

# 以生態棲位寬度評估台灣水韭 在陽明山夢幻湖濕地適合生長之水深

## Using Niche Breadth Measurement to Evaluate the Profitable Water Depth for *Isoetes Taiwanensis* in Dream Lake, Yangmingshan National Park

國立台灣大學  
生物環境系統工程學系  
碩士生

陳 寧 庸  
Neng-Iong Chan

國立台灣大學  
生物環境系統工程學系  
教授

張 文 亮\*  
Wen-Lian Chang

### 摘 要

台灣水韭(*Isoetes taiwanensis* DeVol)生長在陽明山夢幻湖濕地，海拔 866 m，由於長期水位的不穩定與缺水，造成陸生植物的入侵。本研究自 2008 年 7 月分後發現，台灣水韭對於水深的競爭力 (B' 值) 相較於其他植物有下降的趨勢，直到 2008 年 12 月分才回復到對水深有競爭的優勢，並且發現若連續乾旱超過 20 天，台灣水韭的繁殖率就會下降。故要在夢幻湖特定的時間裏維持特定的水量是相當重要的。

與台灣水韭競爭的物種有針蘭、稗藎、水毛花、狹葉泥碳苔與荸薺。在 2008 年的 7 月與 12 月，2009 年的 2 月與 3 月，從 B' 值來看，台灣水韭對於水深較其伴生植物具有較優勢的競爭力，並發現台灣水韭對水深的競爭能力約在受到水位的擾動一個月後，從族群的數量上表現出來，對於繁殖率的相關性係數  $r^2$  值為 0.684；而 11 月、1 月與 2 月的水深分別為 42.5 cm、50.8 cm 與 53.8 cm。然而台灣水韭與挺水性植物對水深的競爭至少水深達 48.5 cm 方具優勢性。使台灣水韭族群具水深的競爭性，水深需維持在 49 cm 左右，水量為  $410 \text{ m}^3$ ；維持台灣水韭族群數量得以存活的水深為 24.79 cm，水量為  $213 \text{ m}^3$ ，使台灣水韭族群面臨可能消失的平均水深為 4.15 cm，水量為  $1.56 \text{ m}^3$ 。

關鍵詞：台灣水韭，競爭，水量，水深，生態棲位寬度。

\*通訊作者，國立台灣大學生物環境系統工程學系教授，10617 台北市羅斯福路 4 段 1 號，wenlian@ntu.edu.tw

## ABSTRACT

*Isoetes taiwanensis* grows in the Dream Lake wetland, Yangmingshan National Park, Taiwan. Because of water shortage and fluctuation of water table, resulted in the terrestrial macrophytes invasion. After July, 2008, compare to other plant species in the lake, the competition for water depth of *I. taiwanensis* (B' value) became lighter, and it recovered until December, 2008. We also found that the reproductive rate of *I. taiwanensis* would decrease while the dry period is more than 20 days. So, it is very important to maintain certain amount of water in its critical period.

The competitors with *I. taiwanensis* are *Eleocharis congesta*, *Sphaerocaryum malaccense*, *Schoenoplectus mucronatus*, *Sphagnum palustre* and *Eleocharis dulcis*. From the B' value of July and December in 2008, February and March in 2009, *I. taiwanensis* have greater potential in competition among most of the species over water depth. It was found that the competence of *I. taiwanensis* could reveal from its population abundance after one month of the disturbance, and its correlation with reproductive rate ( $r^2$ ) was 0.684. Furthermore, the water depth of November, 2008, January and February, 2009, were 42.5 cm, 50.8 cm and 53.8 cm. However, no less than 48.5 cm would *I. taiwanensis* compete against emergent macrophytes. In conclusion, when water depth was over 49cm, *I. taiwanensis* would have greater potential in competition among most of the species over water depth, and its water quantity is 410 m<sup>3</sup>. While water depth was 24.79 cm, water quantity is 213 m<sup>3</sup> could it maintain the population size of *I. taiwanensis*. 4.15 cm of water depth with 1.56 m<sup>3</sup> water quantity would probably cause *I. taiwanensis* distinction.

**Keywords:** *Isoetes taiwanensis*, Competition, Water quantity, Water depth, Niche breadth.

## 一、前 言

台灣僅有兩種水韭(*Isoetes*)，一種是金門水韭(*Isoetes kinmenensis*)，一種是台灣水韭 (*Isoetes taiwanensis* DeVol)，前者目前只發表在學術報告上，尚未正式命名[27]。在分類學上，台灣水韭屬於蕨類植物門(*Pteridophyta*)，真蕨綱(*Pteropsida*)，水韭目(*Isoetales*)，水韭科(*Isoetaceae*)，水韭屬(*Isoetes*) [6, 3]。在個體生物學上，台灣水韭的世代交替分為孢子體 (sporophyte) 與配子體 (gametophyte)，孢子體的葉子為孢子葉，孢子葉產生孢子囊；台灣水韭會產生大孢子(megaspore)與小孢子(microspore)；孢子多於秋冬發芽，此時不產生孢子葉；生長季之初(2、3月)與生長季之末(9、10月)多長大孢子葉，6、7月分多產生小

