

毛蕨演化現象之探討

高中組生物科第二名

省立嘉義女子高級中學

作 者：楊婷喬

指導教師：許景星

一、研究動機

毛蕨是金星蕨科毛蕨屬中頗為常見之一種蕨類植物，生長於本省海拔1200公尺以下的庭園、路旁、田邊或山谷林緣空曠處，分布於中國大陸南部、印度、越南、韓國、日本、琉球、菲律賓等地，是屬於南中國要素的植物地理分布型。

由於本種蕨類植物在台灣的地理分布頗為廣泛，生長於各地不同族群之外部形態就有很大差異，顯示正進行旺盛的演化，故有毛蕨、突尖毛蕨及賽毛蕨三變種的種雜異體。一般而言，種和種以下分類群分化過程之研究屬於微演化（microevolution）的範疇。經由染色體之研究結果，配合植物體外部形態特徵的觀察記載，綜合比較分析，可歸納確定微演化的有關機制。有關毛蕨染色體的國內外研究報告，皆認定其為二倍體。突尖毛蕨之染色體為 $2n = 36_{IV}$ ，可確定是同源四倍體。賽毛蕨在被發表為新變種時即認定為上述兩變種雜交演化而成，其染色體為 $2n = 36_1 + 36_1$ ，即異源三倍體。由於彼此族群內的個體間有雜交現象發生，促使引起基因變化不同組合，以致常有細胞遺傳變異的後代出現，這些有關毛蕨種雜異體之微演化機制，誠有進一步研究之必要。

本研究是根據該種蕨類，在台灣全省各地之取樣，採集實驗材料，分析其變種形態和構造的差異，並配合細胞遺傳特徵之研究觀察結果，綜合比較分析，歸納確證毛蕨種雜異體之微演化機制。

二、材料與方法

(一)材料：

實驗進行之前，先到全省各產地採集下列各變種的適當材料，觀察記錄生育地之環境狀況，並拍攝植物生態相。

1.毛蕨

2.賽毛蕨

3.突尖毛蕨

(二)方法

1.染色體之觀察

(1)體細胞：在野外採集時，選取根尖或葉端的材料，依據下列步驟進行實驗

以觀察體細胞的染色體。

- ①前處理：以羥基喹啉浸漬3小時。
 - ②固定：以無水酒精、冰醋酸之混合液浸漬4小時以上。
 - ③軟化：以鹽酸、無水酒精之混合液在水浴恆溫器中浸漬數分鐘。
 - ④製片：以醋酸洋紅壓碎法製片。
 - ⑤照相：在顯微鏡下觀察染色體特徵並照相、分析。
- (2)孢子母細胞：在適當時間內，在生育地採取着生於幼嫩孢子囊的葉片材料。實驗步驟如下：
- ①固定：將所採取的葉片材料，放入固定液中。
 - ②製片：以醋酸洋紅壓碎法製片。
 - ③照相：將玻片置顯微鏡下觀察孢子母細胞行減數分裂時，染色體配對情形，並照相、分析。

