

夢幻湖之臺灣水韭休眠球莖分布及活力

黃曜謀¹，邱文良¹，張藝翰^{1,2}

¹ 行政院農業委員會林業試驗所；² 通訊作者 E-mail: changii0331@tfri.gov.tw

[摘要] 夢幻湖臺灣水韭族群隨著水位變化呈現季節性消長現象，前人研究報告指出，當夢幻湖從豐水期轉為低水期，臺灣水韭將因其它伴生植物競爭及不耐乾旱而被淘汰；當雨季水位回升時，透過土壤中臺灣水韭孢子有性生殖補充族群株數。我們推測夢幻湖土壤中臺灣水韭休眠球莖對恢復族群植株亦具有關鍵性影響力。為證明此一假設，我們蒐集夢幻湖 6 個樣區土樣並計算臺灣水韭休眠球莖數量及檢測其活力。結果顯示 6 個樣區中，在靠湖岸的樣區，因伴生植物長葉雀稗之優勢生長，未見有臺灣水韭之生長，亦未見其休眠球莖；其餘 5 個樣區土樣中具有密度 2.7-14.0 顆/L 的臺灣水韭休眠球莖，當中 74.8% (80/107) 具有活力，在浸水 2 週內長出新葉。本研究支持假設：夢幻湖內臺灣水韭在低水期葉片枯萎，以休眠球莖方式續存；當雨季水位回升之際，休眠球莖重新長葉及根，其族群個體將可得到補充。

關鍵字： 球莖、休眠、臺灣水韭、夢幻湖、活力

Distribution and Viability of Dormant Corms of *Isoetes taiwanensis* DeVol in Menghuan Pond, Taipei, Taiwan

Yao-Moan Huang¹, Wen-Liang Chiou¹ and Yi-Han Chang^{1,2}

¹Taiwan Forestry Research Institute; ²Corresponding author Email: changii0331@tfri.gov.tw

ABSTRACT The population of *Isoetes taiwanensis* DeVol in Menghuan Pond, Yangmingshan National Park, Taipei, Taiwan, fluctuates seasonally with changes in water level. Previous studies indicate that *I. taiwanensis* individuals intolerant of drought would be eliminated by the competition of other plants during dry season, but the population would recover as spores from sexual reproduction germinate when water level rose during rainy season. In addition to this supplement of spores, we speculate that the dormant corms of *I. taiwanensis* in the soil also have a relevant influence on population recovery. To confirm this hypothesis, we collected soil samples from six plots, and measured the number and vitality of dormant corms of *I. taiwanensis* therein. The results show that soil sampled from the lakeside had no plant and corm of *I. taiwanensis*, which may be caused by the dense growth of *Paspalum longifolium*. The other five plots contained dormant corms, with density varying from 2.7 to 14.0 corms / L. Vital dormant-corms generated new leaves after two weeks of soaking. The total regeneration rate was 74.8% (80/107). This study supports our hypothesis that leaves of *I. taiwanensis* in Menghuan Pond would wither during the period of low water level, but individuals survive by dormant corms. The population would recover when those dormant corms produce new roots and leaves as water level rises in the rainy season.

Keywords: corms, dormancy, *Isoetes taiwanensis*, Menghuan Pond, viability.

前言

臺灣水韭(*Isoetes taiwanensis* DeVol) 是臺灣本島唯一的水韭科物種，由於為臺灣特有種、分布範圍非常侷限且族群內個體數量之波動頗大，因而被列為國家極危物種(臺灣植物紅皮書編輯委員會 2017)。除保育及學術價值外，臺灣水韭也是國內最富盛名的「蕨類植物」(註：最新的分類系統已將包含水韭科植物之石松類從傳統認知之蕨類獨立出來；Smith *et al.* 2006, PPG I 2016, TPG 2019)。因此，在溫室效應逐漸加劇及極端氣候頻繁發生的今日，臺灣水韭的存亡絕續實已成為國人關注自然環境的重要焦點之一。

