

# 田字草 (Marsilea quadrifolia)

## 形態學之研究

### 高中組生物科第二名

高雄市立高雄女子高級中學

作者：莊懷佳、許惠紋、鄒高慧  
指導教師：劉崇文

## 一、研究動機

高雄市鼓山區靠近壽山的龍井社區旁，有一塊低窪的溼地，在水位較淺的泥濘中，生長著一大片不知名的翠綠野草，仔細觀察發現這種野草也可長在陸地上，甚至在岩縫中依舊生氣盎然，而且它的外形又酷似俗稱的幸運草。又經過進一步的資料蒐集，卻發現資料中僅寥寥數語，只介紹它是蕨類，名為田字草，又稱作蘋或四葉草，型態方面資料更是稀少，這些並不能滿足我們的好奇心，反而對它產生一股莫名的衝勁，想要研究它，所以展開下列的研究。

## 二、研究目的

- (一)認識田字草的外部型態。
- (二)瞭解並比較棲地水位高低不同的田字草，在形態上、小葉上下表皮之氣孔分佈密度的差異。
- (三)認識田字草的内部構造。

## 三、研究設備及器材

光學顯微鏡、解剖顯微鏡、顯微照相儀、單眼相機、游標測徑器。

## 四、研究過程或方法

(一)培養：

將自龍井社區採集之田字草，栽植於本校實驗中心的生物實驗區。陸生的田字草植於溼潤的土壤中；水生的田字草分植於深水（水位 10 ~ 15cm）及淺水（水位維持 0.5 ~ 1.0cm）。

(二)形態學的研究：

#### 1. 外部形態的觀察：

觀察根、根狀莖、葉與孢子果的外形及著生位置。

#### 2. 水位高低不同的棲地下，細微形態的觀察及比較：

以游標測徑器測量並比較棲地水位高低不同的田字草，根長度、根狀莖寬度、節間長度、葉柄長寬與小葉大小的差異。

#### 3. 水位高低不同的棲地下，小葉上下表皮之氣孔分佈密度的觀察與比較：

撕取棲地水位高低不同的田字草之小葉上下表皮，以附有自動相機的光學顯微鏡觀察並計算氣孔分佈密度，並比較其間的差異。

#### 4. 內部構造的觀察：

##### (1) 根：

切取根的橫切面及縱切面，以附有自動相機的光學顯微鏡觀察並記錄橫切面及縱切面的管狀分子構造。

##### (2) 根狀莖：

切取根狀莖的橫切面及縱切面，其餘方法同(1)。

##### (3) 葉：

A. 切取葉柄的橫切面及縱切面與葉的橫切面，其餘方法同(1)。

B. 撕取葉柄的表皮與小葉的上下表皮，其餘同方法(1)，並記錄表皮細胞及保衛細胞形狀與構造。

C. 刮取附在幼葉的毛，方法同(1)並記錄其形狀與構造。

D. 將小葉用 0.1M 的氫氧化鈉溶液煮沸後，剝除表皮及葉肉，觀察方法同(1)，並記錄脈序及葉脈的結構。

##### (4) 孢子果：

A. 切取孢子果的橫切面及縱切面，以附有自動相機的解剖顯微鏡觀察並記錄。

B. 切取孢子果的橫切面及梗節的橫切面、縱切面，方法同(1)。

C. 刮取附在孢子果壁的短毛，方法同(1)。

D. 刮除孢子果的內容物，其餘方法同 A. 並記錄孢子果壁脈序。

## 五、研究結果

### (一) 外部形態的觀察：

1. 根著生於節上，很細，偶爾有不定根長在節間。根系為鬚根系與單子葉植物相似，每條根並分生許多支根。

2. 莖為細長圓柱形，匍匐於土壤或軟泥表層，二叉分枝，似乎可無限生長。

因形態特殊，特稱為根狀莖。根及葉即由其節上生出。

3. 葉長在節上，葉柄呈細長圓柱形，頂端有四片似扇形的小葉。其中二片小葉著生位置略高於另外二片小葉的，且呈對生排列。小葉大多為全緣葉，少數具鋸齒狀的葉緣。當天色漸暗，位置較高的一對小葉會由平張的狀態轉而直立並漸閉合，另一對小葉隨後也重覆同樣動作將前一對小葉包覆起來。幼葉拳捲，披有銀白色短毛，在葉發育過程中會自然脫落。深水中的田字草的葉分為挺水葉及浮水葉兩種。