2.形態特徵之觀察：

就採集製作的植物標本，測定各變種的外部形態特徵和內部構造特徵，並求測定之平均值，列述如表二。

(1)外部形態特徵：

- ①葉柄長度
- ②葉身長度
- ③葉身寬度
- ④羽片對數
- ⑤羽片長度
- ⑥羽片寬度

(2)內部構造特徵：

- ①苞膜表面
- ②孢子囊柄長度
- ③孢子囊長度
- ④孢子囊寬度
- ⑤環帶厚壁細胞數
- ⑥孢子長度
- ⑦孢子寬度

3.葉綠體DNA基因之研究：

用緩衝液萃取新鮮葉部材料的DNA，經由聚合酶分解其分子，再由已知胺基酸次序的引子連結以電泳分離成不同組成成分的條帶，即可確知基因結構。

三、研究結果

1.毛蕨種雜異體之染色體特徵

各材料染色體的觀察結果，分別整理列述如表一。由表中的染色體特徵，可發現毛蕨種雜異體的染色體基數為 $X = 36$ ，毛蕨有二倍體與同源三倍體兩種細胞型的個體，賽毛蕨為異源三倍體，突尖毛蕨則為同源四倍體；毛蕨二倍體植物孢子囊群中的每孢子囊內有64個成熟孢子，均會萌芽產生原葉體來進行有性生殖，其同源三倍體與賽毛蕨的每孢子囊內，均只有32個成熟的孢子，也會萌芽產生原葉體及發育正常的藏精器，但卻只有發育不全的藏卵器，而以無配生殖

取代有性生殖完成生活史。

【表一】毛蕨種雜異體之染色體特徵

染色體特徵								
種名	採集日期	採集地	數目	倍體性	每孢子囊內孢子數	生殖方式	附圖	
毛蕨	82.8.20	六龜	72	2X	64	有性生殖	1	
	82.12.10	頭汴坑	36Ⅱ	2X	64	有性生殖	2	
	82.7.11	白河	108	3X	32	無配生殖		
	82.12.10	頭汴坑	108	3X	32	無配生殖	3	
	82.8.6.	嘉女校園	36Ⅲ	3X	32	無配生殖		
	82.12.10	頭汴坑	36Ⅲ	3X	32	無配生殖	4	
賽毛蕨	82.8.1	白河	108	3X	32	無配生殖		
	82.9.14	興大校園	108	3X	32	無配生殖	5	
	82.10.10	大甲	108	3X	32	無配生殖		
	82.8.6.	嘉女	36Ⅰ+36Ⅱ	3X	32	無配生殖		
	82.9.14	興大校園	36Ⅰ+36Ⅱ	3X	32	無配生殖	6	
	82.10.10	大甲	36Ⅰ+36Ⅱ	3X	32	無配生殖		
突尖毛蕨	82.8.20	六龜	144	4X	64	有性生殖		
	82.10.10	大甲	144	4X	64	有性生殖	7	
	82.12.10	頭汴坑	144	4X	64	有性生殖		
	82.8.20	六龜	36Ⅳ	4X	64	有性生殖		
	82.10.10	大甲	36Ⅳ	4X	64	有性生殖		
	82.12.10	頭汴坑	36Ⅳ	4X	64	有性生殖	8	

2.毛蕨種雜異體之形態特徵

觀察測定採集製作之標本與借來標本之各項形態特徵，整理記錄如附錄二，分別求取平均值，列述如表二，並作圖表示各變種葉柄長度、葉身長度、葉身寬度、孢子囊柄長度、孢子囊長度、孢子囊寬度、孢子長度、孢子寬度的變異情形。由表中可看出賽毛蕨葉部，孢子囊及孢子的大小，介於毛蕨二倍體與突尖毛蕨間，各變種彼此間的差異程度也可一目了然。其植物生態相、基部羽片、孢子囊及孢子的形態特徵之比較，可知毛蕨二倍體之側羽片較密生，其同源三倍體之側羽片則較疏生，孢子較圓形而大，且有發育不全之較小型孢子；賽毛蕨之異源三倍體，孢子也是較圓形而大。

3.毛蕨種雜異體之檢索表：

毛蕨種雜異體之檢索表

- 1a 下方羽片最長，側羽片通常12~18對 毛蕨
- 1b 下方羽片短縮，側羽片6~15對
 - 2a 側羽片短線形，先端較尖 賽毛蕨
 - 2b 側羽片長橢圓形，先端寬闊而突尖 突尖毛蕨