自臺灣水韭首次被發現以來(DeVol 1972)，陽明山國家公園夢幻湖一直是臺灣水韭唯一天然生育地。臺灣水韭族群之消長與夢幻湖的水位變化密切相關，夏季乾旱期太長時臺灣水韭的生長範圍會被其他植物所取代，如連萼穀精草(*Eriocaulon buergerianum* Körn.) (黃增泉等 1988)、針藺(*Eleocharis congesta* D. Don subsp. *japonica* (Miq.) T. Koyama)、柳葉箬(*Isachne globosa* (Thunb.) Kuntze)、白背芒(*Miscanthus sinensis* Andersson var. *glaber* (Nakai) J.T. Lee)(張永達 2004)，俟秋末冬初至翌年春暖之濕季來臨，臺灣水韭覆蓋率才逐漸回升。惟長時間的浸水亦不利於臺灣水韭的生長，蓋因如水毛花(*Schoenoplectus mucronatus* (L.) Palla subsp. *robustus* (Miq.) T. Koyama)等挺水植物的逐漸擴張，可能會對底層之臺灣水韭產生棲地競爭壓力，反映出長期乾旱或水淹均不利於臺灣水韭生存的現象(林幸助 2015)。

彙整歷年來夢幻湖水位對臺灣水韭族群生存的報告，大多認為穩定且足夠深度的水位最為適當(陳寧庸及張文亮 2010，游雅婷 2013，Yu *et al.* 2013)。然而，夢幻湖長年存在著季節性水位劇烈變化之現象，使得豐水期的臺灣水韭成為沈水植物，植株沉浸在水面下 1-2 公尺，生長良好，枯水期則轉為挺水植物或地上植物，只要土壤濕潤，即便湖床乾涸無

地表水，仍可生存(黃增泉等 1988，張永達及陳俊雄 2003)，因此嚴格說來，臺灣水韭可歸類為半水生植物(或稱兩棲水生植物) (Huang *et al.* 2018)。爰此，夢幻湖水位之季節性變化對於臺灣水韭族群之存續可能有不同面向的意義。

由於夢幻湖滲漏現象一直存在，促使整體植群生態朝陸域化方向演替(張永達 2006)，甚至在 2006 年年初的調查中，臺灣水韭一度僅剩少數幾株，情況十分危殆(陳德鴻 2007)。在移除競爭物種及夢幻湖人工晶化處理後，幾乎完全消失的臺灣水韭，在 2 個月內增加 1 萬棵，被視為植物復育的一個成功案例(陳德鴻 2007)。臺灣水韭可承受短暫的無水淹沒的狀態，若遇土壤長期水分不足或其它伴生物種競爭下，則可能會從地面上「消失」，形成表象上族群滅絕的疑慮(黃曜謀 2018)。即便在無乾旱季出現的年度裡，臺灣水韭族群亦出現季節性消長情況，其族群之回復除以往所提出從土壤孢子長出新植株(張永達 2006，Huang *et al.* 2015)之解釋外，是否尚有其他因素可維持該族群之長久存續，為值得探討之議題。

數種水韭屬物種球莖具有高度耐旱能力(Gaff and Oliver 2013)，Huang *et al.* (2018)亦證實臺灣水韭在持續氣乾條件下(25 ± 2°C，RH 25-45%)，整棵植株會在 2 星期內逐漸脫水，此後重量維持恆定，乾枯植株重量僅為原先植株鮮重 9%；經過一年氣乾後再予以復水，仍有 30%的植株可從球莖長出新葉及根，並恢復正常生長。因此，夢幻湖臺灣水韭族群消長，除了既存之「孢子有性繁殖新幼苗」(張永達 2006，Huang *et al.* 2015)，臺灣水韭球莖轉為休眠狀態因應逆境，可能也是原因之一。

為了更深入瞭解臺灣水韭在天然環境下因應乾旱逆境的能力，本研究於枯水期在夢幻湖永久監測樣區(陳德鴻 2007)採取土壤，調查臺灣水韭的伴生植物，以瞭解其競爭趨勢，並分析湖底土壤中臺灣水韭休眠球莖數量、分布與活力，探討臺灣水韭休眠球莖在原生地水位變化時對族群消長之可能影響。

材料與方法

2018年6月6日適逢夢幻湖低水位之際，沿用陳德鴻(2007)所設立之A4、B、C、D、E、F等6個樣區進行土壤取樣(圖1、表1)，此時各樣區均乾涸、無地表水。根據現場調查，臺灣水韭的休眠球莖大多位於表土5cm深度範圍內，當表土深度超過10cm以上即未再發現。其方法為在距樣區中點0°、120°、240°方

位1m遠處各挖取10cm深×10cm長×10cm寬(=1L)之含有地被植物之完整表土，全部6個樣區共計18份表土，各裝入塑膠袋中，標示樣區編號後，帶回實驗室進行後續觀測。

