

臺灣布袋蓮之分佈及其與 水質相關之調查研究

The Distribution of Water Hyacinth and Interaction with Water Quality in Taiwan

國立臺灣大學農業工程學系教授

徐 玉 標

Yuh-piau Hsu

Summary

In recent years, the water hyacinth filled up the irrigation and drainage system owing to water pollution. It's not only disturbed water management but also damaged the water quality. For the elimination of the water hyacinth a systematic understanding of the relationship of the water hyacinth with aquatic ecology is necessary. The results of this study can be summarized as follows:

- (1) According to the survey data from the Chia-Nan, Yun-Lin, Chang-Hua, Tao-Yuan and I-Lan irrigation associations, the area covered by water Hyacinth may be 460 hectares. It is possible that more than 1000 ha in the whole island are covered.
- (2) The content of dissolved oxygen appeared lower in the root zone of water hyacinth, but the carbon dioxide and HCO_3^- was increased.
- (3) The concentration of nitrogen and phosphoric in the water tended to decrease because they are easily absorbed by water hyacinth. The most suitable pH value for growth of the water hyacinth is a little lower than 7.
- (4) The electrical conductivity between 400-1,000 micromhos/cm is an appropriate range for the culture of water hyacinth. The upper limit is not more than 3,000 micromhos/cm. As for the lowest limit it can be as low as 210 micromhos/cm which belongs to the excellent class of water quality.
- (5) The most economical amount of herbicide to eliminate the water hyacinth is 4.0 kg/ha of 2-4-D.

摘 要

臺灣近年來因受水污染之影響，在灌溉排水渠道中普遍繁殖布袋蓮，對灌溉管理造

成困擾，為要達成控制及清除之目的，對其分佈面積，繁殖之水質因素以及防除方法有加調查研究之必要。茲將本文研究成果撮要說明如下：

1. 根據嘉南、雲林、彰化、桃園及宜蘭五個主要水利會灌區內之調查統計，布袋蓮覆蓋水域之面積達 460 公頃，估計全省公共水域當在 1,000 公頃以上。
2. 布袋蓮覆蓋下之水域，水質之溶氧量有顯著降低之現象，而二氧化碳、酸性碳酸根有所增加。
3. 布袋蓮繁殖有降低水質 pH 之作用，臺灣布袋蓮覆蓋下之水域，pH 多呈弱酸性，至於磷酸根及含氮量亦以覆蓋下之水域偏低，因其易被布袋蓮吸收。
4. 布袋蓮繁殖最適之電導度在 400~1,000 micromhos/cm (25°)，其上限不可超過 3,000 micromhos/cm，其下限可低至 210 micromhos/cm 最優良之水質中。
5. 防治布袋蓮以使用 4.0 kg/ha 之 2-4-D 藥量為最經濟。硫酸銅亦有效果，但易使魚類及作物產生毒害，不宜採用。

一、布袋蓮之簡介

布袋蓮為多年生水生植物，屬雨久花科 (Pontederiaceae)，學名 *Eichhornia Crassipes*，英文為 *Water Hyacinth*。臺灣俗稱布袋蓮，亦有稱鳳眼蓮、大水萍等。

布袋蓮是世界上繁殖最旺盛之水生植物之一⁽⁵⁾。亦為東南亞十種主要水生雜草之首⁽⁶⁾，原產於巴西，而後經由南美洲、中美洲，蔓延至世界各處，縱橫五十多國，主要分佈於南北緯 32° 之間。許多世界大河如密士失必河、尼羅河、恒河、亞馬遜河、剛果河等，均長有布袋蓮⁽⁶⁾。臺灣之布袋蓮於 1898~1901 年間由日本傳入，目前已遍佈於各縣市之水塘、湖泊、渠道及低濕窪地。

布袋蓮以兩種方式繁殖：以走莖 (Stolon) 行無性生殖，以種子行有性生殖⁽⁶⁾。走莖繁殖最重要之因子是光照強度及溫度，其次是水質中之營養分，一般之布袋蓮在環境適當下，均以走莖繁殖為主。布袋蓮在臺灣全年皆能開花，為淺藍色，素麗高雅，開過花之布袋蓮年可生產 5,000~6,000 粒種子，沉於水底，俟環境合適時發芽生殖，其在泥土中之潛伏生存期可達 15 年之久，由於布袋蓮兼具有性及無性繁殖之能力，因此，欲根除布袋蓮非常困難。

一般水域中，布袋蓮繁殖後之遺體，腐敗分解，加上陽光照射，便引起水中藻類 (Algae) 繁殖，由於藻類之光合作用，水中溶氧量漸增，布袋蓮種子在此種有利狀況下，能够發芽，再浮出水面

生長繁殖⁽⁶⁾，於是出現生長競爭，結果藻類族羣逐漸消失，布袋蓮又得密集生長於水域中。



圖一 *Eichhornia crassipes* (布袋蓮)
(資料來源：笠原安夫，1968，雜草圖說)

二、布袋蓮在臺灣產生之禍害

一水域中若僅有數株布袋蓮存在，不但不影響水質，且具有美化環境之效果，要是發展成密集族羣，遍佈水域水面之後，則產生如下之危害：

1. 淤塞河道，導致河川不暢，每屆雨季易成水災。
2. 阻塞農田灌溉及排水渠道，引起輸水困難，損害構造物。

- 3.具有極強烈之蒸散作用 (Evapotranspiration)，消耗水源，對水資源之影響甚大。
- 4.夜晚能嚴重降低水中溶氧量，威脅魚類生存，亦不利於農田灌溉之水質。
- 5.阻塞取水口，引起都市自來水、發電取水之困難。
- 6.阻礙水流，間接造成蚊蛹及傳染性細菌繁殖，影響環境衛生。
- 7.水域有布袋蓮，不利於航運、游泳、划船、釣魚等，減少水之娛樂價值。
- 8.使水呈濁色，產生臭味，並增加水中懸浮性顆粒。

