

蕨不自戀（蕨類完美的異體受精及優生）

參加美國第五十一屆國際科技展覽會獲 1、大會獎植物科一等獎及英特爾植物科最傑出獎 2、伊士曼柯達公司特別獎



作者：李裕仁 就讀學校：新竹

高中 指導老師：彭寬輝 作者簡介：我是新竹高中的學生，此次能代表台灣參加美國第五十一屆國際科學展覽，是我最大的榮幸。小時候的我，個性較為靦腆，不太會說話，可是父母的教育給了我很大的影響。從小就給我許多科普性的書及雜誌，所以也慢慢地在他們的教育中潛移默化，開始喜歡上科學。又在國中及高中老師們的帶領下，更熱衷於生物；之後再與我高中的導師做了一些實驗，從桃竹苗區比賽，到全國科展，隔年再參加國際科展的選拔，很榮幸地獲選為美國正選代表。這次活動，讓我學到的不只是如何做一個真正的科學家，更重要的是如何在別人無法堅持下去的地方，屹立不搖。另外在當選為正選代表之後，我也學會了如何正確快速的表達自己意見，這也是很重要的。當然做實驗是一個永不間斷的事，但也是有階段性的、有次序性的，而且在從事一項實驗時，不只是要有點智慧，更要有過人毅力，超越逆境的企圖心，成功將屬於這些有志的青年學子--你們。

一、研究動機：偶然的機會，在學校活體中心，用水苔蛇木屑培養蕨類的原葉體，發現在原葉體腹面的生殖構造中，找到只有藏卵器及只有藏精器之原葉體，此種現象令人非常的驚訝，因為高中生物課本曾經提及：原葉體是雌雄同體。所以再將之挑出單獨培養，發現腹面只長藏卵器的原葉體經過一至二個月的培養後，並沒有再長出藏精器；而用只有藏精器的原葉體培養一至二個星期後，就長出藏卵器，或許蕨類可能是由於生殖器的成熟時間先後不同，而致使其原

葉體雖然是雌雄同體，卻為異體受精，所以想再進一步去探討蕨類原葉體的生殖策略。

二、實驗目的：探討蕨類如何精準的做到異體受精之生殖策略，及如何依據生物利用資源的經濟原則下，以求有性生殖的最大變異性及優生。

三、材料與方法：

（鑑定台灣杪羅 *Cyathea spinulosa* 原葉體在自然界的性表現：）本實驗是在桃園龍潭的崑崙藥用植物園所採集的，原葉體半徑在 2-4mm 之間，並分成兩群：單一生長的原葉體及群體生長的原葉體，而單一生長的原葉體是以其中的一個原葉體，距離周圍 2.5mm 以上，定為單一生長的原葉體；群體生長的原葉體為兩原葉體之間 2.5mm 以下。本實驗所有材料均在顯微鏡下做觀察，並鑑定性別，分別為：雌雄同體的原體、雌性的原葉體、雄性的原葉體及無性的原葉體（如圖2）。（鑑定台灣杪羅 *Cyathea spinulosa* 原葉體在培養後的性表現：）1999年9月在崑崙植物園採集到台灣杪羅 *Cyathea spinulosa* 的孢子葉，並將之收藏在 4℃ 的冰箱中，在進行無菌操作之前，再將收集好的孢子取出，進行無菌操作，採用 2.5% 的次氯酸鈉殺菌，再將之均勻地種在直徑 9cm 的培養皿，1% 的培養基上 (Bold's solution, 1957)，再放入恆溫 $26 \pm 1^\circ\text{C}$ 的生長箱，光周期 12hr。在培養

時孢子群的密度為2-10個/cm原葉體，在培養經過7至14天後，再將直徑小於2 mm 的幼小的原葉體移出作為單一培養的原葉體，其餘的為群體培養的原葉體。在經過45天的培養後，我們便調查單一培養及群體培養的原葉體其性表現的分布百分比，其鑑定之方法及標準已在前面提過。另外我們也觀察長出幼孢子體的原葉體，其腹面生殖構造的生長情形，而只有觀察到雌性的原葉體及兩性的原葉體。（藏精器在幼原葉體中的誘導情形：）此項實驗分成時間誘導與距離誘導的實驗。首先做的是時間誘導實驗，是採用無性的原葉體為接受者，另外用三種不同的原葉體各一個為誘導物，分別是雌性的原葉體及雄性的原葉體及無性的原葉體為誘導者，置於培養皿的中心；誘導7個無性的原葉體，平均分散排列於直徑9 cm培養皿的邊緣，距離約45mm，裝置、排列如圖3A，每天觀察之。另外再做距離與誘導的實驗，是使用長60cm寬8cm的長形培養皿，再將無性的原葉體以每四個排列於每隔5cm的距離上，而在起始位置分別放上無性的原葉體、雄性的原葉體及雌性的原葉體，其裝置、排列如圖3B，四天後觀察。