土壤樣本帶回實驗室後，鑑定地被植物種類及覆蓋度，並特別針對其中的臺灣水韭增測植株數量及其球莖大小。臺灣水韭除了帶植株之球莖以外，土壤中尚含有許多不具有根及葉片之休眠球莖，當各土壤樣本之地被植物全數

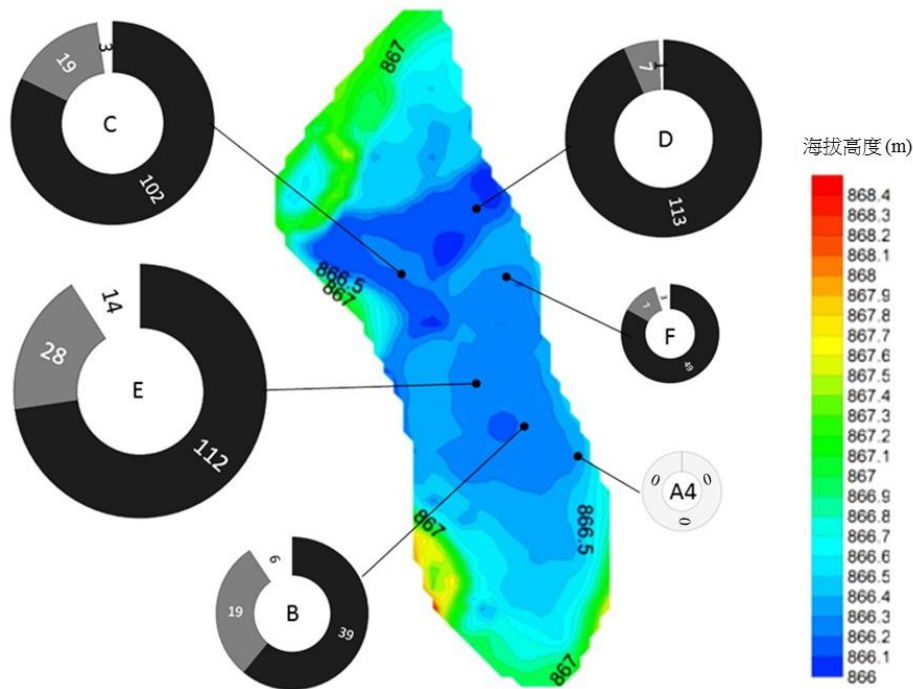


圖 1. 臺灣水韭植株及休眠球莖地理空間分布。輪型圖中央標示樣區編號並依其相對大小表示植株及休眠球莖總合數量多寡。黑色、灰色及白色區塊分別表示植株、活力休眠球莖、無活力休眠球莖數量。彩圖數字及顏色分別表示等高線海拔高度及區塊範圍(地形圖資料來源: 陽明山國家公園管理處)。

表 1. 夢幻湖樣區基本資料

樣區	座標位置及海拔高度	優勢地被植物(覆蓋度)	區域*1
A4	25°10'00" N, 121°33'37.6"E; 866.5m	長葉雀稗 (100%)	湖岸區
B	25°10'00" N, 121°33'37.1"E; 866.4m	臺灣水韭 (60%)、針蘭 (20%)、連萼穀精草 (10%)	湖央區
C	25°10'01" N, 121°33'36.2"E; 866.3m	臺灣水韭 (50%)、針蘭 (30%)、連萼穀精草 (10%)	浚深區
D	25°10'02" N, 121°33'36.8"E; 866.3m	臺灣水韭(90%)	浚深區
E	25°10'00" N, 121°33'36.8"E; 866.4m	臺灣水韭 (80%)、連萼穀精草 (10%)	湖央區
F	25°10'01" N, 121°33'37.2"E; 866.4m	臺灣水韭 (90%)	湖央區

註: *1 1993年陽明山國家公園管理處為拓展臺灣水韭之生存空間，於夢幻湖北區執行浚深工作。2003、2006-2010年陽明山國家公園管理處委託荒野保護協會等民間團體陸續執行淺碟狀浚深工作；依浚深程度，分別將C、D樣區稱之浚深區，B、E、F樣區稱之湖央區，A4稱之湖岸區(林幸助 2018)。