臺灣農田灌溉排水系統，近年來由於布袋蓮之大量迅速繁殖，不但影響灌溉水之品質，對渠道輸水功能與構造物之維護與操作也引起極大之困擾，為此，許多水利會，每年不得不編列大筆預算來清除布袋蓮，同時還委託有關研究機構，講求有效而經濟之清除方法。本研究即應水利會之願望，在研究清除方法之先，對全省布袋蓮之分佈及其與水質

有關之影響因素，作初步之調查觀察與研究。

三、研究 方 法

本研究之最終目的，是在利用機械式人工剷除方法之外，探求利用環境生態之控制因素而達清除布袋蓮之可能性。因前者清除費用極高，而且不能根治，年上盛夏之後，目睹水塘渠道佈滿布袋蓮，實不勝其擾。研究方法分三方面進行，即：

- (一) 主要水利會灌區中布袋蓮分佈面積調查。
- (二) 布袋蓮繁殖之水質因素
 - (1)現場觀察
 - (2)採樣化驗分析
- (三) 布袋蓮之防除

茲分別將調查及研究之步驟與成果說明於后：

(一) 主要水利會灌區中布袋蓮分佈面積調查
布袋蓮分佈面積調查，因限於人力及經費預算，故委託水利會灌溉管理課調查，民國 71 年 9 月之資料如表(一)。表(一)所提供之水利會僅有主要五個水利會，若是全省所有公共水域布袋蓮覆蓋之面積，當在 1,000 公頃以上。

表(一) 嘉南、雲林、彰化、桃園及宜蘭水利會灌區內
布袋蓮繁殖覆蓋水域面積估計表 (民國71年9月)

水利會名稱	布袋蓮覆蓋水域面積 (公頃)	備 註
嘉 南	105	主要分佈於池塘及下游之排水溝
雲 林	85	下游排水渠道及養豬戶附近排水溝
彰 化	70	員林大排水溝及灌區下游排水溝渠
桃 園	150	包括新莊工作站地面下陷沼澤區
宜 蘭	50	低窪地排水渠道
總 計	460	

- (二) 布袋蓮繁殖有關水質因素之探討
- (1)採集水樣本之方法：
為要明瞭布袋蓮繁殖水域中水質狀況及特徵，取樣方法分四類分別採集之。即：
- (a)布袋蓮覆蓋下之水樣：在水面下 0~15 cm 之處。
 - (b)覆蓋近旁之水樣：在水面下 0~15 cm 之處。
 - (c)殺草劑防除後之水樣：噴施莠蕪踪殺草劑三星期後，布袋蓮死亡沉入水中之水樣，水面 0~15 cm。

- (d)不生長布袋蓮之水樣：分為兩種：(d₁)污染質極濃海水倒灌區。(d₂)：特別清淨如宜蘭梅花湖之水樣。
- (2)分析項目及方法：
- (a)可溶性固形物——Total Dissolved Material
 - (b)溶氧 (D. O)——Azide Modification of Iodometer Method.
 - (c)電導度 (E. C)——Electrical Conductivity.
 - (d) pH——Glass Electrode Method

- (e) PO_4^{--} —Stannous Chloride Method.
- (f) NO_3^- —Bruine Method.
- (g) NO_2^- —Naphthylamine Hydrochloride Colorimeter Method.
- (h) NH_4^+ —Direct Nesslerization Method.
- (i) HCO_3^- —0.02N Hcl Mixed Bromocresolgreenmethyrid Indicator.
- (j) CO_3^{--} —0.02N Hcl Phenolphthalein Indicator.
- (k) CO_2 —Nomgraphic Determination of free Carbon Dioxide.
- (l) Na^+ 、 K^+ 、 Mg^{++} 、 Ca^{++} —Atomic Absorption Spectrophotometer.
- (3)試驗分析結果：
各類水樣採集後，經化驗分析結果，分別表列如下：

表(二) 八角塘，布袋蓮之覆蓋與防除對水質之影響

中壢埔心八角塘	時間	氣溫 °C	水溫 °C	溶氧 (D.O.) Rp. ppm.			pH			E.C. × 10 ⁶ micromhos/cm			可溶性固形物 mg/l			磷酸根 (PO_4^{--}) mg/l			硝酸氮 (NO_3^-) mg/l		
				b	△	*	b	△	*	b	△	*	b	△	*	b	△	*	b	△	*
				8:00	28	26	4.8	1.1	0.1	7.17	7.11	6.80	160	200	190	152	263	240	0.8	1.6	2.5
10:00	31.5	28	5.8	3.2	1.5	7.20	7.17	6.70	158	210	200	163	200	330	1.0	2.0	4.0	0.7	1.8	0.2	
12:00	34	31	8.5	4.8	1.7	7.38	7.33	6.82	163	200	190	134	200	220	1.1	1.2	2.4	—	1.1	0.04	
14:00	32	28	6.6	6.2	0.9	7.25	7.21	6.78	158	190	190	153	200	400	1.3	1.3	2.9	3.1	2.2	0.1	
16:00	30	28	6.0	2.5	0.8	7.31	7.18	6.80	155	195	190	118	210	300	0.9	1.1	2.6	2.2	1.3	0.2	
18:00	29.5	28	6.3	1.3	0.4	7.50	7.02	6.89	155	200	190	120	220	350	0.5	1.6	1.9	3.9	1.1	0.9	

