

臺灣布袋蓮(*Eichhornia crassipes*)之 生育特性及生長季節性變化

蔣永正* 蔣慕琰

台中縣霧峰鄉 行政院農委會農業藥物毒物試驗所公害防治組

(接受日期：2005 年 11 月 7 日)

摘 要

蔣永正*、蔣慕琰 2005 臺灣布袋蓮(*Eichhornia crassipes*)之生育特性及生長季節性變化 植保會刊 47：337 – 347

自彰化灌排溝採集之布袋蓮(*Eichhornia crassipes* (Mart.) Solms)植株於人工水池內培育及繁殖後，選擇新生之 5 葉齡營養株，調查葉片生育、種子產量、植株密度之季節性變化，及探討水質與植株覆蓋率之關係。於水質 pH 7.9、電導度值 0.39 mS/cm 之水池內種植布袋蓮，種後 1 個月期間，葉數平均增加至 17.8 葉，之後持續上升至 20.8 葉，即開始乾枯脫落，至 4 個月後降至 11.8 葉。下位葉 (1-14 葉) 之平均壽命約 70-80 日，後續發生之葉片降為 62 日左右，全株葉片最快在 50 日後開始老化。單株平均花序數為 1.3 支，單一花序之花數為 13.9 朵，果數 2.2 個，每果種子平均數為 42 粒，種子平均發芽率為 16.1 %。種植於 12 月至次年 3 月低溫期 (16.2-19.4°C) 之植株，母株會持續生長，但幾乎不產生營養繁殖株，春秋二季溫度升高時 (21-25.7°C)，營養株株數呈直線增加，至夏季高溫期 (27.2-28.5°C)，株數呈指數增加。不同月份培育之植株生長勢變化，1、3 及 5 月種植者，初期株數緩緩增加，至 7 月高溫期均快速上升，持續增加至 8 月初，產生之營養株已完全覆蓋水面，短暫停滯後開始呈下降之趨勢。7 月種植者株數於試驗期間有三高峰期，分別為當年之 9 月及次年之 5、7 月。9 及 11 月種植之布袋蓮株數變化，為隔年 3 月開始增加，6 至 7 月份快速上升。鮮重之變化趨勢與株數類似，唯 7 月種植者在同年 9 月 (220 株)，及次年 5 月 (283 株) 之鮮重，分別為 41.5 及 27.9 kg，較之其他月份之最高株數 (330 株) 之鮮重值 13-19 kg 為高。彰化地區灌溉溝之植株覆蓋率調查及水質分析，水樣 pH 分布在 8-8.3 間，電導度值介於 0.63-0.98 mS/cm 範圍，隨植株覆蓋率增加而升高， $\text{HNO}_3\text{-N}$ 含量亦有 3 倍差距， $\text{PO}_4^{3-}\text{-P}$ 則無明顯差異。電導度值高達 2.7-3.2 mS/cm 之海口處水域，布袋蓮覆蓋率低於 5 %。

(關鍵詞：布袋蓮、繁殖、溫度、種子產量、水質)

* 通訊作者。E-mail: cyj@tactri.gov.tw

緒 言

布袋蓮屬雨久花科 (Pontederiaceae) 多年生水生草本植物，原產於南美洲，在十九世紀末至二十世紀中，蔓延至少 50 個國家以上，成為非洲及東南亞地區湖泊、池塘、河川及灌溉溝渠之惡性雜草之一⁽¹⁵⁾。布袋蓮株形直立，葉片輪生狀排列，葉柄基部膨大，具氣囊構造之海綿組織藉以漂浮水面，當族群過度密集時氣囊會消失，葉柄可伸長至 1.5 m，淡藍紫之漏斗狀鐘形花色澤鮮艷⁽¹¹⁾，1898 年即被當作觀賞植物引入台灣⁽³⁾。主要利用走莖 (stolon) 行無性繁殖，亦會產生種子，淤泥中之種子在光照及高溫下可在水底發芽，幼株 5-6 葉時浮出水面。種子休眠期長，可度過低溫等惡劣環境，不易一次完全清除遏止其蔓延⁽¹¹⁾。在水流速度及水質養分適當的情況下，短期內即完全覆蓋水域表面，導致水系在灌溉及航運等利用價值上的降低，阻塞排水系統，引起河水氾濫及蚊蟲聚集等衛生問題，及葉片顯著的蒸發蒸散量，造成乾旱季節水資源嚴重的耗損^(6, 11)。此外纏結在水面之植體會遮蔽陽光、消耗水中氧氣，衝擊水系中其他生物之生存及棲息，致使水生物種之多樣性減少^(6, 20, 22)。

水生雜草的防除，除須考量對水生環境和鄰近作物區的干擾外，還要顧及實際操作上的困難；效果持久且安全性高的防除方法為選擇的依據。目前布袋蓮在台灣防除以機械撈除為主，局部地區配合除草劑的使用^(4, 5)，兩者的效果均極顯著而快速，但前者成本昂貴，後者也有污染水源，引起鄰近作物藥害之疑慮，此外不論是撈除或藥劑防除，均面臨植株死亡後殘留植體的處理問題，此點在生物防治上較不構成問題，生物防治法的利用在國外已有成功的實例^(12, 19, 24)，但在台灣實際引用時尚有許多困境正待突破⁽¹⁾，水庫等強調飲用安全避免污染之封閉水系，可以配合生物防治的實施降低族群的密度。