清除後，再用清水沖洗出土壤中 $> 1 \text{ mm}$ 的臺灣水韭休眠球莖(使用解剖顯微鏡之情況下，難以辨識 $\leq 1 \text{ mm}$ 以下塊狀物是否確屬臺灣水韭球莖，故不列入計算)，從而計算土壤中臺灣水韭休眠球莖顆數及其直徑；接著將這些臺灣水韭球莖沉放於 1 cm 水深的塑膠杯中培養，每日更換自來水 1 次，培養 14 日後，以球莖是否抽芽作為是否具有活力之依據。未萌發之球莖之後陸續軟化腐爛，被判識為不具活力休眠球莖(Huang *et al.* 2018)。

結果

一、地被植物

除 A4 樣區地被植物僅紀錄長葉雀稗 (*Paspalum longifolium* Roxb.) 單一物種，覆蓋度 100%，D、F 樣區地被植物僅臺灣水韭單一物種(覆蓋度同為 90%)，其餘各樣區有不同程度覆蓋度的臺灣水韭及其他伴生植物(表 1)。

二、臺灣水韭植株

除了 A4 樣區未發現任何臺灣水韭植株，其餘 5 個樣區表土中，蘊含有為數不等及大小不均的臺灣水韭植株，共計有 415 株，球莖直徑 $1\text{-}20 \text{ mm}$ ，平均直徑 $8.8 \pm 3.9 \text{ mm}$ (表 2)。

具有臺灣水韭植株的 5 個樣區中，以 D 樣區臺灣水韭植株密度最高，B 樣區最低，兩者相差將近 3 倍。若就分布區域而言，除了湖央區 E 樣區以外，浚深區 C、D 樣區的臺灣水韭植株密度明顯高於湖央區的 B、F 樣區。臺灣水韭植株球莖平均直徑以 B 樣區最大，C 樣區最小，樣區中臺灣水韭植株密度與球莖大小呈顯著負相關($r = -0.91^*$, $p < 0.05$)，表示臺灣水韭植株密度越高，其植株球莖則有越小之趨勢。

三、土樣中臺灣水韭休眠球莖

夢幻湖土壤中臺灣水韭休眠球莖直徑 $2\text{-}15 \text{ mm}$ 。然而，各樣區土樣中所蘊藏的臺灣水韭休眠球莖之密度差異性頗大。A4 樣區土樣中未發現臺灣水韭休眠球莖，其餘各樣區土樣

中臺灣水韭休眠球莖之數量、不同活力之球莖直徑與活力球莖比例如表 3 所示。

若排除 A4 樣區不具臺灣水韭休眠球莖不計，其餘 5 個樣區土樣中臺灣水韭休眠球莖密度，以 E 樣區密度最高，D 樣區最低，相差 5.2 倍，活力球莖比例則反之，E 樣區最低 66.7%，D 樣區最高 87.5%。

所有土樣中 107 顆臺灣水韭休眠球莖，其中具活力者佔 74.8% (80 / 107)，其平均直徑顯著大於不具活力者($6.7 \pm 3.5 \text{ mm}$ vs. $4.1 \pm 2.3 \text{ mm}$, $z\text{-test}$, $p < 0.01$) (表 3)，且直徑越大具活力者比例越高；所有直徑 $\geq 12 \text{ mm}$ 的休眠球莖則均具活力(圖 2)。

四、臺灣水韭植株與土樣中休眠球莖

除 A4 樣區未發現臺灣水韭以外，其餘 5 個樣區均同時兼具臺灣水韭植株及休眠球莖，相較兩者數量，臺灣水韭植株多於休眠球莖，達 3.9 倍之多(415 vs. 107)，植株球莖平均直徑亦顯著大於休眠球莖者($8.8 \pm 3.9 \text{ mm}$ vs. 6.0 ± 3.5 , $z\text{-test}$, $p < 0.01$)。

各樣區之臺灣水韭植株數與休眠球莖數量之間，未存顯著相關性($r = 0.22^{ns}$)，表示無法從地上部植株密度高低去推估土壤中休眠球莖的相對多寡，然而，位於浚深區之 C、D 樣區之休眠球莖數量比例(6.6-17.7%)通常低於湖央區之 B、E、F 樣區(16.9-39.1%) (表 2、3)。