備註：

(1)表中各樣本採集時間係 71 年 8 月 20 日 8:00~18:00，其中氣溫、水溫、溶氧、pH EC，係現場立即分析，其他携回實驗室測定之。

(2)表中代號：

b：布袋蓮覆蓋旁之水樣。

△：實驗前三週噴施殺草劑芫蕪踪，布袋蓮腐爛分解時之水樣。

*：布袋蓮覆蓋下之水樣。

(3)八角塘布袋蓮生育狀況：池 1 公頃，水深 1~3 公尺，布袋蓮株高 90 公分，生育良好。

表(三) 三民里池塘，布袋蓮之覆蓋對水質之影響

中壢宋屋三民里池塘	時間	氣溫 °C	水溫 °C	溶氧 (D.O.) mg/l		E. C. × 10 ⁶ micromhos/cm	
				流入	流出	流入	流出
				11:00	31	28	3.5
13:00	34.5	27	4.9	1.2	380	310	
15:00	32	28	6.0	0	320	320	
18:00	31	25	8.0	0	320	310	
20:30	26	26	5.6	0	310	310	
22:30	27	26	6.2	0	320	310	

備註：池 0.5 公頃，水池 1.5 公尺，布袋蓮株高 120 公分，生育良好。
測定時間 8 月 23 日。

表四 布袋蓮困擾水域——臺北市內湖區大碑湖之水質分析

臺北內湖區大碑湖	採 號	pH	E. C. × 10 ⁶ Micromhos cm	磷酸根	硝酸根	鎂	鉀	鈣	鈉
	樣 碼			(PO ₄ ⁼) mg/l	(NO ₃ ⁻) mg/l	(Mg ⁺⁺) mg/l	(K ⁺) mg/l	(Ca ⁺⁺) mg/l	(Na ⁺) mg/l
	(a)	6.41	200	12.5	0.84	4.0	40	19	15
	(b ₁)	9.38	185	4.5	0.66	3.25	38	17	20
	(b ₂)	7.02	325	2.4	5.76	9.0	62	30	19
	(b ₃)	8.53	185	2.5	3.10	3.0	51	17	22
	(b ₄)	9.29	170	2.4	2.4	—	54	25	37

備註：(1)樣本號碼(2)係布袋蓮覆蓋下之水樣，(b₁)~(b₄) 覆蓋旁之水樣。
(2)池 2 公頃，水深 1~1.5 公尺，布袋蓮株高 50 公分，測定時間 9 月 5 日。

表四 布袋蓮困擾水域——臺北縣低窪地區之水質分析結果表

低窪地區	採 號	pH	E. C. × 10 ⁶ at 25°C Micromhos cm	水溶性	磷酸根	硝酸根	亞硝酸根	氨態氮	酸性碳酸根	碳酸根	二氧化碳
	樣 碼			固形物	(PO ₄ ⁼)	(NO ₃ ⁻)	(NO ₂ ⁻)	(NH ₄ ⁺)	(HCO ₃ ⁻)	(CO ₃ ⁼)	(CO ₂)
	A ₁	7.05	700	522	6.50	0.1	1.24	2.86	196	0	43
	A ₂	7.26	700	556	4.70	0.1	1.6	3.3	220	0	26
	B ₁	7.46	600	570	0.18	0.17	0.026	0.2	130	0	8
	B ₂	6.99	600	526	0.16	0.11	1.3	5.83	124	0	30
	B ₃	7.14	800	1,442	0.31	0.17	0.144	1.43	60	0	11
	B ₄	8.43	550	—	2.50	—	—	—	—	—	—
	C	7.46	7,500	—	1.70	—	—	—	—	—	—
	A ₃	7.62	430	—	1.60	—	—	—	—	—	—
	B ₅	6.86	600	250	1.60	0.34	0.03	1.8	182	0	55

備註：(1)表中 A₁ A₂ A₃ 係布袋蓮覆蓋下之水樣。B₁₋₅ 為布袋蓮覆蓋旁之水樣。C 為布袋蓮不能生長之水樣。
(2)新莊水利工作站灌區內低窪地，總面積約 200 公頃，水深 1~1.5 公尺，大部分為布袋蓮所覆蓋，株高 30~50 公分。

表(內) 布袋蓮困擾水域——雲林水利會排水渠道之水質分析

水利會	採樣號碼	採樣地點	pH	E. C × 10 ⁶ at 15°C	水溶性 固形物 mg/l	磷酸根 (PO ₄ ⁻³) mg/l	硝酸根 (NO ₃ ⁻) mg/l	亞硝酸根 (NO ₂ ⁻) mg/l	氨態氮 (NH ₄ ⁺) mg/l	酸性 碳酸根 (HCO ₃ ⁻) mg/l	碳酸根 (CO ₃ ⁻²) mg/l	二氧 化碳 (CO ₂) mg/l
				Micromhos cm								
雲林水利會	B ₁	雲林埤	7.09	510	446	0.87	0.17	0.036	1.43	184	0	36
	A ₁	後庄子排水 (芭蕉橋)	6.76	850	—	1.175	0.28	—	5.83	494	0	220
	B ₂	溝心埤	6.96	600	606	0.065	0.09	0.026	0.31	200	0	50
	B ₃	後溝子排水 (豐四橋)	6.80	570	568	0.27	0.28	0.470	1.76	160	0	70
	A ₂	十股圳	6.82	600	522	2.43	0.17	0.026	0.55	252	0	95
	B ₄	北港溪 (北港橋)	7.27	720	634	0.27	0.45	0.800	0.77	316	0	34
	C	新街排水	6.42	1,050	2,114	3.60	2.10	0.132	2.97	440	0	—
	B ₅	客子厝排水	7.16	820	844	0.40	0.17	0.186	0.77	380	0	44
	B ₆	奮起湖排水	7.20	750	726	0.10	0.40	1.980	1.54	274	0	40
	B ₁₀	施厝寮排水	7.02	720	804	0.195	1.40	0.051	0.55	260	0	50
	B ₁₁	舊頂埤頭	7.09	610	690	0.065	1.18	0.020	0.19	178	0	34
	B ₁₂	大義崙	7.10	650	672	0.065	0.90	0.026	0.66	190	0	36
	B ₁₃	饒平排水	7.23	600	668	0.065	0.10	0.060	0.80	208	0	26
	B ₁₄	虎尾溪	7.10	700	1,044	0.40	1.11	0.048	2.20	380	0	55