孢子葉，孢子囊一般發生於 2、3 月，於 9、10 月成熟，於秋冬季孢子囊壁崩解，釋出孢子，混生孢子囊多出現於 4、5 月分與 9、10 月分；台灣水韭的配子體是內生孢子型(Endosporic type)，於秋、冬季時形成，配子體很小且無葉綠素，養份多來自孢子體提供[28]。水韭除了以孢子繁殖外，也可以分株法來繁殖[29]。

台灣水韭為多年生沉水性植物，可與其伴生植物共同生長在短暫沒有水的時間裏，常與台灣水韭共生的植物為狹葉泥碳苔(*Sphagnum cuspidatum*)。台灣水韭在 1971 年，經由徐國士先生及張惠珠女士首度發現，由台大植物系教授隸慕華在 1972 年根據其生理構造與生活習性，命名為台灣水韭(*I. taiwanensis*)，並認為是台灣特有種。

## 1.1 水韭

水韭(*Isoetes*)，在 1741 年由 Dillenius 以 quillwort 和 Merllyn's Grass 第一次被記錄下來，在 1751 年由林奈(Linnaeus)命名，於 1753 年正式建立水韭屬。第一個詳細記錄水韭生長的人是 Delile，於 1827 年他觀察了水韭隨著季節的生長和生活史，對於水韭的形態作了一個更完整的記錄。在 1828 年 Reichenbach 提出水韭的科名—水韭科(*Isoetaceae*)。1880 年，Baker 從地理分佈的角度列出了 46 種的水韭，並發現水韭具有景天酸代謝(CAM, Crassulacean Acid Metabolism) [12]，水韭的初級消費者，從魚類、鳥類、家畜、麝鼠到人類，並且水韭的形態與棲地間是有很小的相關性[16]；至今已發現的水韭全屬約有 250 餘種[20]。

水韭生長速率緩慢，最適合生長的環境是軟性寡養的水域(softwater oligotrophic lake) [17, 5]，且在較深的水中生長良好，常和泥碳苔(*Sphagnum*)相互競爭；在較淺的水域或經常被擾動的水域也會有水韭生長，但一般都不會超過 1-2 年進入成熟的繁殖期，主要是因為在較淺的水域所形成的波浪會損毀水韭植株，也會有陸生和挺水性植物與之競爭[23, 1]。在西班牙 Baciver 湖的研究中發現 *I. lacustris* 在深水(2.3 m)與淺水(0.8 m) *I. lacustris* 的每年植體乾重分別是 226 g/m<sup>2</sup>和 75 g/m<sup>2</sup>，在 Baciver 湖 10 月到 3 月結冰的時期，*I. lacustris* 的生產量是較低的[4]。

## 1.2 水深影響植物的生長

在水深固定的條件下，不同的植物對應不同的水深有不同的忍受度[21]。水韭可以生長在不同的棲地，可以長期被水淹，也可以生長在有乾濕交替的棲地中[24]。適應在濕地中不同微棲地的植物族群因著不同的環境條件，如不同的水深、水流停滯時間和頻率都會影響濕地中植物群落的分佈，兩棲性的植物(amphibious plants) 最可以適應淹水與乾旱交替型的濕地，例如莎草科(*Cyperaceae*)、燈心草科(*Juncaceae*)、禾本科(*Graminea*)、繖形花科(*Apiaceae*)、千屈菜科(*Lythraceae*)等都是兩棲性的植物，適合生長在乾

濕交替型的濕地中，但對於濕地植物群落影響最大的是有無水量的環境條件[2]。

水位變動的尺度隨時間來區分可分為兩種：1. 季節性的水位變動；2. 每十年或更久才一次的水位變動；夢幻湖濕地屬於前者。季節性的水位變動可以使一年生的植物，在一年不同的季節裏隨著不同的水位需求而發芽生長；相對地，多年生的植物全年都會隨著不同的水位而生長，有些會隨著季節改變地上部的形態[19]；有些會用不同的代謝途徑渡過較厭氧的時期[14]。季節性的水位變化會增加物種多樣性[22]，同時它也是湖泊生態系的一個天然擾動，究竟多大的擾動才可以有最大的物種多樣性至今仍無法了解[11, 26]。

水位較淺時，土壤會偏向好氧態；水位升高時，土壤會從好氧態轉變成厭氧態[18]。提高水位的一個重要影響是消除樹木和灌木的種子庫[10]。在陸生與水生環境的過渡區(transition zone)是種子數量最多的地方，這可能是因為水位在過渡區有乾濕交替的變動，使得這裏的種子庫存有沉水性和挺水性植物的種子[15]。

水位變動幅度大是夢幻湖濕地的一大特色，這也正與濕地的演替及當中植物的競爭息息相關。故管理夢幻湖濕地的水量，減緩陸域化，是攸關著台灣水韭可生長空間的範圍，過去對水韭生態上的研究多發表在歐洲，本研究是以陽明山夢幻湖濕地的台灣水韭，與其伴生植物每個月的生長情形與水深的調查，欲找出最適合台灣水韭生長在不同水深時的生態棲位寬度(niche breadth)，使夢幻湖濕地可以從水位的管理來控制植物的競爭，減輕人為介入移除強勢物種的次數，以達生態工程管理的目的。