討論

一、植物組成與競爭

夢幻湖水位是影響植物社會組成之主要因子(林幸助 2015)，黃增泉等(1988)指出夢幻湖淤積造成挺水植物入侵，與臺灣水韭競爭生存空間。根據施上栗及黃國文(2017)「105-106 年陽明山國家公園夢幻湖生態保護區水文調查計畫」資料，夢幻湖每年平均淤積高度為 2 cm 。A4 樣區自從 2015 年湖岸淤積被禾本科植物入侵之後，臺灣水韭覆蓋度大幅減少(林

幸助 2018)；本次調查時則未發現臺灣水韭植株及休眠球莖的存在，顯示此處淺水域環境臺灣水韭的生育環境持續受到禾本科植物長葉雀稗佔據。現場可觀察到長葉雀稗枯葉堆積厚達數公分，其中還有橫走莖交錯堆疊，緻密的有機質層可能限制臺灣水韭抽芽；雖然臺灣水韭球莖能夠潛浸在土壤中休眠，但若受到禾本科枯葉、走莖的長期遮蔽，很可能喪失活力。同理可解釋荒野保護協會先前移除陸生植物來恢復臺灣水韭原棲地的成功經驗(張永達 2006)，爾後可再採此一作業模式來恢復湖岸區臺灣水韭。然本研究發現湖岸區短缺臺灣水韭休眠球莖，依賴土壤中孢子庫重新建立臺灣水韭族群；土壤孢子產生小苗較休眠球莖費時，平均時間 43 天(Huang *et al.* 2015)，約需再經過 1 年的培養，葉子始長至約 10 cm 長。因此，當此區域移除競爭物種之後，無法在短期(1 年)內即見成效。另外，待透過孢子有性生殖產生臺灣水韭小苗後，還要藉由密集人力定期清理競爭物種，尤以利用走莖拓展族群範圍的物種，來避免臺灣水韭在幼苗階段即被遮蔽死亡。

本研究顯示 B、C、E 樣區臺灣水韭覆蓋度至少佔一半以上，夾雜部分針蘭、連萼穀精草，以覆蓋度來說這 3 個樣區在調查期間臺灣水韭植株佔優勢；然而，根據林幸助(2019)長期監測資料顯示，此三樣區內在兩相鄰季節間臺灣水韭覆蓋度波動可超過 50%，除土壤孢子庫可能提供部分之臺灣水韭新苗(Huang *et al.* 2015)，本研究亦顯示表土中所蘊藏具有活力的臺灣水韭休眠球莖，亦可為適應短期乾濕季節之族群調控機制。臺灣水韭與連萼穀精草之生長範圍相當穩定，被認為是夢幻湖水位相對穩定的生態指標(鄭先祐 1987，張永達 2004)；從物種組成推斷，本研究採土樣之際，夢幻湖湖央及浚深區之土壤仍處於穩定飽水潮濕階段。

D、F 樣區臺灣水韭佔絕對優勢，覆蓋度均達 90%，未發現其他物種。此區位於夢幻湖東北區，也是荒野保護協會先前移除陸生植物最為密集之處(林幸助 2018)，我們推斷除了清

除臺灣水韭的伴生物種之影響外，復加此處在豐水期水位較高，不利於非耐水淹沒的挺水植物生長的結果。

二、臺灣水韭休眠球莖

全世界約有 200 種水韭屬植物(Troia *et al.* 2016)，絕大多數的水韭適生於水中環境(Taylor *et al.* 1992, 1993)，然其中部分物種已被證實具有高度耐旱能力，包括金門水韭(*I. taiwanensis* DeVol var. *kinmenensis* F.Y. Liu, H.H. Chen and Y.L. Hsueh)(廖宇賡及葉媚媚 2009)、澳洲水韭(*I. australis* S. Williams)(Williams 1943)、黑孢水韭(*I. melanospora* Englm.)及席墊水韭(*I. tegetiformans* Rury)(Engelmann 1882, Taylor *et al.* 1993, Musselman 2001)；當遇到水分不足時，葉片及根部枯萎腐爛，透過球莖渡過乾旱期。近年，Huang *et al.* (2018)透過陰乾後復水處理，證實臺灣水韭植株乾枯後，經過復水，可從球莖再抽長出新葉及根。張永達等(2006)也曾提到在清理夢幻湖植被後，有許多臺灣水韭球莖抽出新葉。本研究首次證實夢幻湖表土層中蘊藏相當數量的臺灣水韭休眠球莖，數量約為地面上植株的 1/4，為枯水時期的種源保存方式之一，當水分足夠時可迅速恢復生長，維持族群的存續。