備註：(1)表中採樣號碼 A₁₋₂ 係布袋蓮覆蓋下之水樣，B₁₋₁₄ 為覆蓋旁水樣，C 為特殊不長布袋蓮水樣。
(2)雲林水利會各排水渠道下游多長布袋蓮，情況頗嚴重。

表(外) 布袋蓮困擾水域——臺南德元碑之水質分析

德元碑	採樣號碼	採樣地點	pH	E. C × 10 ⁶ at 25°C	水溶性 固形物 mg/l	磷酸根 (PO ₄ ⁻³) mg/l	硝酸根 (NO ₃ ⁻) mg/l	亞硝酸根 (NO ₂ ⁻) mg/l	氨態氮 (NH ₄ ⁺) mg/l	酸性 碳酸根 (HCO ₃ ⁻) mg/l	碳酸根 (CO ₃ ⁻²) mg/l	二氧 化碳 (CO ₂) mg/l
				Micromhos cm								
德元碑	B ₁	管理處	7.06	340	398	0.080	0.17	0.036	0.18	130	0	28
	B ₂	堤防處	7.30	345	390	0.075	0.10	0.026	0.20	170	0	18
	A ₁	新康橋	7.08	340	358	0.065	0.28	0.020	0.19	146	0	36
	B ₃		7.87	320	410	0.065	0.23	0.015	0.13	106	0	2
	A ₂	鳳新橋	6.96	390	462	0.050	0.56	0.090	0.18	114	0	28
	A ₃		7.25	440	466	0.155	7.35	0.010	0.18	128	0	15
	B ₄	龜子港 排水	7.53	400	370	0.100	<0.1	0.026	0.10	178	0	9
	A ₄		6.92	290	308	0.605	0.28	0.294	0.55	170	0	50

備註：(1)表中取樣號碼 A₁₋₄ 係布袋蓮覆蓋下之水樣，B₁₋₄ 為覆蓋旁水樣。
(2)德元碑滿水面積 192 公頃，水深 3 公尺，大部為布袋蓮所覆蓋。

表(內) 布袋蓮困擾水域——宜蘭水利會排水渠道之水質分析

水利會	採樣號碼	採樣地點	pH	E. C. × 10 ⁶ at 25°C <i>Micromhos</i> cm	水溶性	磷酸根	硝酸根	亞硝酸根	氨態氮	酸性碳酸根	碳酸根	二氧化碳
					固形物 mg/l	(PO ₄ ⁻³) mg/l	(NO ₃ ⁻) mg/l	(NO ₂ ⁻) mg/l	(NH ₄ ⁺) mg/l	(HCO ₃ ⁻) mg/l	(CO ₃ ⁼) mg/l	(CO ₂) mg/l
宜蘭水利會	B ₁	冬山河 (防潮閘)	7.07	400	476	0.080	0.28	0.043	0.21	150	0	32
	B ₂	冬山排水 (富農橋)	6.87	210	256	0.080	0.23	0.032	0.17	100	0	36
	B ₃	美福排水 (新南橋)	7.06	300	400	0.010	0.10	0.154	0.275	130	0	29
	B ₄	壯圍大橋	6.96	235	292	0.050	0.17	0.030	0.17	100	0	26
	B ₅	頭城河 (竹南橋)	6.97	1,850	1,470	0.065	0.10	0.026	0.52	144	0	36
	B ₆	頭城河 (竹南橋)	6.80	1,400	1,160	0.250	0.23	0.060	1.32	136	0	57
	B ₇	頭城河 (釣鯊橋)	7.04	3,100	1,970	0.080	0.34	—	0.40	204	0	45
	B ₈	頭城河 (砂港橋)	7.15	800	900	0.345	0.28	0.03	0.30	220	0	35
	C ₁	小南澳溪	7.64	410	474	0.065	0.23	0.026	0.10	172	0	7
C ₂	小南澳溪 (長)	7.56	470	428	0.080	0.28	0.020	0.16	228	0	11	
C ₃	梅花湖	7.16	110	182	0.100	0.10	0.004	0.11	32	0	6.5	