4. 孢子果以梗節著生於葉腋或葉柄基部，並生或叉生，通常 2 ~ 3 個聚生一處，其類型非常多樣。孢子果形狀似卵或豆形，幼時柔軟且呈綠色，至成熟時，顏色轉變成紅褐色且會變硬。孢子果外覆黃褐色的短毛，在孢子果發育過程中會自然脫落。在孢子果與梗節相接處上方有兩個小突起，較上方的突起大且尖，較下的則小且鈍。

(二) 水位高低不同的棲地下，細微形態的觀察與比較：

1. 根的長度：深水田字草 > 淺水田字草 > 陸生田字草。
2. 根狀莖的寬度：淺水田字草 > 陸生田字草 > 深水田字草。
3. 節間長度：深水田字草 > 淺水田字草 > 陸生田字草。
4. 葉柄的長度：深水田字草 > 陸生田字草 > 淺水田字草。
5. 葉柄的寬度：淺水田字草 > 陸生田字草 > 深水田字草。
6. 小葉大小：深水田字草 > 淺水田字草 > 陸生田字草。

(三) 水位高低不同的棲地下，小葉上下表皮之氣孔分佈密度的觀察與比較：

1. 上下表皮氣孔分佈密度：深水田字草 > 淺水田字草 > 陸生田字草。
2. 無論棲地水位如何，上表皮的氣孔分佈密度都大於下表皮。

(四) 內部構造的觀察：

1. 根：

(1) 根的橫切面呈方形。皮層特化為三層，外層只有一層細胞，中層形成大型的通氣構造，內層則由具厚壁的細胞組成。中柱為圓形的單中柱，無髓、中央有 4 個明顯易辨的木質部細胞，其中兩個細胞較大，另兩個細胞較小。

(2) 根的管狀分子有導管和假導管。

2. 根狀莖：

(1) 根狀莖的橫切面呈圓形。皮層特化為三層，中層形成大型的通氣構造。中柱為雙韌管狀中柱，具髓。

(2) 根狀莖的管狀分子有假導管和導管。偶爾可觀察到末端分叉的假導管細胞。甚至發現一個末端變成鐮形且細胞壁極度增厚的導管細胞。

### 3. 葉：

#### (1) 葉柄：

葉柄的橫切面呈圓形。皮層特化成三層，中層形成大型的通氣構造。中柱近似腎形，木質部 V 形。葉柄皮層的通氣組織中，具有由單層細胞所組成的薄膜橫隔其間，將之分隔成一個個的腔室。葉柄的表皮具氣孔，表皮細胞呈長條形，具有葉綠體，前後兩個細胞相接鄰處為一斜面。葉柄的管狀分子均為假導管，管壁的次級細胞壁有梯紋、網紋、環紋、螺旋紋等。

#### (2) 小葉：

小葉的葉肉已分化成柵狀和海綿組織，葉脈的中柱為單中柱，無髓，木質部在中柱中央。除了小葉基部的葉脈可能有三叉分支外，所有葉脈均為二叉分支，但葉脈之間又相連成網狀。在葉緣處的葉脈，將整片小葉的葉脈聯結成一封閉系統。兩支相會的葉脈，其中一支的部分管狀分子會穿越交會處而併入另一支中。小葉表皮具氣孔，氣孔略為內陷於表皮細胞中。表皮細胞形狀極不規則，具葉綠體。幼葉的短毛由 2 ~ 5 個細胞組成，其中第一個細胞最大，其中有一個小突起，為短毛與小葉相連之處。