在臺灣水韭先前的栽植實驗中發現，當栽植臺灣水韭的水位逐漸下降葉片露出水面時，原先在水中生長出來的葉片會從末端逐漸向葉片基部枯萎腐爛，若未能及時供應水份，葉片將全數枯爛，轉而形成休眠球莖，直到重新復水，再從球莖中央重新長出另一批葉片(Huang *et al.* 2018)。在人為的控制條件下，臺灣水韭休眠球莖淹水後，重新長出挺空葉，時程僅需 2-3 星期之久；不同於直挺、不耐乾、易折斷的水中葉，重新抽出的挺空葉片通常較短，葉子基部有明顯的彎曲現象，使葉子更為貼近地面以降低蒸散效應。此外，也由於葉子韌性相對增強，使葉片較不易折損，其耐旱能力也隨之增加(黃曜謀 2018)。夢幻湖一年中通常會出現 0-2 個月份乾旱季(中央氣象局 2018)

表 2. 夢幻湖樣區臺灣水韭植株

樣區	株數	植株密度 (mean ± sd; 株 / L)	球莖直徑 (mean±sd; mm)
A4	0	0	--*1
B	39	13.0 ± 4.0	11.0 ± 3.5
C	102	34.0 ± 22.1	7.6 ± 2.9
D	113	37.7 ± 5.5	8.6 ± 3.8
E	112	37.3 ± 9.7	8.7 ± 3.9
F	49	16.3 ± 4.0	10.4 ± 4.7
合計	415	27.7 ± 14.7	8.8 ± 3.9

註 *1 -- 未出現。

表 3. 夢幻湖樣區土樣中臺灣水韭休眠球莖

樣區	活力		無活力		小計			活力休眠球莖比例(%)*3
	顆數	直徑*1	顆數	直徑*1	顆數	密度*2	直徑*1	
A4	0	--	0	--	0	0	--	--*1
B	19	9.7 ± 2.9	6	7.5 ± 2.2	25	8.3 ± 2.1	9.2 ± 2.9	76
C	19	7.5 ± 3.7	3	3.3 ± 1.5	22	7.3 ± 6.7	6.9 ± 3.8	86.4
D	7	5.3 ± 3.2	1	2.0	8	2.7 ± 2.3	4.9 ± 3.2	87.5
E	28	4.4 ± 2.2	14	3.1 ± 1.0	42	14.0 ± 2.6	4.0 ± 2.0	66.7
F	7	7.0 ± 2.6	3	3.3 ± 1.5	10	3.3 ± 2.1	5.9 ± 3.0	70.0
合計	80	6.7 ± 3.5	27	4.1 ± 2.3	107	7.1 ± 5.2	6.0 ± 3.5	74.8

註 *1 mean ± sd; mm

*2 顆數 / L 土樣

*3 活力球莖顆數 / 球莖合計顆數 × 100 (%)

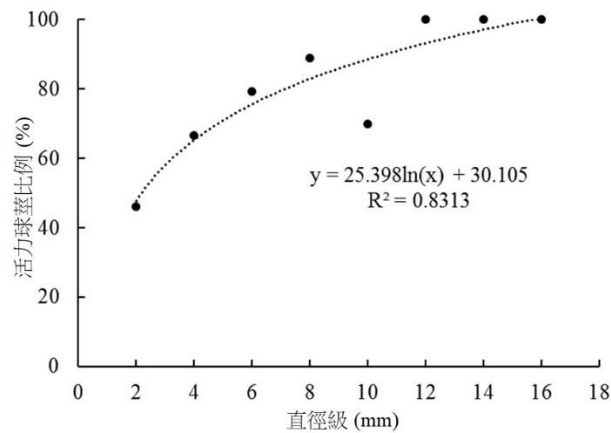


圖 2. 夢幻湖樣區土樣中不同直徑級臺灣水韭活力休眠球莖比例

，夢幻湖區絕大面積會呈現無流動水狀態，只要土壤保持一定程度的濕潤，葉子仍可繼續存活並發揮正常生理功能(張永達及陳俊雄 2003)。

臺灣水韭植株球莖距土表 10 公分範圍內，土中休眠球莖埋藏亦落在此範圍內；當降雨持續不足，表土便容易發生乾涸，較耐旱的臺灣水韭挺水葉也會進一步發生乾枯現象，形成休