備註：(1) 表中採樣號碼 B₁₋₈ 係布袋蓮覆蓋旁之水樣。C₁₋₃ 不長布袋蓮之水質。

(2) 宜蘭水利會排水渠道下游，多長布袋蓮。

表(內) 布袋蓮困擾水域——基隆河、淡水沙崙、基隆建國新村池塘、新化農業改良場動物排泄池

採樣日期	採樣地點	pH	E. C. × 10 ⁶ at 25°C <i>Micromhos</i> cm	水溶性	磷酸根	硝酸根	亞硝酸根	氨氣氮	酸性碳酸根	碳酸根	二氧化碳
				固形物 mg/l	(PO ₄ ⁻³) mg/l	(NO ₃ ⁻) mg/l	(NO ₂ ⁻) mg/l	(NH ₄ ⁺) mg/l	(HCO ₃ ⁻) mg/l	(CO ₃ ⁼) mg/l	(CO ₂) mg/l
1978 10.10	*基隆河 (土林中正橋)	6.57	1,000	1,660	0.19	0.34	2.5	0.18	36	0	40
10.10	基隆河 (土林中正橋)	6.65	920	1,510	1.67	0.40	1.76	4.18	76	0	40
10.10	*基隆河 (土林吊橋)	6.56	680	1,380	1.67	0.28	0.30	4.62	124	0	110
10.10	基隆河 (土林吊橋)	6.44	700	880	2.07	0.34	0.13	6.82	98	0	75
1979 2.9	淡水、沙崙 (流入)	7.18	220	336	0.08	0.1	0.015	0.16	86	0	13
2.9	*淡水、沙崙 (流出)	7.08	170	156	0.075	<0.1	0.052	0.16	80	0	17
1979 2.10	基隆、建國 新村池塘	6.89	250	396	3.6	0.9	0.036	3.08	150	0	60
1979 2.15	*新化農業改 良場豬排泄池	7.06	1,400	952	14.0	0.56	0.58	4.62	630	0	110

備註：表中採樣地點有 *號者係布袋蓮覆蓋下之水樣。無 *為覆蓋旁之水樣。

(4) 討論

(a) 布袋蓮繁殖對水中溶氧量之變化

溶氧為水域生態學 (Aquatic ecology) 最重要之因子。除了極少數微生物外，幾乎所有水生生物都必需仰賴水中之溶氧以滿足其呼吸作用之要求，此部份氧係自大氣溶於水中，故稱溶氧 (Dissolved oxygen)。

根據現場取樣測定，發現布袋蓮覆蓋下之水質，其溶氧量有顯著降低之現象。同時其日中與傍晚含量之變幅較無布袋蓮區為大。如中壢埔心八角塘 (表二) 所測之數據，無布袋蓮覆蓋區水中溶氧量在 4.8~8.5 ppm 之間，而布袋蓮覆蓋下除 10:00~12:00 達 1.5~1.7 ppm 外，其他時間均在 1 ppm 以下，在早晨 8:00 觀測更低至 0.1 ppm 在中壢宋屋三民里池塘觀測情形亦是如此，無布袋蓮區溶氧一日之中均在 3.5 ppm 以上，布袋蓮覆蓋區多降至 0 ppm。

一般溶氧量降低程度和布袋蓮之密集度及株高有關，密集度愈大植株愈高，水面光照強度降低，水中藻類行光合作用能力愈弱，則溶氣量亦愈低。

許多研究文獻指出，水中溶氧量低於 3 mg/l 時，對魚類生殖即呈不利，低於 2 mg/l 多數魚類均不能生存。灌溉水質，理想之溶氣量是高於 5 mg/l，若低於 2 mg/l，易使土壤產生還元狀態，而為害作物。環境保齊之水源最低溶氧亦需維持 2 mg/l 以上。因此可推論，水域在布袋蓮覆蓋下，對魚類、灌溉及環境衛生均呈不利之影響。如中壢宋屋三民里魚池之現場觀測，在布袋蓮幾乎完全覆蓋之情況下，水呈污濁，惡臭，懸浮性顆粒多，魚類絕跡。

但是，如果布袋蓮族羣所佔水域之比例甚低，則對水域中溶氧量不至有決定性之影響，有時對魚類生殖反而有利，因其可供小魚庇蔭及避難而免被掠食，同時亦可供魚作巢越冬並提供食物。Mov-ead 氏 (1975) 認為水域維持 5% 面積生長布袋蓮，對魚類最為有利。根據筆者之現場調查，確信臺灣部份養殖魚池，如能維持定量之布袋蓮，一來可供魚類越冬供給食物及作巢之用，同時因布袋蓮吸收有害金屬離子，對池塘之水質具有改善之效果。

布袋蓮覆蓋下水域溶氧降低之原因：

(1) 水面透光度降低，使藻類和其他水生植物因光合作用受阻礙，而無法生存，減少氧之來源。

(2) 水面與大氣接觸機會減少。

(3) 布袋蓮殘株腐爛分解時，由於微生物氧化而消耗水中大量之溶氧量。

再者，關於布袋蓮繁殖之水域，一日之中，溶氧量變幅增大之原因：一般是由於布袋蓮死亡分解，沉入水中，水面光照強度增加，藻類可利用布袋蓮分解釋放之營養源再行光合作用，故在日間溶氧量大增。但在傍晚以後，因受呼吸作用之影響，溶氧量劇降。因此，水中溶氧量之變幅增大。如八角塘，布袋蓮在覆蓋及噴施殺草劑後之腐敗分解，水域溶氧量在 12:00~14:00 達最高峯 8.5 mg/l，傍晚及清晨劇降，其變幅可達 5 mg/l 以上，水域中溶氧量變幅太大，一般均不利於魚類及水生生物之生者，因其很難適應氧供應不穩定之緣故。

(b) 布袋蓮覆蓋下對水域中二氧化碳 (CO₂)，酸性碳酸根 (HCO₃⁻) 及碳酸根 (CO₃⁼) 之變化：二氧化碳溶於水中與溶氧量具有密切之相關。因為凡能影響溶氧之因素同時亦能影響二氧化碳，祇是其結果相反。一般未受污染之水中，二氧化碳含量不超過 2 mg/l。魚類對於二氧化碳濃度非常敏感，若濃度提高，魚類迅速逃避。

酸性碳酸根在自然界之水源中，一般不超過 500 mg/l⁽¹⁷⁾，但亦有大於 1,000 mg/l 者。當超過 700 mg/l 時，長期飲用，對人體具有毒害；但對魚類而言，濃度超過 180 mg/l 對經濟性之魚類，便呈不利之影響；在灌溉上，濃度超過 150 mg/l，對土壤有構成鹼害之可能。