## 二、材料與方法

### 2.1 棲地背景資料

夢幻湖濕地位於台灣陽明山國家公園，是因一山坡面之崩滑運動作用之下，形成的堰塞型天然濕地[30]。湖區海拔約 860 公尺，位於北緯 25°10'01"，東經 121°33'37"，在陽明山國家公園的中央偏南，七星山的東南麓。夢幻湖濕地的集

表 1 竹子湖氣象站資料

	2008 6	2008 7	2008 8	2008 9	2008 10	2008 11	2008 12	2009 1	2009 2	2009 3	2009 4
雨天日數	19	11	7	20	21	21	14	18	16	18	17
雨量(mm)	207	385	21.3	1816	367	489	162	228	128	204	110
最大日雨量(mm)	45	188	12.5	448	73	128	50.5	47	42	40.5	24
平均風速(m/s)	1.07	1.17	1.1	1.83	2.37	2.53	2.8	2.77	2.27	2.3	2.17
極大風速(m/s)	15	24.9	12.3	26.6	16.8	18.9	18.4	18.3	20	22	18.6
最多風向	NE	NE	NE	NE	NE	NNE	NNE	NNE	NNE	NNE	NE
平均相對濕度%	86.3	81.7	83.3	88.7	90.7	88.3	82	84	83.3	82.3	78
氣溫	23.2	24.6	24.9	23.4	21.3	16.8	13.7	10	16.5	14.6	16.9
日照時數(hr)	122	164	192	123	131	91.9	140	95.2	123	87.7	104

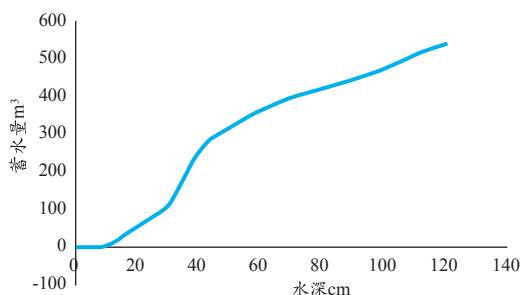


圖 1 夢幻湖濕地蓄水量圖

水區面積約為 43,400 m<sup>2</sup>，湖區面積約 3,200 m<sup>2</sup>。湖區秋冬季節到次年的二、三月分都受東北季風的影響，氣溫低，降雨量多，甚至有時下雪。夏季則受到西南季風影響，天氣時常晴朗，且有午後雷陣雨，於 2008 年記得的年總降雨量為 4814 mm。夢幻湖濕地於 2008 年的年均溫為 18.72°C，年相對濕度變化量從 70%至 93%。夢幻湖濕地的水質偏酸性，pH 值的變化在 3.81~4.88 之間，土壤假比重為 0.71 g/cm<sup>3</sup>，土壤滲透系數平均為 1.42 (K<sub>20</sub> m/day)，土壤質地分類為沙質壤土，有機質百分比為 4%，穿越線上水深可以從 0 cm 到 78.9 cm，水位變化量最大可達到 76.0 cm。於湖區的西面，靠近七星山坡處發現有幾處裂隙，當水位漫過裂隙時(約 49.2 cm 水深)，會於湖區南面的山麓流出。於 2008 年 9 月、10 月、11 月、2009 年 1 月與 2 月均發現出水口有水流，流量從 2.54 × 10<sup>-4</sup> 至 6.93 × 10<sup>-4</sup> cms，夢幻湖濕地的最大

蓄水量為 538 m<sup>3</sup> (圖 1)。由於氣象站於 9 月故障後沒有再延用，故以距離夢幻湖濕地最近之氣象站，竹子湖氣象站的資料替補作為參考(表 1)，竹子湖氣象站離夢幻湖約 3 km。

近二十幾年間，由於七星山坡地曾經被人為無意縱火焚燒，下雨後土壤沖蝕嚴重，常淤積在湖區的西側，使每年湖底都會增加淤積，所增加的土壤厚度遠超過過往天然淤積的速度 0.8 公釐 [30]；國家曾在夢幻湖濕地北邊到西邊修築木棧道，與東邊及南邊的產業道路相連接，一方面造成了夢幻湖濕地棲地的破碎化，無法與其他生態系統連續，也造成附近集水區的水流經木棧道就可能外漏而無法進入湖區；政府也曾在湖邊栽植柳杉，增加了湖區的蒸發散量，柳杉所掉落的枝葉也會增加湖區水域的有機質，造成夢幻湖濕地之生態環境特性有所改變；淤積了的底床減少了湖區的水位，造成較強勢的水生植物與陸生植物的入侵，開始與台灣水韭相互競爭生長空間，改變了原本沼澤濕地的演替，也改變了湖區的景觀，促使台灣水韭棲地逐漸陸域化，夢幻湖濕地更曾經一度全區無水，並長滿了陸生植物，如白背芒(*Miscanthus sinensis*)。透過陽明山國家公園管理處曾於 2004~2005 年期間進行「夢幻湖水生態系及水韭棲地復育監測」計畫研究調查，發現夢幻湖濕地內的水量正呈嚴重流失現象，並發現夢幻湖濕地呈一度剩下不到十株的數量，有幾近消失之虞。