四、結果：（台灣杪樗 *Cyathea spinulosa* 在自然界中的生長情形：）在桃園龍潭的崑崙植物園，進行三次獨立的採集實驗，從7個不同的地方一共採集202個原葉體，及8個單一生長的原葉體，並在顯微鏡下觀察其生殖構造的生長情形，以決定其性別。在這觀察當中發現到大量的雙性的原葉體，及部分的單性的原葉體(如圖4A)。此外在

單一生長條件下，雌性的原葉體比例遠比雄性的比例來得高的許多，如圖4A、4B為42%比5%。而所有從野外採集的單性原葉體最後都會變成下面兩種結果：雌性的原葉體仍然維持是雌生，但雄性的原葉體最後會長出雌性的生殖構造，變成雙性的原葉體。

（台灣杪樗 *Cyathea spinulosa* 在實驗室培養的生長情形：）為了去除環境因素可能會對台灣杪樗 *Cyathea spinulosa* 的影響，再進行組織培養以控制環境的變因，孢子播種後約7天便會萌發，再經7-14天後長成幼原葉體，直徑約2mm仍無生殖器的發育；經過45天的培養後觀察其性表現情形，在141個原葉體中，共45個(31%)為無性，此外其它成熟的原葉體群體培養的雌雄同體的原葉體(27.0%)、雌性的原葉體(5.7%)、雄性的原葉體(35.5%)。與在野外所觀察的比例差不多(如圖4A及圖4B)，相反地，在實驗室中所培養的單一原葉體不是雌性(71%)，就是無性的(29%)，而無雙性及雄性的原葉體。藏精器在幼原葉體的誘導實驗雖然分別將雌性、雄性及無性的原葉體當做誘導物，但只有雌性的原葉體可誘導原葉體藏精器的生長。在時間誘導的實驗中，雌性的原葉體距離未成熟的原葉體保持4.5cm，配置如圖3A，經3天後有部分被誘導長出藏精器，8天後全部都長出藏精器，如圖6A所示。而在距離誘導的實驗，距離雌性的原葉體15-20cm是最好的誘導距離，達100%，為最佳的誘導距離，如圖6B。更長時間培養的長出幼孢子體的原葉體。所有長出孢子體的原葉體，必定是從雌性的原

葉體或雙性的原葉體，長出幼孢子的原葉體，是在培養75天後觀察，一共有93%的幼孢子體是從雙性的原葉體來的，而只有7%的孢子體從雌性的原葉體生長。

五、討論：雌性的原葉體尚未發現長成雙性的原葉體，而所有雄性的原葉體最後都會變成雙性的，因此台灣桫欏 *Cyathea spinulosa* 原葉體其藏卵器的發育是自發性的過程，相反地，藏精器的發育，必須在幼原葉體時便受到具成熟的藏卵的原葉體抗激而被誘導，然而在同一片原葉體中，誘導的時間也是很重要的，必須在藏卵器自動生長之前，原葉體上之生殖器發育原熟的須序如圖8。在其它的實驗報告中發現，在其它不同種類的蕨類，其成熟的雌性原葉體會分泌一種名為促精素 antheridiogen 的化學物質，扮演誘導附近未成熟的原葉體，其藏精器的發育。由本實驗可知，對每一個原葉體，藏精器的生長是依有沒有在正確的時間接受到藏卵器所發出的訊號，相反地，藏卵器的生長是性的，而且同一片雙性的原葉體，藏卵器的成熟是在藏精器的成熟放出精子之後，而成功達到雌雄同體異體受精的機制，如圖8，但受精後原葉體只會長出單一株孢子體，而不是所有受精卵皆能成功發育成孢子體，可能是成功發育之合子在成長過程，最先長出的會壓迫周圍的接合子，使其其它的接合子無法發育成功。雖然促精素 antheridiogen 還未完全被廣泛地了解，但由時間、距離誘導的實驗可知與濃度有關，在特別的控制下，距藏卵器15-20cm 可能是最佳的誘導距離。