碳酸根在天然水域幾乎不存在，但亦有高達 50 mg/l⁽¹⁷⁾ 者，惟其 pH 應在 8.3 以上，才有此可能。

布袋蓮覆蓋下，二氧化碳可高達 220 mg/l，如表 (內) 雲林水利會之後庄子排水溝水質。布袋蓮覆蓋旁，二氧化碳濃度略低，但仍高達 75 mg/l，如表 (內) 之基隆河舊河道。不具布袋蓮之水域，二氧化碳祇 6.5 mg/l 如表 (內) 之宜蘭梅花湖水質。

布袋蓮覆蓋下酸性碳酸根可達 630 mg/l，如表 (內) 新化農業改良場動物排洩池，至於無布袋區則略低，但仍達 380 mg/l，如表 (內) 雲林客子厝排水。但在不生布袋蓮之水域，酸性碳酸根祇 32 mg/l 表 (內) 之宜蘭梅花湖便是。

由此可得結論：在布袋蓮覆蓋影響下之二氧化碳和酸性碳酸根濃度有顯著增加。但此結果並非布袋蓮之直接影響，而是因布袋蓮之存在，使微生物產生呼吸作用旺盛之環境間接影響所致。此種推論

，布袋蓮生長祇是加重水質劣化之嚴重性，並非構成水污染之主因。

在布袋蓮覆蓋下和覆蓋旁，水域中均無碳酸根之存在，因水之反應一般呈中性或弱酸性之故。

(c)布袋蓮覆蓋下水質 pH 之變化：

布袋蓮對水質和水生態之影響，最早之研究者首推 Penfound 氏 1948⁽⁸⁾，渠發現布袋蓮覆蓋下之 pH 呈弱酸性。本研究在布袋蓮覆蓋下之 pH 值確有稍低於布袋蓮覆蓋旁之現象，尤其在靜止水域 pH 常低於 7.0，如臺北市內湖之大碑湖，其水質之 pH 在 8.5~9.4，趨鹼性，而布袋蓮覆蓋下之 pH 為 6.4，顯然有減低之趨勢。一般魚類適於生存之 pH 範圍在 6.0~8.5，在內湖區即有魚羣聚集於布袋蓮族羣附近之現象，由此可推論在較惡劣之水質中，布袋蓮族羣往往反而具有緩衝作用，有利於生態之平衡。

在排水渠道中，布袋蓮覆蓋下之 pH 亦大多低於 7.0 如表 6A 雲林後庄子排水，及 A₂ 之十股圳，前者為 6.76 後者亦僅 6.82，至於覆蓋旁之諸排水溝，pH 均超過 7.0 以上。由此可見，布袋蓮繁殖有降低水質 pH 值之現象。推論其原因，可能是因布袋蓮繁殖覆蓋下，微生物呼吸作用旺盛，致 CO₂ 及 HCO₃⁻ 大量積聚，而使水呈弱酸性之故。

(d)磷酸根(PO₄³⁻)之變化：

根據所採集水樣化驗結果顯示，在靜止水域，如池塘或被布袋蓮阻塞之排水渠道中，布袋蓮覆蓋下水中磷酸根有縮聚現象，濃度較高。如雲林水利會表 6 後庄子排水和十股圳，布袋蓮密集覆蓋下之渠道，磷酸根之濃度高於其他排水渠道，又如中壠埔心八角塘表(2) 布袋蓮覆蓋下之磷酸濃度為 1.9~4.0 mg/l，高於僅 0.5~1.3 mg/l 之無布袋蓮區。同時亦發現使用殺草劑處理布袋蓮後，水中磷酸根濃度 (1.1~2.0mg/l) 仍高於無布袋蓮區。此種原因可能是布袋蓮死亡後，遺體內之營養分又釋放至水中之緣故。但其量往往低於布袋蓮覆蓋下之濃度，表示布袋蓮死亡後，其他之水生物亦吸收布袋蓮釋放之磷酸，再行增殖所致。

在流動水域，如兩岸皆生長布袋蓮之河川，布袋蓮覆蓋下之磷酸根反較覆蓋旁無布袋蓮區為低，如土林中正橋下基隆河舊河道表(4)，覆蓋下之磷酸為 0.19 mg/l，而河中央之磷酸根為 1.67 mg/l。此種現象可能因河水流動中央水流無布袋蓮吸收，而兩岸旁盛長布袋蓮，水中磷酸被迅速吸收之緣故。

(e)氨態氮(NH₄⁺-N)，硝酸態氮(NO₃⁻-N)及亞硝酸態氮(NO₂⁻-N)之變化：

氨態氮和硝酸態氮是水生植物最必需之營養分。在靜止水域中，布袋蓮覆蓋下之含氮化合物，根據採樣分析，大多以氨態氮存在，硝酸態之濃度較低，而亞硝酸態氮亦有存在。此種現象可能是水呈還元狀態，硝化作用不能充分進行所致。如表(4)新化農業改良場動物排洩池，氨態氮達 4.62 mg/l，硝酸態氮祇有 0.56 mg/l。至於亞硝酸態氮，在臺北低窪地沼澤區所測者，可高達 1.6mg/l，如表(4)所示。

一般水質氨態氮高於 5.0 mg/l 時，對魚類即構成危害⁽¹⁷⁾，硝酸態氮高於 4.5 mg/l，對人體產生毒害，高於 10 mg/l，即不適飲用。亞硝酸態氮為有毒之化合物，高於 2.0mg/l 時對魚類有危害，依此水質標準，布袋蓮覆蓋下之含氮量尚不致造成毒害，但更肯定之結論，有待水耕栽培試驗時證明。