表 2 夢幻湖濕地穿越線上的植物物種名錄

編號	植物名稱	科別	學名
1	台灣水韭	水韭科	<i>Isoetes taiwanensis</i> DeVol.
2	連萼穀精草	穀精草科	<i>Eriocaulon buergerianum</i> Koern.
3	小蒼菜	睡菜科	<i>Nymphoides coreana</i> (Lev.) Hara.
4	水毛花	莎草科	<i>Schoenoplectus mucronatus</i> (L.) Palla. subsp. <i>Robustus</i> (Miq.) T. Koyama.
5	針蘭	莎草科	<i>Eleocharis congesta</i> D.Don. subsp. (Miq.) T. Koyama.
6	柳葉箬	禾本科	<i>Isachne globosa</i> (Thunb.) O. Kuntze.
7	水豬母乳	千屈菜科	<i>Rotala rotundifolia</i> (Roxb.) Koehne.
8	錢蒲	燈心草科	<i>Juncus prismatocarpus</i> R. Br
9	稈蓋	禾本科	<i>Sphaerocaryum malaccense</i> (Trin.) Pilger.
10	狹葉泥碳苔	泥炭苔科	<i>sphagnum palustre</i> L.
11	葶薺	莎草科	<i>Eleocharis dulcis</i> (Burm. F.) Trin.
12	七星斑囊果藎	莎草科	<i>Carex phacota</i> Sprengel.
13	白背芒	禾本科	<i>Miscanthus sinensis</i> Anderss var. <i>glaber</i> (Nakai) J.T. Lee.
14	燈心草	燈心草科	<i>Juncus effuses</i> L. var. <i>decepiens</i> Buchen.

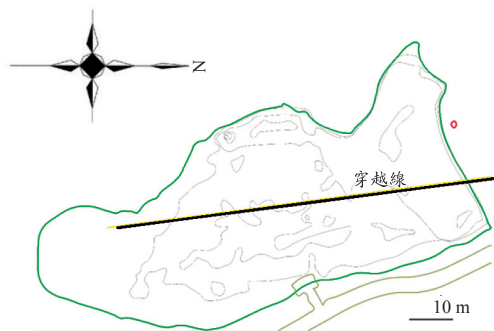


圖 2 夢幻湖濕地穿越線位置(綠色為夢幻湖區、黑色為穿越線)

$$B' = \frac{1}{\sum_{j=1}^r (p_j^2 / a_j)} \dots\dots\dots(1)$$

- $B'$  : Hurlbert 的生態棲位寬度
- $j$  : 資源所分佈的區域
- $p_j$  : 某物種在  $j$  點時出現的機率( $\sum p_j = 1.0$ ), 即某物種在  $j$  點的株數除以整條穿越線上該物種的總株數
- $r$  : 分佈的最多區域數
- $a_j$  : 資源在  $j$  點佔總資源的百分比( $\sum a_j = 1.0$ )

### 三、結果與討論

#### 2.2 棲地植物種類調查(表 2)

#### 2.3 調查方法—穿越線法

於 2008 年 7 月到 2009 年 3 月, 以穿越線採樣法每月收集各種植物數量的資料。穿越線總長 94 m (圖 2), 以 1 m × 1 m 之網格每 2 m 採樣一次, 做網格中之各種植物數量的數點, 並檢測每樣點的水深、水溫與土溫。

#### 2.4 理論分析

水位與植物生長量以 Levins's Measure [13] 來分析, 此方法是以生態棲位寬度(niche breadth)在計算在特定資源條件下物種分佈的均一性, 而後有學者對於此方法作出了修正[8], 公式如下:

#### 3.1 各月分不同植物的生長情形

由表 3 中可以發現, 台灣水韭族群的出現頻率從在 2008 年 9 月到 2009 年 2 月都不斷地增加; 針蘭則從 2008 年 10 月到 2009 年 1 月不斷地下降, 在 1 月分達 0.9%, 針蘭生長最旺盛是在 2008 年 8 月; 稈蓋出現頻率最多是在 2008 年 9 月分, 但也是在 1 月分時出現最低值; 主要是因為進入秋冬, 氣溫降低, 水位升高, 針蘭與稈蓋便枯萎(休眠), 來年春季再由埋於土裏的地下部或匍匐莖萌發。狹葉泥碳苔則在一月分出現頻率最高, 達 60.1%; 水毛花在 11 月分的出現頻率也是最高的, 達 4.3%。只有台灣水韭與狹葉泥碳苔於 1、2 月分達到族群的最大豐度。

表 3 各月分不同植物的出現頻率

(單位：%)