六、結論：(一)藏卵器的生長是依正常時間發育，而藏精器可能是由藏卵器的誘導發育成熟，且此一誘導行為是有時效性的。

(二)群體生長中，先發性的原葉體(腹面只長藏卵器的原葉體)可能主要是扮演誘導的角色，而與生殖無關。(三)由(結論一)(二)蕨類(如：台灣桫欏 *Cyathea spinulosa*) 是異體受精且優生。七、參考資料：〔1〕Bold, H. C. (1957) Morphology of plants. 1st ed. Harper and Row, New York. 〔2〕Klekowski, E. J., Jr. (1979) The genetics and reproductive biology of ferns. In The experimental biology of ferns. Edited by A. F. Dyer. Academic Press, London U.K. pp.133-170. 〔3〕Masuyama, S. (1974) The sequence of the gametangium formation in homosporous fern gametophytes I. Sci. Rep. T.K.D. Sect. B.16: 47-69. 〔4〕Pal, G. D. (1994) Fern and fern allies of Itanagar, Lower Subansiri District, Arunachal Pradesh. J. Econ. Taxon. Bot. 18: 153- 163. 八、評語：本實驗探討蕨類(台灣桫欏)異體受精之機制，作法上包括野實驗及實驗室模擬，其結果證實藏精器之發育是由藏卵器分泌的化學物質促成，而同一原體藏卵器成熟時且能分泌促精器的同時該原體藏精器錯失被促進發育之時間，已達到保證異體受精的目的。本實驗目標明確，架構清晰，實驗數據充實，值得推薦至國際科展參賽。



圖1 *Cyathea spinulosa*

孢子體的外貌。(A) 成熟的孢子體。(B) 羽狀複葉。(C)(D) 孢子囊堆。(E)(F) 孢子囊。(G) 孢子。

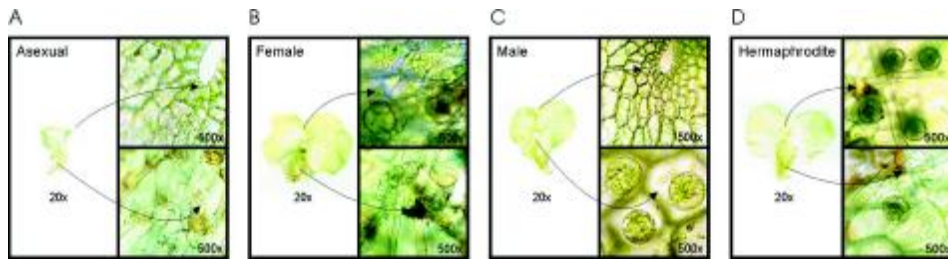


圖2 *Cyathea*

*spinulosa*原葉體的性表現分類。(A)無性的原葉體。(B)雄性的原葉體。(C)雌性的原葉體。(D)雌雄同體的原葉體。

(A) Time-dependent experiment

(B) Distance-dependent experiment

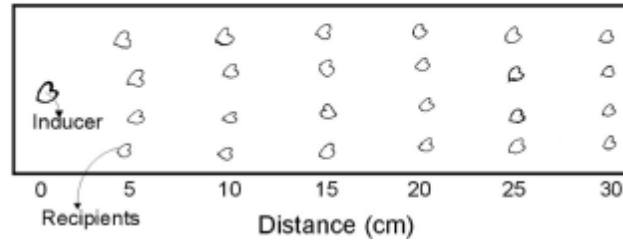
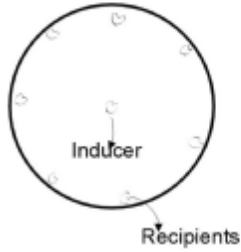