在流動水域，布袋蓮覆蓋下氨態氮之濃度較低，如土林中正橋之基隆河舊河道表(4)，布袋蓮覆蓋下之氨態氮為 0.18mg/l，覆蓋旁為 4.18mg/l，又如臺北縣低窪地表(4)，布袋蓮覆蓋下氨態氮為 0.2~2.86 mg/l，而覆蓋旁者為 5.83mg/l，此現象和許多學者之實驗結果相同，其可能原因據 Rogers (1972)⁽¹⁵⁾ 之解釋是布袋蓮具有強烈吸收氮之能力，同時在布袋蓮覆蓋下之含氮量常有低於磷量之特別現象，不似自然水中之氮量大於磷量，其原因可能是布袋蓮吸收氮之能力大於磷之緣故。

水中氮/磷比(簡稱N/P比)在水域生態中具有極重要之意義。因為大多數水生物之生育繁殖，是以一定之比例吸收水中可溶性之氮與磷來合成本身之生命與體積，此比例稱之為N/P比，一般生物之N/P=10，或8⁽⁶⁾，在理論上當水中之N/P大於8，水中有效磷將迅速消失，則生物族羣之繁衍將因磷之缺乏而受限制。反之，N/P小於8時，水中具有殘餘有效磷，能激勵水生物增殖，產生優養現象(Eutrofication)。N/P愈低，優養作用愈明顯，水質退化(Degradation)之可能性愈嚴重，故水中N/P比實為水域水質管理上最重要因素。

一般水質，水質之N/P=15~30⁽⁹⁾，對水生雜草及藻類能迅速增殖，本次調查採樣分析之結果，N/P=1~53，布袋蓮均能繁殖，表示在污染嚴重和污染輕微之水中，布袋蓮皆能生育，但大部分是

在 3.5~7.5 之間。關於布袋蓮生殖與水中 N/P 之關係，有待今後進一步研究。

(f) 可溶性固形物 (S. S.) 及電導度 (E. C.) 之變化：

1938年 Penfound 及 Hathway 氏首先研究布袋蓮之生態時，即認為布袋蓮祇能生存於鹽分稍高於天然水源之水域中，鹽分之濃度過大或很潔淨之水源，布袋蓮均無法繁殖，換言之，在完全未受污染或污染極嚴重之水域，布袋蓮均無法生存，Penfound 氏 (1948)⁽³⁾ 曾將海水稀釋 5 倍後 (相當 7,000 mg/l NaCl 溶液)，置布袋蓮於其中，於 8 天後，布袋蓮完全死亡，張文亮氏 (1978) 以氯化鉀為培養液，調節 EC=400, 900, 1,500, 3,000, 7,000, 13,000, 25,000 micromhos/cm (25°C) 及對照蒸餾水共八組水質，放置布袋蓮，結果發現：

(1) EC ≥ 3,000 micromhos/cm (相當於 1,900 mg/l 鹽分濃度)，放置布袋蓮於一週後均脫水死亡，體呈焦黑色。

(2) EC = 400 micromhos/cm (相當於 250 mg/l) 布袋蓮生長最佳。

(3) EC 低於 5 micromhos/cm 之蒸餾水對照組，布袋蓮於一星期後逐漸枯死。

根據實驗期間觀察，鹽分低於 3,000 micromhos/cm，培植布袋蓮似均可生長，筆者⁽⁴⁾於民國 64~65 年調查臺灣南部農田灌溉與排水中之污染質，亦發現 EC 達 2,900 micromhos/cm 之水質，布袋蓮亦不能生存。

本次採樣調查，如臺北蘆洲某工廠廢水排放區，EC 高達 7,500 micromhos/cm，其附近水域均不生長布袋蓮。又如雲林水利會新街排水線，受紙廠廢水影響，EC = 1,050 micromhos/cm，全排水線均不長布袋蓮，是否僅受 EC 之影響，抑或有其他毒質，猶待進一步闡明。至於其餘十餘條排水溝，EC 在 510~850 micromhos/cm 之間者，均滿佈布袋蓮。

EC 過低致布袋蓮無法生存之水域，在室內培養液可證明，但在田間很難找到實例，本次現場調查分析，EC 最低者為 210 micromhos/cm 表(8) 冬山排水線，此水質分類屬優良 (<250 micromhos/cm)，已足供布袋蓮繁殖之需，又最高者為 3,100 micromhos/cm 表(8) 頭城河支流，為布袋蓮生育水域，EC 之最低及最高限圍。其中大部

分均在 1,000 micromhos/cm 以下。

關於可溶性固形物方面，一般是布袋蓮覆蓋下之水域中有增加現象，如雲林後庄子表內，推其原因，可能是布袋蓮覆蓋密集度高時，行厭氣還元分解，速度緩慢，可溶性固形物積聚而漸告增加。

(三) 布袋蓮之防除

布袋蓮繁殖造成渠道淤塞，損害灌溉構造物併使水質劣化及影響環境衛生等，所以引起人類之殺機。在早年，灌溉排水渠道中多雇用人工以機械方式清除，化費不貲，亦未能永遠撲滅，每年為布袋蓮，各水利會均不勝其煩。

近年以來，均採用化學藥劑，相當有效，經濟而省時，化學藥劑有多種。筆者曾參考前人研究⁽⁸⁾⁽⁹⁾，認為 2-4-D (2-4-Dichlorophenoxy Acetic Acid) 及硫酸銅 (CuSO₄·5H₂O) 能有效控制布袋蓮。茲將兩種藥劑控制防除之成效分述如下：