【表二】 毛蕨種雜異體形態特徵之比較

毛蕨				
項 目	二倍體	同源三倍體	賽毛蕨	突尖毛蕨
1. 生育地	陰濕地	向陽乾燥地	略向陽乾燥地	略陰濕地
2. 葉柄長度 (cm)	20.0	32.3	13.6	7.8
3. 葉身長度 (cm)	29.1	37.9	25.6	14.4
4. 葉身寬度 (cm)	14.9	20.7	10.6	6.6
5. 羽片對數	15	14	11	7
6. 羽片長度 (cm)	9.4	10.6	5.8	3.3
7. 羽片寬度 (mm)	10	15	10	13
8. 苞膜	密被毛	疏被毛	疏被毛	殆無毛
9. 孢子囊柄長度 (μ)	122	132	181	155
10. 孢子囊長度 (μ)	174	206	189	192
11. 孢子囊寬度 (μ)	156	190	156	177
12. 環帶厚壁細胞數	15	13	14	13
13. 孢子長度 (μ)	33.9	36.0	35.7	32.7
14. 孢子寬度 (μ)	21.2	30.5	28.1	28.3

4. 葉綠體DNA基因：

波 長	毛蕨二倍體	毛蕨同源三倍體	賽毛蕨	突尖毛蕨
260nm	0.253	0.284	0.491	0.538
280nm	0.185	0.245	0.375	0.469

四、討論

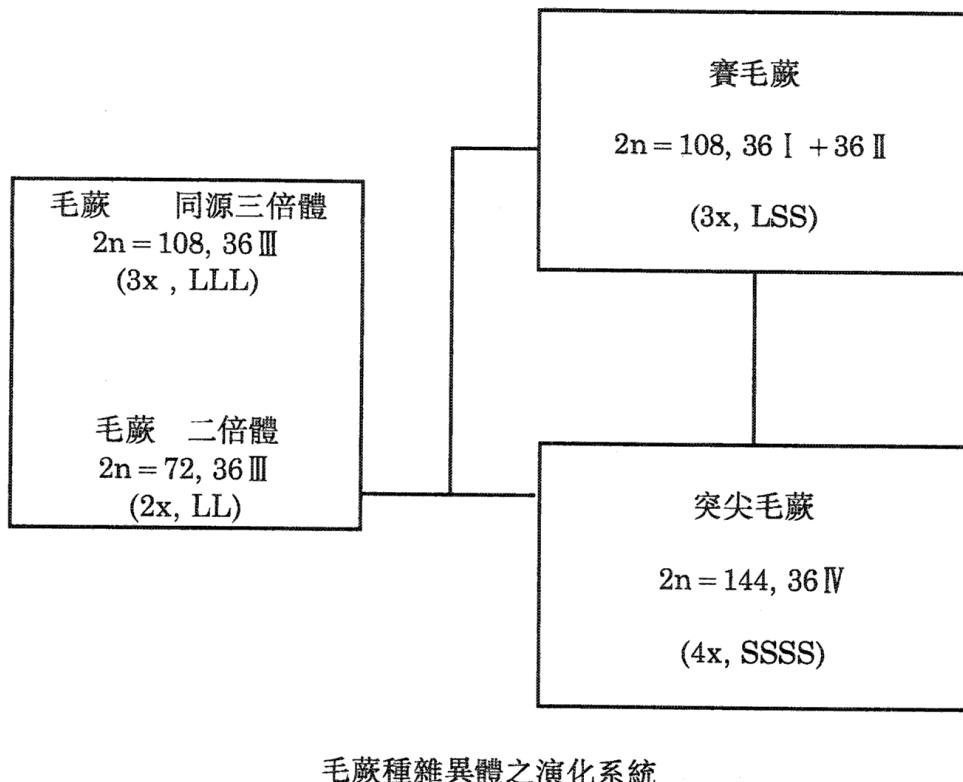
1. 族群分化變異：在一族群中的所有個體，通常是兩親的基因互相結合在後代中，以致於後代生物體的表現型多兼具兩親的特徵。

毛蕨的族群中有二倍體與同源三倍體兩種細胞型個體的分化，前者進行有性生殖的遺傳現象，後者則以無配生殖取代之。本種植物為同形孢子，配子體中的雄配子與雌配子，雖會在同一原葉體中自體受精，但卻也因原葉體的重疊發育而有機會發生異體受精的外交現象，以致形成不同的基因型與表現型，賽毛