台灣農田灌排水系統由於布袋蓮之大量繁殖，不但影響灌溉水之品質，對渠道輸水功能及建構物之維護與操作也引起極大的困擾，因此各地區農田水利會必須經常性編列大筆預算，進行排水路布袋蓮清除及維護管理，同時委託試驗研究機構發展安全有效之經濟防除方法⁽²⁾。為要達到控制及清除之目的，有關布袋蓮生育及繁殖的特性，確有加以深入調查之必要，本研究主要調查布袋蓮族群密度之週年變化、葉片生育、種子產生量等，及探討水質與植株受傷程度對生長勢之影響，提供布袋蓮適當防除時期及防治策略之訂定，及防治效果評估之參考及依據。

材料與方法

供試植株來源

自彰化番雅溝及員林大排等圳溝內採集之布袋蓮植株，置於臺中縣霧峰鄉農業藥物毒物試驗所人工水池內培育及繁殖，待各單株產生 3 株以上之新營養繁殖株後，選擇新生之 5 葉齡營養株，作為各處理之供試植材。水池內水質之 pH 約為 7.9，電導度值為 0.39 mS/cm 左右。

布袋蓮葉片生育及種子量調查

於 2001 年 6 月將 5 葉齡布袋蓮 10 株培育於 2×4 m 範圍之水池內，定期調查葉片發生數，及評估葉片老化、乾枯死亡之日數。並於植株開花後，調查單株花序數、每花序之花數及果數、每果產生之種子量，及估算單株種子數。另於 9×6 cm (直徑×高度) 之塑膠盆內，盛裝約 6 分滿之農田田土後，將收集之布袋蓮種子播種於盆土表面，每盆 100 粒共 20 盆，並保持淹水 2 cm 左右，定期調查各盆之發芽率。

布袋蓮生育之週年調查

於 3×8 m 範圍之水池內放置 5 葉齡布

袋蓮 50 株，於一年期間定期調查株數之變化。另分別於 1、3、5、7、9 及 11 月，將 5 葉齡之布袋蓮 5 株培育於 2×4 m 範圍之水池內，定期調查不同水池內布袋蓮之株數及鮮重，持續至水面被植株完全覆蓋為止。

布袋蓮覆蓋率調查及水質分析

選擇彰化地區之番雅溝、洋子厝溪、員林大排、舊濁水溪、漢寶溪、後港溪、二林溪、鹿港溪及魚寮溪等灌排溝，以布袋蓮發生密度分別取 10-20 採樣點，調查水面植株覆蓋率及採集水樣，以電導度測定計 (Kyoto Electronics, Model CM-115) 測定電導度值、pH 值，並以離子層析儀 (Dionex DX-100 Ion Chromatograph) 分析水中 HNO_3^- -N 及 PO_4^{3-} -P 等離子濃度。

統計分析

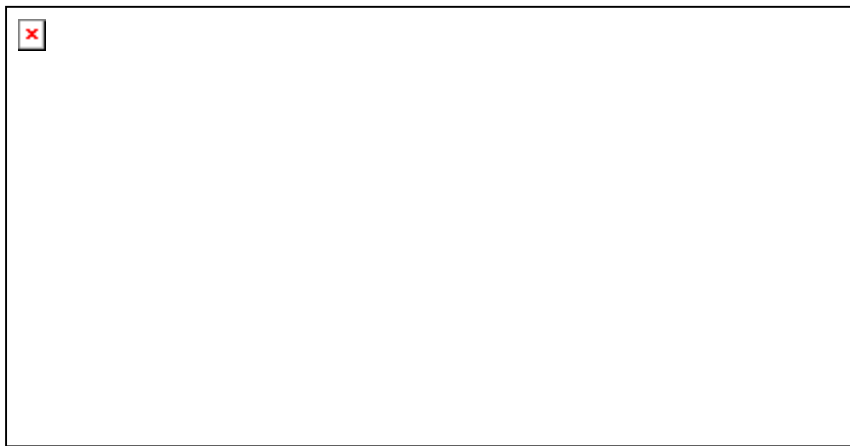
本研究有關葉片生長、種子產量及週年生育特性之調查，分別進行 2-3 次試驗，所得數據合併分析以平均值表示。水質及剪葉處理分別以水樣採集數，及不同剪除處理之株數平均值表示。數據先進行變方分析，再以 $\text{LSD}_{0.05}$ 比較處理平均值間之差異顯著性。