圖3 誘導藏精器

之實驗裝置圖。(A) 時間誘導實驗。(B)距離誘導實驗。

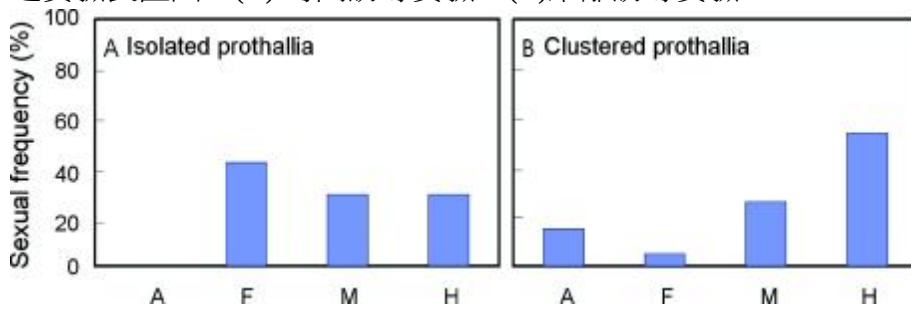


圖4 *Cyathea*

*spinulosa*原葉體在自然界的性表百分比。(A)群體生長。(B)單一生長。H：雌雄同體、F：雌性、M：雄性、A：無性的原葉體。

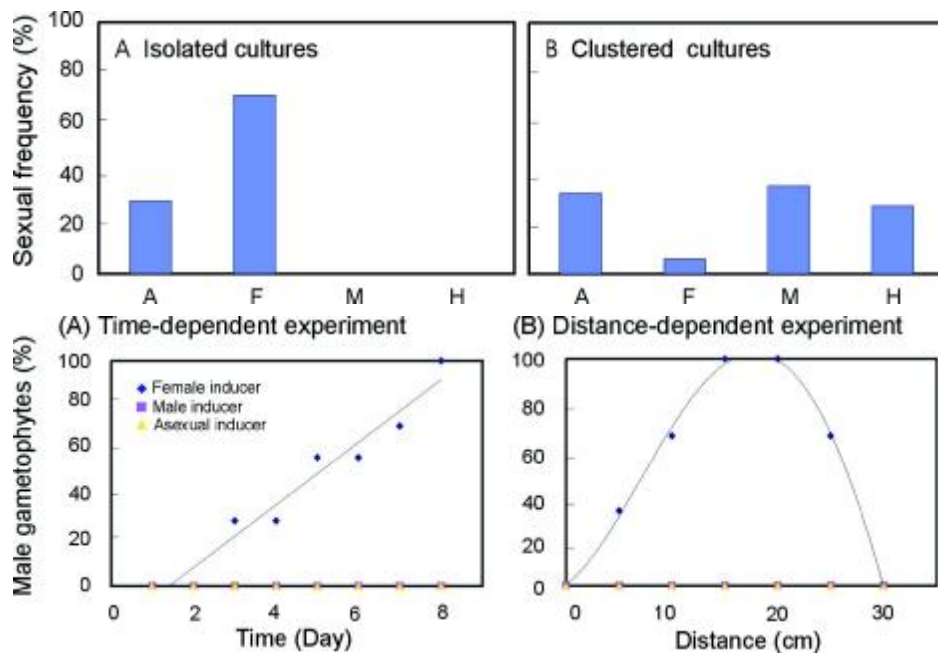
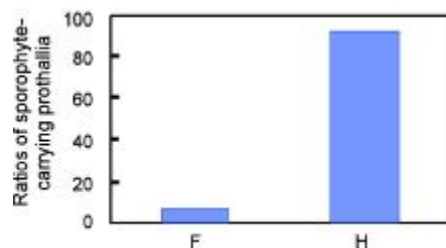


圖5 *Cyathea*

*spinulosa*原葉體在實驗室中的性表百分比。(A)群體生長。(B)單一生長。A：無性的原葉體、F：雌性、M：雄性、H：雌雄同體。圖6 時間、距離誘導實驗。(A) 時間誘



導。(B) 距離誘導。

H：雌雄同體、F：雌性的原葉體

圖7 長出幼孢子體的原葉體。

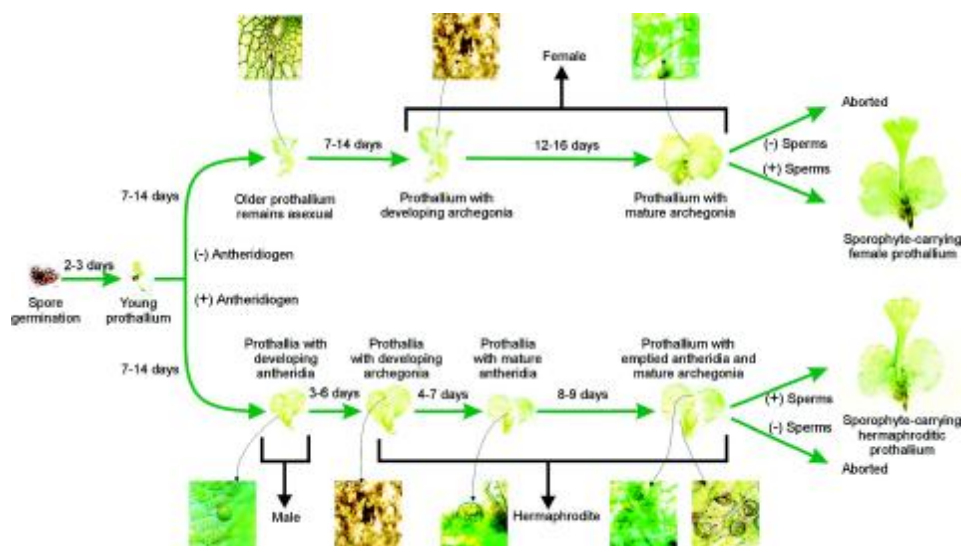


圖8 *Cyathea*

*spinulosa*原葉體生殖器官的生長發育次序圖。