蕨族群的分化即是一例。毛蕨二倍體側羽川略近生，苞膜密被短毛，同源三倍體族群的側羽片則分化為略遠生，苞膜疏被短毛；突尖毛蕨族群均呈現頗寬短的側羽片，苞膜無短毛；賽毛蕨族群雖是呈現上述兩變種的中間型形態特徵，但卻因其為異源三倍體，染色體具較多慾性基因，致使側羽片的形狀大小及羽裂程度有頗多的變化，其孢子囊堆的着生情形也有疏生至密生的不同。毛蕨種雜異體族群中的個體分布，可從突尖毛蕨的散生，毛蕨的疏生，至賽毛蕨的密生等不同；其羽狀複葉葉身的頂端均有一明顯獨立的項羽片，各變種間基部羽片的形態則有頗大的差別，尤以賽毛蕨的基部羽片形態有類似其親本之一或中間型的表現，這些都是毛蕨種雜異體族群的分化變異情形。

2.種雜異體之演化：毛蕨這個變種在陰溼生育地生長族群中的個體，染色體呈現36團二價體的配對行為，意示其為最早出現的細胞型；其個體的每孢子囊內，最初只有一個孢原細胞，經四次有絲分裂，產生16個孢子母細胞，隨後減數分裂，終究形成64個成熟的孢子，可行有性生殖的生活史。若在向陽乾旱的生育地者，由於缺乏自由水來進行正常有性生殖的受精作用，就多倍體化為同源三倍體，染色體則呈現36團三價體，而以無配生殖取代之，如此適應環境生長；其孢子體的每一孢子囊只產生32個較大形的孢子，而非如二倍體個體正常有性生殖者的64個孢子。此因其源自最初的一個孢原細胞，也經四次的有絲分裂產生16個細胞，形成16個孢子母細胞；隨後減數分裂的初期正常地進行，染色體在第一分裂前期的親交期呈現三價染色體的配對行為，中期的染色體仍會排在赤道枚，但爾後並不移向兩極，各染色體再複製為二，最後形成具有二倍於孢子體染色體數的再組核。隨後進入第二分裂的前期、中期、染色體不再複製而移向兩極，結果就產生與孢子體相同染色體數及基因型的那32個較大形的孢子，特稱為複孢子。毛蕨二倍體族群中的個體，若其染色體的基因發生變異再經多倍體化作用，就形成突尖毛蕨的同源四倍體，其染色體呈現36團四價體的配對行為；其個體的母孢子囊內也產生64個成熟的孢子，且進行有性生殖的生活史。毛蕨的二倍體族群與突尖毛蕨族群在地理分佈範圍的重疊區中有外交現象時，即會形成賽毛蕨，其染色體呈現由毛蕨二倍體母本得來的36團單價體及來自突尖毛蕨父本的36團二價體，其孢子體呈現出較類似毛蕨的形態；若得自毛蕨二倍體父本與突尖毛蕨母本的染色體，則孢子體有較類似突尖毛蕨的表現，這兩種情形可用母體遺傳的表現解釋之。其孢子體的每孢子囊內，也如同毛蕨同源三倍體一樣地產生32個複孢子，且經相同的孢子發育歷程，以行無配生殖。毛蕨這個變種的下方羽片最長，上部者逐漸短小，但均較其他二變種者為長，故其二倍體的基因型可由「LL」表示之，同源三倍體為「LLL」；突尖

毛蕨的側羽片均甚寬短，且均較其他二變種寬短得多，基因型可用「SSSS」表示之；賽毛蕨既為兩者雜交演化形成的新變種，其基因型即為「LSS」。有關毛蕨的微演化機制，可用附有基因型表明之演化系統圖綜合表明之。



評 語

本作品針對毛蕨植物的突變亞種進行其染色體特徵與孢子母細胞減數分裂之染色體性狀研究，從而探討其微演化機制，研究過程詳實而有創意，為不可多得的作品。