完全寄生植物不同。此莖枝延長的現象，可解釋為植物體中，同化作用大於異化作用的表現，顯示菟絲子必存在某種自行產能的能力。

實驗(二)種植於土壤中的菟絲子斷莖顏色明顯轉為艷綠色，再加上實驗(一)莖枝延長的結果，我們推測：菟絲子能自行合成葉綠素，並行光合作用。

另外，比較土壤中與清水中菟絲子斷莖的生長情形，土中的菟絲子莖枝較綠、較粗，且莖枝停止生長後，莖頂仍能保持綠色。由此我們推測，菟絲子能由環境中吸收水分及無機鹽類。

實驗(三)中，由花寶五號濃度 0.2%組菟絲子全部脫水而死來看，菟絲子會受外界滲透壓影響，產生脫水現象，可見其水分有除了寄主之外的其他途徑與外界溝通。

由濃度 0.1%組菟絲子莖枝變粗且延長、濃度 0.05%組菟絲子側芽生長較多來看，菟絲子對不同無機鹽濃度會表現出不同的生理現象，可見菟絲子能夠自行吸取無機鹽類。

二. 探討菟絲子斷莖是否可行光合作用

主題一顯示菟絲子斷莖必存在某種自行產能的能力，主題二我們繼續探討此能力是否為光合作用。

實驗(一)中，光照不僅使菟絲子莖頂顏色變綠，莖枝延長加快，也提高了菟絲子斷莖的存活率。於是我們推測菟絲子斷莖的顏色變化是由於光照引發色素合成，使菟絲子行光合作用，提高存活率。

實驗(二)中，我們嘗試以丙酮萃取菟絲子的色素，並由其特定波長的吸光度(O.D 值)計算出葉綠素 a、葉綠素 b、類胡蘿蔔素的含量。結果發現，菟絲子含有光反應所需的色素，顯示其具備行光合作用的能力。

實驗(三)中，我們發現經由 24hr 光照獨立培養的光照組，其葉綠素 a 及類胡蘿蔔素的含量，明顯比對照組高，可見菟絲子具有自行合成這些色素的能力。而光照組葉綠素 b 的含量雖然略微減少，但兩者的差異在誤差之間，且葉綠素 b 在光合作用中僅為輔助色素，是否為提供的光源造成誤差，往後可再增加樣本數或改變光照時數進行探討。

實驗(四)中，由光照組與黑暗組菟絲子氣體生成量的差異，可見光照可以引發菟絲子氣體生成量增加。而光照下會引發氣體生成的反應即光合作用，由此證明菟絲子可行光合作用。

實驗(五)中，我們想要再次確認菟絲子是否真能行光合作用。雙磷酸核酮糖羧化酶 (rubisco) 是促使核酮糖-1,5-二磷酸 (RuBP) 與 CO_2 結合生成 3-磷酸甘油酸 (3-phosphoglycerate) 的必要酵素，是固碳反應的關鍵點，其存在與否影響了光合作用的完整性。故任何行光合作用的植物均需具備此 rubisco 酵素。

所以實驗(五)中，我們首先檢測菟絲子染色體 DNA 中是否含有 rubisco 的基因 *rbcS*。我們以 HB/*rbcS*1、MB/*rbcS*2 引子夾出 *rbcS* 序列，再 PCR 放大其 DNA 濃度。跑電泳後，阿拉伯芥在 650bp 處出現條帶，又已知 *rbcS* 基因大小為 650bp，顯示引子確實可以夾出 650bp 的 *rbcS* 基因。而菟絲子也在 650bp 處出現條帶，表示已在菟絲子染色體 DNA 中成功夾出 *rbcS* 序列，證明菟絲子有合成 rubisco 的基因。而這個 *rbcS* 基因是否能夠基因表現，我們計畫萃取菟絲子的蛋白質，進一步檢測 rubisco 的存在。

綜合以上結果，菟絲子在光照下存活率提高，含有少量葉綠素，光照下有氣體產生，其染色體 DNA 中有合成 rubisco 的基因，均顯示菟絲子能進行光合作用。

又由於其葉綠素 a、b 及類胡蘿蔔素含量較一般植物稀少，光合作用產生的氣體量較水蘊草少，且光照下菟絲子斷莖無法維持長久的獨立生存，我們推測即使菟絲子能行光合作用，其能量效益並不足以支持菟絲子群的快速拓展，故需行寄生來填補能量上的空缺。

捌、結論

一. 探討菟絲子斷莖在無寄主條件下的獨立生長

- (1) 在水分光照充足的條件下，無寄主之菟絲子斷莖可延長，且獨立生長一個月。
- (2) 無寄主條件下，種於土壤中的菟絲子斷莖顏色較種於清水中的綠，莖枝較粗。
- (3) 不同濃度的花寶五號會改變菟絲子斷莖的生長狀態：
0.2%組脫水而死，0.01%組莖枝加粗，0.05%組多長側芽。
- (4) 菟絲子能自行吸取環境中的水分及無機鹽類。

二. 探討菟絲子斷莖是否可行光合作用

- (1) 光照下菟絲子斷莖存活率較高。
- (2) 菟絲子具有少量葉綠素。
- (3) 光照會促進菟絲子葉綠素生成。
- (4) 光照下菟絲子產生氣體。
- (5) 菟絲子具有光合作用必備酵素 rubisco 之基因 rbcS。
- (6) 菟絲子可行光合作用。

玖、未來展望

- 一. 萃取菟絲子的蛋白質，進一步檢測 rubisco 的存在。
- 二. 探討寄生與無寄生之間菟絲子養分的供需。
- 三. 找出適合的實驗裝置，從寄主散發出的氣體、氣味等方面繼續探討引起菟絲子偏向寄主的原因。
- 四. 進行野外觀測及實驗，比較光照與寄主對菟絲子的吸引程度。

拾、參考資料

1. 吳文希，1985，植物病理學，茂昌圖書有限公司，P139~142
2. 科展作品：剪不斷，理還亂-----菟絲子寄生機制之探討，高雄女中
3. 廖國英，1990，台灣產菟絲子屬與無根藤屬植物寄生現象之研究，碩士論文，中興大學植物學研究所
4. 王月雲、陳是瑩、童武夫，植物生理學實驗 增訂本，藝軒圖書出版社，p88~102
5. 李家維等(編譯)，1999，Campbell 生物學，第十章，p182~203

評語

040706 高中組生物科 第三名

貼近與貼近之間—菟絲子生長解密

1. 觀察仔細。
2. 使用分子生物及生化分析方法精確分析。