### 4. 孢子果：

孢子果具厚壁，內部分成兩瓣，每瓣均含 6 ~ 8 個孢子囊堆。在孢子囊堆內部靠近外側，有一條縱走的囊托，其上著生許多大孢子囊和小孢子囊。相鄰的孢子囊堆，其囊群壁間有部分癒合的現象。孢子果壁中有維管束自頂端向下方延伸，每支維管束又各自在孢子果中央分成兩叉，而後在孢子果底部與相鄰的分支相接合。孢子果壁由分層清晰的數層組成，表皮外側的角質層很明顯，在其壁最內一層，細胞充滿葉綠體，且在此層外側，有將殊的啞鈴形細胞，其間形成一個個似氣孔的空腔。其壁的短毛由 5 ~ 6 個細胞組成，第一個細胞最大，其上有一突起，為短毛與壁相連處。著生於囊托的大孢子囊無柄，小孢子囊則有，但兩者均無環帶。囊壁細胞扁平而透明，內含綠色的顆粒。梗節橫切面呈圓形。皮層特化三層，中層特化成大型通氣構造，內層細胞呈橙色，且細胞中央有深色物堆積，中柱呈圓形，木質部呈 V 形排列，且只含假導管。

## 六、討論

(一) 田字草原盛產於全省水田和沼澤地，但因污染及田地減少，現在很難發現它

- 們了。田字草屬於蕨類植物門、薄囊蕨綱、蘋目、蘋科、蘋屬。「Flora of Taiwan」中記載臺灣蘋目植物只有一科一屬一種，中文名為南國田字草，學名 *M. crenata*。但在「植物分類學：台灣維管束植物科誌」則說是 *M. minuta*，中文名亦為南國田字草。我們依台大蕨類研究室的檢索表索驥，卻發現所研究的是 *M. quadrifolia*，且「植物學之系統與分類」中提到我國只有這一種。故本次研究材料可能是外來種或新品種，但仍需再進一步的確認及研究。
- (二)深水田字草的根部最長，而陸生的則最短。可能是因水中泥土鬆軟，須較長的根來增強固著力，而深水的因所受浮力較大，故根較淺水的長。
  - (三)葉柄的長和寬相反：深水田字草葉柄最長最瘦，淺水的則短又粗。
  - (四)深水田字草，節間最長，小葉最大；淺水的次之；陸生的再次之。
  - (五)小葉上下表皮氣孔分佈密度，均是深水田字草；淺水次之；陸生再次之。這說明水分的充足與否會影響氣孔的分化。當水分缺乏，氣孔分化便會抑制。另外，上表皮的氣孔密度都大於下表皮的，此現象可解釋田字草為何只能長在濕潤的土壤中。
  - (六)田字草的根、莖、葉柄和梗節的皮層都有大型的氣室。葉柄中的可能有助於葉柄在水中挺立，將其小葉伸向高處來爭取陽光。但根、莖和葉似乎不需有如此的特化。將田字草連根拔起丟入水中，它也如預期地浮於水面。我們認為，田字草的這種特化有助於其傳播。因此，田字草應是一種生存演化非常成功的植物。
  - (七)一般而言，田字草根中已有導管。至於莖，則只有澳產的兩種 (*M. drummondii* 及 *M. ielata*)，而我們的田字草，無論在根或莖，都有導管。
  - (八)田字草的根及莖已有導管的分化，而田字草生長於水中，應無產生輸導性能較佳的導管之需要。或許田字草和鯨一樣由陸生轉成水生。另外，於根狀莖中可觀察到末端分叉的假導管及末端呈  $120^\circ$  彎折的導管細胞，但其如何與另一個細胞相接，或許其只是個沒功能又無任何意義的畸形細胞而已。
  - (九)根的中柱為圓形單中柱、無髓。根狀莖的中柱為圓形雙韌管狀中柱、具髓。葉柄有特殊的腎形中柱和 V 形木質部、無髓。葉脈的中柱為橢圓形單中柱、無髓。外觀和葉柄相似的梗節具 V 形木質部，中柱則近圓形。
  - (十)葉柄表皮細胞呈長條形，前後兩細胞相接處為一斜面，保衛細胞呈長橢圓形。小葉表皮細胞呈不規則波紋狀，保衛細胞呈橢圓形，氣孔略內陷於表皮細胞中。以上兩者皆具葉綠體，可行光合作用。
  - (十一)田字草的孢子受到孢子囊、孢子囊堆和孢子果的保護。大孢子囊僅發育一個具功能的大孢子，小孢子囊產 32 或 64 個小孢子。孢子成熟時，大孢子會產

生一個突起，爲此配子體，小孢子長成一個大小近似小孢子的雄配子體。雌配子體只產生一個卵，雄配子體產生 16 個精子。可惜，在這些研究中並未發現這些微小的細胞或構造，可能是因爲在這次研究中，我們未使用染料；所以有待我們深入研究。