(1) 2-4-D

是一種荷爾蒙性之殺草劑，應用很廣泛，尤其是水田雜草防除，極具效果，施用後能促使植物過度呼吸作用而死亡。2-4-D 對布袋蓮之殺害力很強，Wooford 氏 (1965) 在灌溉渠道內噴施 8~40 lbs/acre 之藥量，便能控制布袋蓮及水生雜草之生育，本研究曾在中壠埔心八角塘布袋蓮繁殖區分別噴施 1, 2, 4, 8, 16, 20 kg/ha 之 2-4-D 藥量結果發現 4~20 kg/ha 濃度間之噴區，絕大部分布袋蓮於一週內均能枯萎而死亡，若能再行補噴一次，使第一次未被噴到之布袋蓮接觸 2-4-D，便能達完全除滅之目的，其臨界濃度為 4.0 kg/ha。

(2) 硫酸銅 (CuSO₄·5H₂O)

是一種無機殺草劑，曾被廣泛使用控制水生植物，尤其對藻類特別有效。Klingman & Ashton, (1975)⁽²²⁾ 認為培養液中放置布袋蓮，祇需 0.4~4.0 mg/l，數日之內便可將藻類完全清除。其毒害係 Cu⁺⁺ 離子能使植物酵素不具活性和使蛋白質沈凝。本研究採用對照，2、4、8、16、20 mg/l 之培養液放置布袋蓮，結果發現，Cu⁺⁺ 濃度在 2.0 mg/l 布袋蓮生育便受影響，達 10~20 mg/l 於一週之內，先後枯死。

根據有關水質研究報告，認為水中 2-4-D，在 1 mg/l，硫酸銅在 0.6~3.0 mg/l 以上時，對魚類即可構成毒害。所以水培或噴施 2-4-D，硫酸銅，必需注意水域之魚類和作物，以防毒害。

參 考 文 獻

1. 徐玉標、黃淑美 (1978): 臺灣南部農田灌溉與排水
中污染質之研究。臺大農工研究所研究專刊。
2. 楊遠波 (1978): 水生雜草繁殖力驚人——鳳眼蓮引
起的苦惱。農業周刊 4 卷36期。
3. WM. T. Penfound; T. T. Earle (1948): The
Biology of the Water Hyacinth Ecol.
Monog. Vol 18. P. 447-463.
4. Louis, Klein (1962): River Pollution Causes
& Effects.
5. New Zealand (1964): Water Hyacinth is
One of the World's Worst Weeds. N. Z.
AGRIC; Vol 108 (3). Abs.
6. Jacob. Verduin (1967): Eutrophication &
Agriculture in the United States. Agricu-
ltural and the Quality of Our Environme-
ntal P. 163-172.
7. D. S. Mitchell (1967): Water Weed Probl-
ems in Irrigation System. Arid Land
Irrigation in Developing Countries. P. 317-
328.
8. L. G. Holm; L. W. Weldon; R. D. Blackb-
urn (1969): Aquatic Weeds. Science Vol
166 P. 699-709.
9. C. W. Sheffield (1970): Eutrophication and
Aquatic Weeds. Hyacinth Control Journal
Vol. 8(2) P. 26-28.
10. G. Fred. Lee (1970): Role of Phosphorus
in Eutrophication and Diffuse Source
Control.
11. K. M. Mackenthun (1971): Nutrient and
Their Relationship to Weed and Algae
Growth. Hyacinth Control Journal Vol. 9
(1) Abs.
12. W. T. Haller; E. B. Knipling; S. H. West
(1971): Phosphorus Absorption by and Di-
stribution in Water Hyacinth. Proceeding
Soil and Crop Science Society of Floride
Vol. 30 Abs.
13. David. L. Sutton; R. D. Blackburn (1971):
Copper Sulfate Was Absorbed by Water
Hyacinth. Hyacinth Control Journal. Vol
9(1) Abs
14. E. B. Knipling; S. H. West; W. T. Haller
(1971): Growth Characteristics Yield. Po-
tential and Nutrient of Water Hyacinth.
Proceeding, Soil and crop Science Society
of Floride. Vol. 30.
15. H. H. Rogers; D. E. Davis (1972): Nutrient
Removal by Water Hyacinth Weed Science
P. 423-428.
16. W. T. Haller; D. L. Sutton (1973): Effect
of pH and High Phosphorus Concentration
on Growth of Water Hyacinth.
17. G. R. Ultsch (1973): The Effect of Water
Hyacinths on the Microenvironment of
Aquatic Community. Archir fiir Hyolro-
biologic Vol. 72 (4) P. 460-473.
18. S. Slaemts; Suprtman; Sukowati (1975):
Interaction Between Light Intensities and
Nutrient Concentration On the Growth of
the Water Hyacinth. In Proceeding of the
Third Indonesion Weed Science Qonfere-
nce Bandung. Abs.
19. C. Mcvea; C. E. Boyd (1975): Effects of
Water Hyacinth Cover on Water Chemi-
stry. Phytoplankton and Fish in Pond.
Journal of Environmental Quality Vol 4.
P 375-378.
20. M. G. Merkle; S. N. Fertig (1975): Some
Effects of Plant Growth on the Aquatic
Environmental. Abs.
21. L. S. Widyants (1975): The Effect of Ind-
ustrial Pollutants on the Growth of Water
Hyacinth. In Proceeding of the Third
Indonesion Science Conference. Bondung.
P. 328-329.
22. R. Weert; Van. Dar; G. E. Kamerling
(1975): Evaportranspiration of Water
Hyacinth-Journal of Hydrology Vol 22(3/4)
P 201-212.
23. J. W. Wooten; J. D. Dodd (1976): Growth
of Water Hyacinth in Treated Sewage
Effluent. Economic Botany Vol. 30 P. 29-
37