	2008 7/12	2008 8/20	2008 9/5	2008 10/29	2008 11/28	2008 12/17	2009 1/15	2009 2/19	2009 3/19
水毛花	2.6	3.07	2.61	1.54	4.31	3.38	3.14	2.01	1.85
<i>Schoenoplectus mucronatus</i>									
針藺	22.9	42.9	29.6	33.5	24.6	21.9	0.86	8.55	15.3
<i>Eleocharis congesta</i>									
台灣水韭	8.1	14.8	8.57	9.83	14.4	23.6	26.9	32.7	25.5
<i>Isoetes taiwanensis</i>									
稈蓋	22.1	26.4	30	23.1	19.1	15.7	7.58	10.9	16.6
<i>Sphaerocaryum malaccense</i>									
狹葉泥碳藓	33.9	6.64	22.2	28.4	35.6	32.4	60.1	44.6	38.3
<i>Sphagnum palustre</i>									
連萼穀精草	7.06	0.313	2.2	0.116	0.207	0.674	0.164	0.682	0.546
<i>Eriocaulon buergerianum</i>									
白背芒	0.313	1.14	0.362	0.241	0.038	0.112	0.086	0.103	0.03
<i>Miscanthus sinensis</i>									
荸薺	0.821	0	2.27	2.88	1.31	2.09	0.821	0.293	1.65
<i>Eleocharis dulcis</i>									
燈心草	0	2.72	0.171	0	0.253	0	0.078	0.024	0.089
<i>Juncus effusus</i>									
錢蒲	0.618	1.92	1.96	0.366	0.238	0.217	0.112	0.182	0.236
<i>Juncus prismatocarpus</i>									
七星斑囊果苔	1.51	0.038	0.019	0	0	0.007	0	0	0
<i>Carex phacota</i>									
小苔菜	0.034	0.085	0.019	0	0.008	0.007	0	0	0
<i>Nymphoides coreana</i>									
圓葉節節菜	0.008	0	0	0	0	0	0	0	0
<i>Rotala rotundifolia</i>									
柳葉箬	0	0	0	0	0.031	0	0.19	0	0
<i>Isachne globosa</i>									
平均水深(cm)	1.83	16.6	8.95	48.7	42.5	11.7	50.8	53.8	25.7

將穿越線上的 48 個採樣點的每種植物由 2008 年 9 月到 2009 年 2 月對應時間，可得出每個樣點各種植物的平均繁殖速率，單位為株/天，取相關係數( $r^2$ )大於 0.2 者，得到各種植物從 2008 年 9 月到 2009 年 2 月的繁殖速率：台灣水韭為 0.886 (S.D 0.56)、針藺為 -0.578 (S.D 0.517)、稈蓋為 -0.508 (S.D 0.396)、水毛花為 -0.05 (S.D 0.167)、連萼穀精草為 -0.04 (S.D 0.098)、狹葉泥碳苔為 0.677 (S.D 0.71)、荸薺為 -0.079 (S.D 0.06)、白背芒為 -0.043 (S.D 0.096)。發現只有台灣水韭與狹葉泥碳苔的繁殖速率是正值，分別為

0.886 株/天與 0.667 株/天，其餘的植物族群數量皆為負成長。台灣水韭族群從 9 月到 2 月都不斷地成長，而在 10、11 月分與 1、2 月分都超過 40 cm；另外，此時的針藺、稈蓋和水毛花呈現枯萎，使得水韭對於水深具有競爭的優勢。相關係數取 0.2 主要是因為要有足夠多筆的數據來求出較有代表性的數值。

### 3.2 台灣水韭繁殖率與乾旱日數的關係

記錄 48 個測點上乾旱的日數，以相鄰兩個月採樣時若無水位記錄，則累加採樣間隔日數，

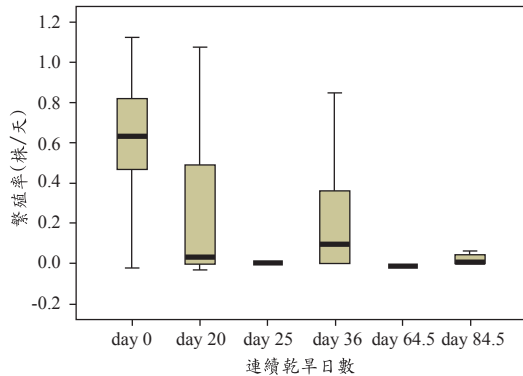


圖 3 台灣水韭在連續乾旱時的生長率

記為乾旱日數；若相鄰兩個月其中一個月於採樣時有水位記錄，則累加採樣間隔日數一半之日數，記為此二月間之乾旱日數。

以 48 個測點對應不同的乾旱日數，由 2008 年 7 月到 2009 年 2 月，作出每個測點上台灣水韭的繁殖率為圖 3。由圖 3 可見，台灣水韭在乾旱 0 天的時候繁殖率的中間值最高，說明台灣水韭為一種不耐旱之沉水性水生植物，於長期淹水下對於其繁殖狀況是良好的，但是一旦連續乾旱約 20 天，台灣水韭的繁殖率就會受影響。

以此計算方法定義乾旱日數並不是很客觀，主要是因為在現場的氣象儀器時常固障，以致於乾旱日數的資料無法連續，因此計算方法為折衷的做法，若有理想的氣象站儀器在這裏的計算將會更加準確。

### 3.3 各種植物各月分的生態棲位寬度

由式(1)得出表四中的各值。表 4 中，7 月、12 月、2 月與 3 月台灣水韭的 B' 值相對較高，顯示在這幾個月分台灣水韭對於水位較具有競爭力。從 11 月開始可見台灣水韭的 B' 值開始上升，12 月分的水位下降造成了 1 月分台灣水韭的 B' 值下降，1、2、3 月連續穩定的高水位使水韭的 B' 值一直維持在高的水平。然而，因為 7 月分的平均水位只有 2.2 cm，在計算上隱藏了許多競爭的資訊，故 7 月分的 B' 值較不具代表性；由於 7 月的乾旱，8 月分台灣水韭的 B' 值呈現下降的趨勢。故以表 3 之平均水深對應當月的 B' 值，下