- (㉔)田字草有異形孢子，根和根狀莖已有導管的分化。這和生物課中的觀念不同（種子植物才有異形孢子，被子植物才有導管。）另外，田字草具有一般蕨類沒有的睡眠運動。因此我們認爲田字草可能是比較高等的蕨類（甚至是最高等的蕨類）。
- (㉕)國內對田字草的研究甚少，我們能查到的資料，均只有數行簡短的說明，且分類地位不能確認。本次研究僅對田字草的形態來探究，但形態學是生物學其他分支學科的基礎，當形態學瞭解透徹後其他的研究才有其理論基礎及意義。在今日生物歧異度及鄉土教材日益受重視下，更突顯了形態學的重要性。而形態優雅、小巧可愛的田字草，生命力強、容易培植，爲良好的室內觀葉植物，使田字草不僅在學術上有獨特的研究價值，更具實際的經濟價值。

## 七、結論

- (一)田字草是矮小的水生蕨類，也可生活在陸上溼土中，故爲一種兩棲性的蕨類。莖特化成匍匐狀，根著生於節上，有些不定根自節間長出。葉也著生節上，葉柄細長，頂端有 4 片扇形小葉，張開時如「田」字，故名田字草。當太陽西落時，小葉便閉合成扇形，因此爲具有睡眠運動的蕨類。
- (二)田字草根和根狀莖中有導管分化，而葉柄則無。管狀分子的末端可能分叉或大角度的彎折。葉、葉柄之表皮細胞具葉綠體，能合成養分並減輕陽光的傷害。小葉的上下表皮有略爲凹陷的氣孔，上表皮氣孔密度大於下表皮。葉脈二叉分支，聯成封閉的網狀。
- (三)田字草具異形孢子，孢子囊無環帶。每個孢子囊堆中有一縱走的囊托，大小孢子由囊托上長出，小孢子囊以柄和囊托相連，大孢子則無柄。孢子囊堆聚生在一起，外包著數層厚壁細胞形成一孢子果，爲其有性生殖構造。孢子果外被短毛，以梗節著生於節上或葉柄基部，有單生或叉生的孢子果，只有在水位很低時才長孢子果。
- (四)田字草維管束已有導管分化，且具異形孢子和睡眠運動，顯示田字草可能是比較高等的蕨類。
- (五)台灣產的田字草，其種別分類尚待商榷。以本次的研究和現有的文獻比較，我們認爲，此次研究的田字草應是 *M. quadrifolia*。

## 八、參考資料

- (1) 黃增泉。民 82。植物分類學：台灣維管束植物科誌。南天書局。
- (2) 張武宏。民 77。野外植物觀察圖鑑。虎尾高級中學科學月刊社。
- (3) 中山大學生物系與南京大學生物系。民 79。植物學之系統與分類。地景企景股份有限公司出版部。
- (4) Bhardwaja, T.N., and Baijal, J. 1977. Vessels in rhizome of *Marsilea* *Phytomorphology* 27:206 ~ 208.
- (5) Johnson, D.M. 1986. Systematics of the New World species of *Marsilea*(Marsileaceae), In: Systematic botany, Vo.II. The American Society of Plant Taxonomists.
- (6) Hunge, T.C., chairman.1994. Flora of Taiwan, Vol.I, 2nd ed. Editorial Committee of Flora of Taiwan.