眠球莖度過乾旱逆境。Huang *et al.* (2018)證實臺灣水韭休眠球莖維持活力平均時間 6 個月，因為夢幻湖土壤中環境(濕度、空氣、溫度、礦物質)及生物因子(微生物、有機質)有別於實驗室氣乾狀態，埋藏在夢幻湖土中的休眠球莖究竟可維持多久活力，還有待進一步研究。

從本研究之土壤取樣計算夢幻湖的臺灣水韭族群球莖直徑，得知土壤中活力球莖通常

較具地面植株的球莖為小，概因植株葉片行光合作用所產生的養分持續供應球莖生長增大，反觀，埋藏在土壤中的無葉球莖雖然處於休眠狀態，但仍因基礎生理耗能而出現逐漸縮小的現象。

三、原地保育

自 1971 年臺灣水韭在夢幻湖被發現後，有關其保育的問題，長久以來一直甚受各方關切。1993 年夏天，為拓展臺灣水韭生存空間，陽明山國家公園管理處進行夢幻湖北區之浚深工作，而此浚深工作之土方堆置場(位於竹子湖路與陽金公路交會處)，亦曾在 1998 年 5 月興建停車場時發現臺灣水韭蹤跡(陳德鴻 2010)。先前的學者皆認為這是因為土壤中孢子有性繁殖產生植株的結果(陳志雄等 2002)；然而，由本研究結果可合理推測當時浚深土壤中可能夾帶有臺灣水韭休眠球莖，隨後在竹子湖人工濕地成長植株。

儘管張永達(2006)與 Huang *et al.* (2015)皆已先後證實，夢幻湖土壤中有大量的臺灣水韭活力孢子可產生新的幼苗。然而不可忽略的是，夢幻湖土壤中的休眠球莖具有在數週內抽長新根葉的潛力，亦可在乾旱條件下維持活力達 6 個月(Huang *et al.* 2018)，當環境水份回復時，族群數量可獲得補充，這意謂著夢幻湖的土壤不僅是臺灣水韭的孢子庫，也扮演休眠球莖儲藏庫的角色，有效減緩乾旱逆境對臺灣水韭天然族群所造成的傷害。

結論

一、夢幻湖土壤中臺灣水韭休眠球莖數量約為植株的 1/4，樣區間比例差異性大，在地勢較高的湖區出現休眠球莖比例有較高之趨勢。

二、夢幻湖土壤不僅已被證時是臺灣水韭孢子庫，也是其休眠球莖儲藏庫，可供原地保育之種源。

三、若夢幻湖區發生較長期的乾旱，導致其他伴生植物的生長過於茂密時，適時移除該等植物可促進土壤庫中之臺灣水韭休眠球莖的生長發育，有利臺灣水韭的原地保育。

誌謝

承蒙陽明山國家公園 107 年度委辦計畫經費支援，陽明山國家公園管理處同仁行政協助及林幸助教授研究團隊技術指導，方使本研究順利完成。

引用文獻

- 中央氣象局。2018。氣候月平均。
<https://www.cwb.gov.tw/V8/C/C/Statistics/monthlymean.html>。
- 林幸助。2015。陽明山國家公園夢幻湖生態保護區棲地調查與監測。陽明山國家公園管理處委託研究報告，135 頁。
- 林幸助。2018。106-107 年度夢幻湖生態保護區基礎調查計畫。陽明山國家公園管理處委託研究報告，148 頁。
- 林幸助、施上栗、江政人、潘靖汶。2019。108-110 年度夢幻湖生態保護區基礎調查及水文長期監測計畫。陽明山國家公園管理處委託研究期初報告，108 頁。
- 施上栗、黃國文。2017。105-106 年陽明山國家公園夢幻湖生態保護區水文調查計畫。陽明山國家公園管理處委託研究報告，69 頁。
- 陳志雄、周雪美、張永達。2002。竹子湖人工濕地植物資源調查與監測。國家公園學報 12(2):141-155。
- 陳寧庸、張文亮。2010。以生態棲位寬度評估臺灣水韭在陽明山夢幻湖濕地適合生長之水深。農業工程學報 56(3):32-42。
- 陳德鴻。2007。夢幻湖長期生態監測與臺灣水韭復育研究計畫。陽明山國家公園管理處