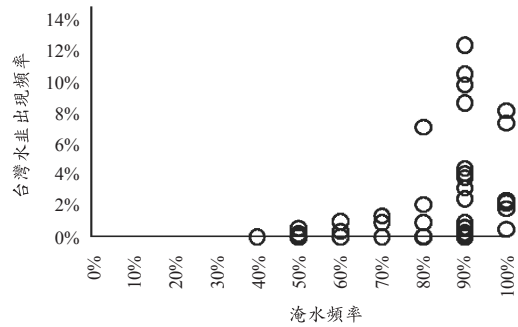


圖 4 淹水頻率與植株出現頻率

個月的 B' 值與隔兩個月後的 B' 值，取 9 月到隔年 3 月之 B' 值，發現台灣水韭族群對於水深的競爭力約在受水位變化擾動約一個月後呈現出來的  $r^2$  達到 0.684，P 值小於 0.05 (當月水深對應當月的 B' 值  $r^2$  為 0.0007、當月水深對應兩個月後的 B' 值  $r^2$  為 0.388)。由此也顯示，Hurlbert's niche breadth 的理論其不足之處：由於對資源的分配是以主觀來定出，即水深的間隔公分數是主觀定出的，將造成計算上的誤差。

以各月分 48 個測點上是否有淹水來區分，做出台灣水韭出現頻率對應淹水頻率的圖(圖 4)，發現台灣水韭出現最多的頻率是在淹水 90% 的樣點上，這些樣點出現的水深分佈在 24.79 - 49.2 cm，對應的海拔高度為 866.05 - 866.29 m。以湖區的等高線圖可得出夢幻湖濕地於不同高層的蓄水量(圖 1)，換算 866.05 - 866.29 m 對應的水量為 213-284  $m^3$ 。若以台灣水韭具有競爭優勢的水位來看的話，即 10 月、11 月、1 月與 2 月的水位(表 3)，取其平均可得出為 49 cm 的水深，對應的海拔為 866.63 m，水量為 410  $m^3$ 。

### 3.4 台灣水韭植株出現頻率與水深的關係

以各月分台灣水韭在 48 個樣點上有出現算為 1 次，對應平均水深與水深變動量，可得出圖 5 與圖 6，它們的平均值與標準差分別為  $33.1 \pm 82$  SD (cm) 及  $57.9 \pm 68$  SD (cm)，將水深平均值  $\pm 1/2$  的水深變動量值，對應圖一可推測出台灣水韭可承受的水深變動範圍為 4.15 cm - 62.05 cm，對應的水量分別為 2  $m^3$  與 351  $m^3$ 。由此推論，由

表 4 各月分各種植物的 B' 值

	2008 7/12	2008 8/20	2008 9/5	2008 10/29	2008 11/28	2008 12/17	2009 1/15	2009 2/19	2009 3/19
水毛花	0.842	0.478	0.49	0.657	0.622	0.489	0.494	0.494	0.412
<i>Schoenoplectus mucronatus</i>									
針蘭	0.735	0.766	0.693	0.494	0.352	0.608	0.264	0.217	0.394
<i>Eleocharis congesta</i>									
台灣水韭	0.947	0.566	0.386	0.452	0.553	0.64	0.504	0.59	0.593
<i>Isoetes taiwanensis</i>									
稈蓋	0.84	0.752	0.611	0.464	0.352	0.611	0.622	0.233	0.335
<i>Sphaerocarum malaccense</i>									
狹葉泥碳藓	0.899	0.462	0.513	0.479	0.582	0.605	0.694	0.548	0.595
<i>Sphagnum palustre</i>									
連萼穀精草	0.918	0.448	0.606	0.333	0.391	0.772	0.308	0.104	0.239
<i>Eriocaulon buergerianum</i>									
白背芒	0.497	0.338	0.354	0.145	0.120	0.423	0.083	0.166	0.156
<i>Miscanthus sinensis</i>									
荸薺	0.643	0.88	0.78	0.524	0.407	0.67	0.415	0.232	0.578
<i>Eleocharis dulcis</i>									
燈心草	-	-	0.354	-	0.021	-	-	-	0.104
<i>Juncus effusus</i>									
錢蒲	0.813	0.396	0.354	0.044	0.053	0.25	0.096	0.034	0.158
<i>Juncus prismatocarpus</i>									
七星斑囊果苔	0.813	0.109	0.354	-	-	0.25	-	-	-
<i>Carex phacota</i>									
小蒼菜	0.813	0.188	0.083	-	0.042	0.125	-	-	-
<i>Nymphoides coreana</i>									
圓葉節節菜	0.813	-	-	-	-	-	-	-	-
<i>Rotala rotundifolia</i>									
柳葉箬	-	-	-	-	0.021	-	0.096	-	-
<i>Isachne globosa</i>									