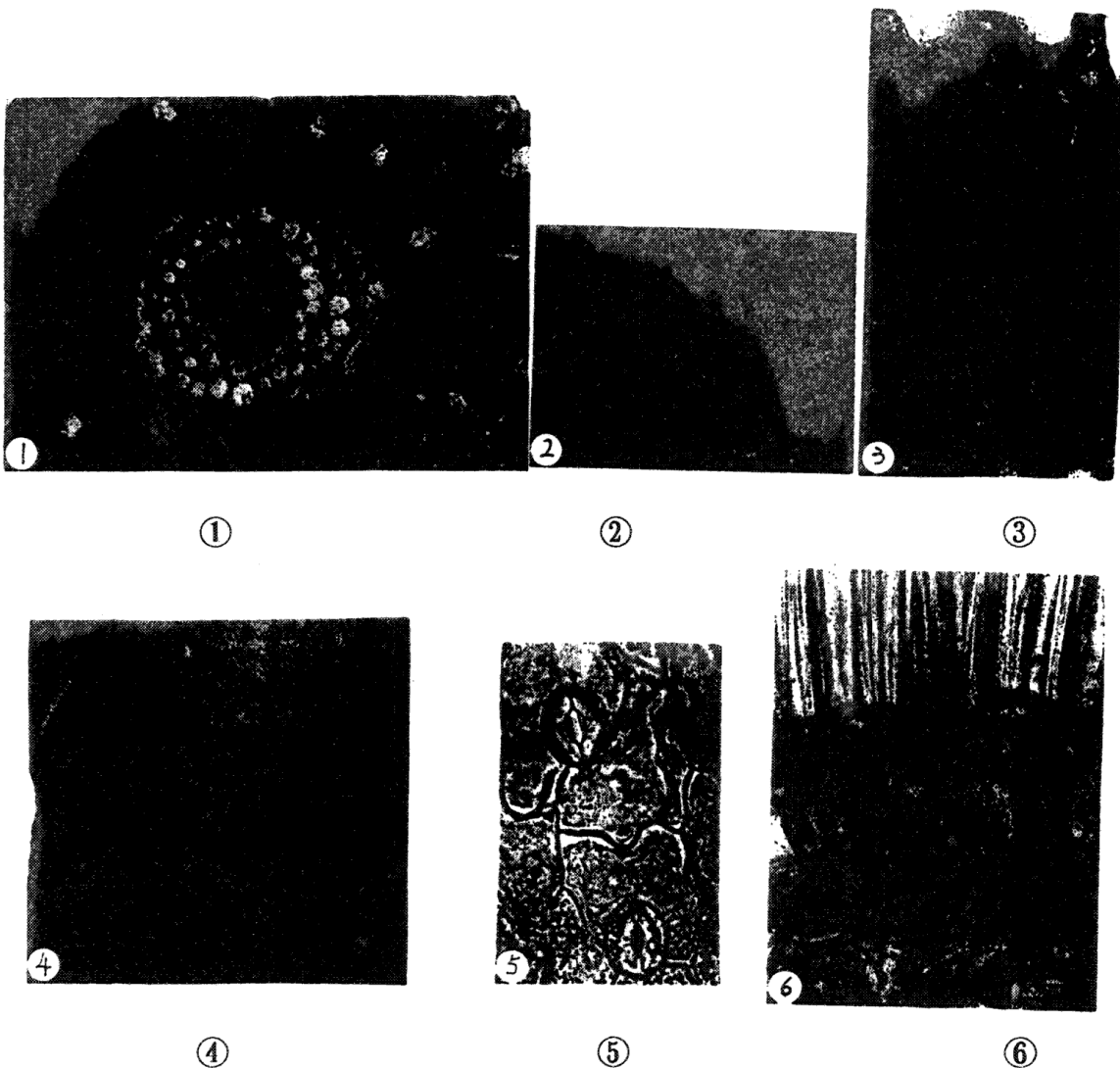


圖 1. 根狀莖具髓的單中柱，木質部的細胞壁呈橙黃色 (bar:50 $\mu\text{m}$ )。

圖 2. 根狀莖中梯紋導管細胞末端的開口 (bar:10 $\mu\text{m}$ )。

圖 3. 葉柄的腎形中柱，內有呈 V 形的木質部 (bar:50 $\mu\text{m}$ )。

圖 4. 葉柄皮層部分的縱切面 (bar:50 $\mu\text{m}$ )。

a：橫隔。

圖 5. 不規則的表皮細胞和略為內陷其中的保衛細胞 (bar:10 $\mu\text{m}$ )。

圖 6. 孢子果壁最內層的細胞中，由特殊形狀的細胞構成的小空腔 (bar:10 $\mu\text{m}$ )。

## 評語

本作品很詳盡的將田野常見的植物“田字草”外部形態及內部構造做描述，深入淺出，照片亦令人賞心悅目，引人興趣，文字之描述亦合理而詳細，為一不可多得的優秀作品，亦可啟發學生研究材料隨手可得的意義，值得推薦。