- 委託計畫報告，68 頁。
- 陳德鴻。2010。夢幻湖臺灣水韭原棲地保育監測及維護工作。陽明山國家公園管理處委託計畫報告，152 頁。
- 游雅婷。2013。環境因子和人為干擾對夢幻湖濕地臺灣水韭的影響。國立臺灣大學農藝學研究所博士論文，135 頁。
- 張永達。2004。夢幻湖水生生態系及水韭棲地復育監測計畫。陽明山國家公園管理處委託計畫報告，43 頁。
- 張永達。2006。陽明山國家公園夢幻湖陸生植物對臺灣水韭生長的影響。陽明山國家公園管理處委託計畫報告，35 頁。
- 張永達、陳俊雄。2003。夢幻湖生態系保護區臺灣水韭保育與植群演替監測。陽明山國家公園管理處委託研究報告，46 頁。
- 黃增泉、江蔡淑華、陳尊賢、黃淑芳、陽國禎、陳香君。1988。夢幻湖植物生態系之調查研究。陽明山國家公園管理處研究計畫，116 頁。
- 黃曜謀。2018。臺灣水韭適生水位研究。陽明山國家公園管理處委託計畫報告，114 頁。
- 廖宇賡、葉媚媚。2009。金門產水韭的耐旱性及其栽培初探。自然保育季刊 68:23-27。
- 鄭先祐。1987。陽明山國家公園夢幻湖生態保護區之研究。陽明山國家公園管理處委託計畫報告，67 頁。
- 臺灣植物紅皮書編輯委員會。2017。2017 臺灣維管束植物紅皮書名錄。行政院農業委員會特有生物研究保育中心、行政院農業委員會林務局、臺灣植物分類學會，187 頁。
- DeVol CE. 1972. *Isoetes* found on Taiwan. *Taiwania* 17(1):1-7.
- Engelmann G. 1882. The genus *Isoetes* in North America. *Transactions of the Academy of Science of Saint Louis. St. Louis, MO* 4:358-390.
- Gaff DF and Oliver M. 2013. The evolution of desiccation tolerance in angiosperm plants: a rare yet common phenomenon. *Functional Plant Biology* 40(4):315-328.
- Huang YM, YL Chang and WL Chiou. 2015. Soil spore bank of *Isoetes taiwanensis* DeVol (Isoetaceae). *International Journal of Plant Reproductive Biology* 7(1):1-7.
- Huang YM, YQ Yap and CW Li. 2018. A semiaquatic but desiccation-tolerant plant, *Isoetes taiwanensis* DeVol (Isoetaceae; Lycophyta). *International Journal of Plant Reproductive Biology* 10(1):10-13.
- Musselman LJ. 2001. Georgia Quillworts. *Tipularia* 16:2-19.
- PPG I. 2016. A community-derived classification for extant lycophytes and ferns. *Journal of Systematics and Evolution* 54(6):563-603.
- Smith AR, KM Pryer, E Schuettpelz, P Korall, H Schneider and PG Wolf. 2006. A classification for extant ferns. *Taxon* 55(3):705-731.
- Taylor WC, NT Luebke, DM Britton, RJ Hickey and DF Brunton. 1993. Isoetaceae Reichenbach Quillwort Family. In *Flora of North America Editorial Committee (eds.) Flora of North America*. Oxford University Press, New York Pp 64-84.
- Taylor WC and RJ Hickey. 1992. Habitat, evolution, and speciation in *Isoetes*. *Annals of the Missouri Botanical Garden* 79(3):613-622.
- TPG: Kuo LY, TC Hsu, YS Chao, WT Liou, HM Chang, CW Chen, YM Huang, FW Li, YF Huang, W Shao, PF Lu, CW Chen, YH Chang and WL Chiou. 2019. Updating Taiwanese pteridophyte checklist: a new phylogenetic classification. *Taiwania* 64(4):367-395.
- Troia A, JB Pereira, C Kim and WC Taylor. 2016. The genus *Isoetes* (Isoetaceae): a provisional checklist of the accepted and unresolved taxa. *Phytotaxa* 277(2):101-145.
- Williams S. 1943. I. On *Isoetes australis* S. Williams, a new species from Western Australia. Part I. General morphology. *Proceedings of the Royal Society of Edinburgh. Section B: Biology* 62(1):1-8.
- Yu YT, HS Lur and WL Chang. 2013. Association of water depth and aquatic-plant competition in conservation of *Isoetes taiwanensis* in the Menghuan Pond wetland in Taiwan. *Paddy Water Environment* 11(1-4):513-519.