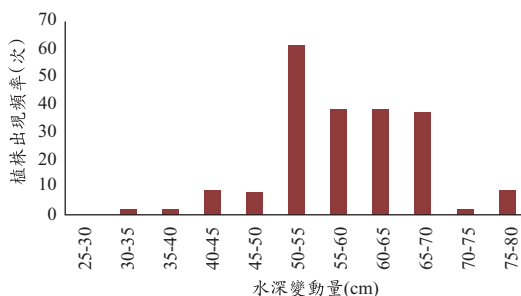


圖 5 台灣水韭植株出現次數與水深變動量的關係

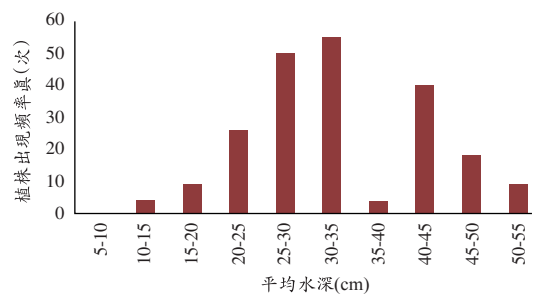


圖 6 台灣水韭植株出現次數與平均水深的關係

7 月到隔年 3 月，使台灣水韭族群可能消失的平均水深為 4.15 cm，水量為 1.56 m<sup>3</sup>，使台灣水韭

族群量開始減少的平均水深為 24.79 cm，水量為 213 m<sup>3</sup>，使台灣水韭在生存空間上具有水位競爭



優勢的水深為 49 cm，水量為 410 m<sup>3</sup>。

在 35-40 cm 平均水深的地方，所出現的全部機率都在穿越線上的 42 m 與 44 m 處，該處從 2008/7 到 2009/3 共出現四次有台灣水韭的情況，每次最多不超過 2 株台灣水韭，推測此區域影響台灣水韭生長的因子主要並非由水深所控制。

有研究指出[25]，在 0.5 m 的水中，生長著許多挺水性植物，當水深加深 0.3-0.5 m 時，植物的分佈有極大的改變，挺水性的植物分佈的面積下降了 14%，沈水性的植物則開始長出來。而且，水量快速流失所造成的水量不足會改變土壤的物理化學性質，直接影響挺水植物的入侵和演替[7]。所以，提高夢幻湖濕地的水位可以幫助台灣水韭的生長，所提供的水量資訊則可以讓管理者合理地提供足夠的水量，使台灣水韭的族群得以保育下來。

## 四、結論與建議

### 4.1 結論

1. 台灣水韭族群從 10 月到 2 月一直在成長，此時 (除 12 月分)水深都超過 40 cm，說明湖區在秋冬季有較高的蓄水量，使得其族群特別有競爭優勢。
2. 台灣水韭並非為一種可耐乾旱的沉水性植物，只要連續乾旱超過 20 天，其族群繁殖率就會受影響。
3. 台灣水韭對水深的競爭力，從 B' 值來看，所對應的月分為約一個月前的水位變動，相關性 r<sup>2</sup> 達 0.684，P 值小於 0.05；7 月、12 月、2 月與 3 月台灣水韭的 B' 值相對較高，顯示在這幾個月分台灣水韭對於水位較具有競爭力，而對應 2008 年 11 月、2009 年 1 月與 2 月分的平均水位都超過 40 cm。
4. 發現台灣水韭出現最多的頻率是在淹水 90% 的樣點上，這些樣點出現的水深分佈在 24.79 - 49.2 cm，相對水量為 213-284 m<sup>3</sup>。若以 10 月、11 月、1 月與 2 月的水韭生長水位，取其平均可得出為 49 cm 的水深，相對水量為 410 m<sup>3</sup>，維持台灣水韭族群量適合存在的臨界水深為 24.79 cm，水量為 213 m<sup>3</sup>，使台灣水韭族群可

能消失的平均水深為 4.15 cm，相對水量為 1.56 m<sup>3</sup>。

### 4.2 建議

1. 從研究中發現 7 月分為台灣水韭缺水時間，然乾旱可能從 5 月分已經開始，雖然台灣水韭生存具競爭優勢的水深為 56 cm，並不代表全年湖區需維持如此的水深，根據中度擾動學說 (intermediate disturbance hypothesis) [8]，偶爾的乾旱對台灣水韭而言是有助益的，只是連續乾旱的時間不可超過 20 天，故若湖區有超過 20 天無水的情形，需另外採取方法取水補助。
2. 因棲地中長期有水，陸生植物如柳杉、白背芒等不易成為水韭的競爭者，與台灣水韭在夢幻湖濕地競爭的植物主要為挺水性植物，有稈蘆、針蘭、水毛花和荸薺。長期維持水深大於 40 cm 的確是可以壓抑或消滅挺水性植物，然而棲地長期有水不一定對水韭有益，若逢挺水性植物大量萌發，以致影響台灣水韭族群至滅亡臨界數量時，人為介入去除挺水性植物管理法是可適用的。
3. 過去木棧道的修築可能是造成有漏水點的原因，同時，從集水區(七星山)所匯集之地表逕流亦會由修築木棧道時打樁的裂縫形成優勢流而漏走，這都是造成湖區水量不足的原因，可考慮用混凝土層與黏土層將木棧道之基底補起來。另外，湖區缺水時也可以從別處(如冷水坑)接管引水來補注。

## 五、參考文獻

1. Brock, M. A., Theodore, K. and O'Donnell, L., "Seed bank methods for Australian wetlands," *Australian Journal of Marine & Freshwater Research*, Vol. 45, pp. 483-493, 1994.
2. Casanova, M. T. and Brock, M. A., "How do depth, duration and frequency of flooding influence the establishment of wetland plant communities?" *Plant Ecology* Vol. 147, pp. 237-250, 2000.

3. Clapham, A. R., Tutin, T. G. and Moore, D. M., Flora of the British Isles, Cambridge, pp. 3, Ed. 3, Cambridge University Press, Cambridge etc., 1987.
4. Gacia E. and Ballesteros E., "Production of *Isoetes lacustris* in a Pyrenean lake : seasonality and ecological factors involved in the growing period," *Aquatic Botany*, Vol. 48, pp. 77-89, 1994.
5. Gacia, E., Ballesteros, E., Camarero, L., Delgado, O., Palau, A., Riera, J. J. and Catalan, J., "Macrophytes from lakes in the eastern Pyrenees: community composition and ordination in relation to environmental factors," *Freshwater Biology*, Vol. 32, pp. 73-81, 1994.
6. Geroge, H. M., Taxonomy of vascular plants, pp. 335, 340, The Macmillan company, New York, 1955.
7. Harris, S. W. and Marshall, H. "Ecology of a water level manipulation on a northern marsh," *Ecology*, Vol. 44, pp. 331-343, 1963.
8. Hurlbert, S. H., The measurement of niche overlap and some relatives. *Ecology* Vol. 59, pp. 67-77, 1978.
9. Hutchinson, G. E., "The concept of pattern in ecology," *Proceedings of the academy of Natural Sciences of Philadelphia*, Vol. 105, pp. 1-12, 1953.
10. Keddy, P. A., "Quantifying within-lake gradients of wave energy: interrelationships of wave energy, substrate particle size and shoreline plants in Axe Lake, Ontario," *Aquatic Botany*, Vol. 14, pp. 41-58, 1982.
11. Keddy, P. A., "Great Lakes vegetation dynamics: the role of fluctuating water levels and buried seeds," *Journal of Great Lake Research* Contents, Vol. 12, No. 1, pp. 25-36, 1986.
12. Keeley, J. E., "*Isoetes howellii*: a submerged aquatic CAM plant?" *American Journal of Botany*, Vol. 68, pp. 420-424, 1981.
13. Levins, R., Evolution in Changing Environments: Some Theoretical Explorations. *Princeton University Press*, Princeton, New Jersey., 1968.
14. McManmon, M. and Crawford, R. M. M., "A metabolic theory of flooding tolerance: the significance of enzyme distribution and behavior," *New Phytologist*, Vol. 70, pp. 299-306, 1971.
15. Pederson, R. L. and van der Valk, A. G., "Vegetation change and seed Banks in marshes: ecological and management implications," In *Transactions of the forty-ninth North American Wildlife and Natural Resources Conference*, ed. K. Sabol, pp. 253-261, 1984.
16. Pfeifer, N. E., "Monograph of the Isoetaceae," *Annals of The Missouri Botanical Garden*, Vol. 9, pp. 79-232, 1922.
17. Pietsch, W., "On the phytosociology and ecology of *Isoetes Asiatic* (Makino) Makino in oligotrophic water bodies of South Sakhalin," *Vegetatio*, Vol. 97, pp. 99-115, 1991.
18. Ponnampereuma, F. N., "The chemistry of submerged soils," *Advances in Agronomy*, Vol. 24, pp. 29-96, 1972.
19. Sculthorpe, C. D., The Biology of Aquatic Vascular Plants, Edward Arnold Ltd, London, 1967.
20. Shukla, K., Srivastava, G. K., Shukla, S. K. and Rajagopal, P. K., "Two new species of the genus *Isoetes* L. (Isoetaceae-Lycopsidea) from India." *TAXON*, Vol. 54, No. 1, pp. 109-116, 2005.
21. Spence, D. H. N., "Factors controlling the distribution of freshwater macrophytes with particular reference to the lochs of Scotland," *Journal of Ecology*, Vol. 55, pp. 147-170, 1967.
22. Stuckey, R. L., "A floristic analysis of the vascular plants of a marsh at Perry's Victory Monument, Lake Erie," *The Michigan Botanist* Vol. 14, pp. 144-166, 1975.
23. Szmaja, J., "Effects of disturbances and inter-specific competition in isoetid populations,"

- Aquatic Botany, Vol. 48, pp. 225-238, 1994.
24. Taylor, W. C. and R. J. Hickey., "Habitat, evolution, and speciation of *Isoetes*," Annals of the Missouri Botanical Garden, Vol. 79, pp. 613-622, 1992.
25. Wallsten, M. and Forsgren, P. O., "The effects of increased water level on aquatic macrophytes," Journal of Aquatic Plant Management, Vol. 27, pp. 32-37, 1989.
26. Zedler, J. B., "Progress in wetland restoration ecology," Trends in Ecology & Evolution, Vol. 15, No. 10, pp. 402-407, 2000.
27. 張永達，「金門溼地及水韭之分類與生態調查研究」，金門國家公園，2003。
28. 黃淑芳，「台灣水韭的孢子生成及配子生成」，台灣大學植物所碩士論文，1982。
29. 楊錫昌，「陽明山國家公園稀有及特殊植物繁殖之研究」，國立台灣大學園藝學研究所論文，1992。
30. 劉聰桂，「夢幻湖及附近窪地之剖面分析及定年研究」，台大地質所論文，1990。

收稿日期：民國 98 年 10 月 9 日

修正日期：民國 99 年 1 月 19 日

接受日期：民國 99 年 1 月 21 日