結 果

布袋蓮葉片生育及種子產量特性

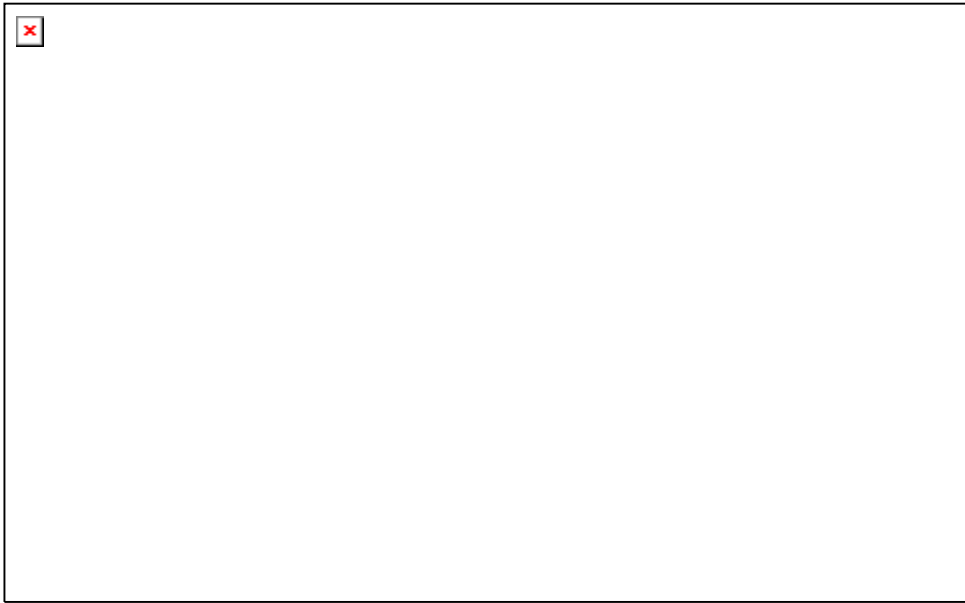
於水質 pH 7.9、電導度值 0.39 mS/cm 之水池內種植 5 葉齡布袋蓮植株，種後 1 個月內，葉數平均增加至 17.8 葉，之後持續上升至 20.8 葉，即開始乾枯脫落，至 4 個月後降為 11.8 葉 (圖一)。於所調查植株中，單株總葉數之平均為 21.4 葉 (17-26 葉)，種後 1 個月期間，平均 2.3 日即長出 1 片新葉，為葉片產生速率最快之時期，2 個月後葉數增加達最高值，即開始快速枯萎脫落，至 3 個月後減少速率趨於平緩。

不同葉位之葉片平均壽命，分布於 14 葉位以下者多在 70-80 日，後續發生之葉位降為 62 日左右，全株葉片最快在萌發後 50 日開始老化 (圖二)。葉片大小之觀察，以第一葉最小，漸次增加，至第四葉後則變化較少。不同葉位之葉片老化日數與葉片壽命的長短趨勢相近，兩者差異未超過 14 日。布袋蓮大部分葉片顯現綠色之期限約達 2 個月之久，開始轉黃後於兩星期左右即乾枯脫落。



圖一、布袋蓮 5 葉齡幼株培育後不同天數之葉片發生數。

Fig. 1. Change in leaf number for *Eichhornia crassipes* at the 5-leaf stage on different days after planting.



圖二、不同葉位之葉片平均壽命及老化天數。

Fig. 2. Longevity and time-to-senescence of leaves at different leaf positions for *Eichhornia crassipes*. Leaf senescence was determined by visual observation.

表一、池塘浮水繁殖布袋蓮之開花、結實及種子產生量

Table 1. Components of sexual reproduction of floating *Eichhornia crassipes* in ponds¹⁾

Item	Mean \pm SE	Range
Inflorescences per plant	1.3 \pm 0.6	1~2
Flowers per inflorescence	13.9 \pm 2.9	7~22
Capsules per inflorescence	2.2 \pm 1.2	1~5
Fertility per plant (%) ²⁾	6.3 \pm 3.6	0~36
Seeds per capsule	42.0 \pm 22	8~78
Seeds per plant	62.0 \pm 45	0~193
Germination percentage (%)	16.1 \pm 13.7	0~72

¹⁾ Germination was from 20 samples (100 seeds per sample). Values of all other items were from 10 samples.

²⁾ Fertility was estimated by the percentage of capsules and flowers in each inflorescence.

不同葉位之葉片平均壽命，分布於 14 葉位以下者多在 70-80 日，後續發生之葉位降為 62 日左右，全株葉片最快在萌發後 50 日開始老化（圖二）。葉片大小之觀察，以第一葉最小，漸次增加，至第四葉後則變化較少。不同葉位之葉片老化日數與葉

片壽命的長短趨勢相近，兩者差異未超過 14 日。布袋蓮大部分葉片顯現綠色之期限約達 2 個月之久，開始轉黃後於兩星期左右即乾枯脫落。

布袋蓮開花數及種子產量等調查結果示於表一。單株花序數為 1.3 支，單一花序

之花數有 13.9 朵，最多可達 22 朵，著生果數為 2.2 個，結實率（單株果數與花數之比例）為 6.3%，其中最高為 36%，最低為 0，超過一半以上之植株未結果。單果之平均種子數為 42 粒，分布在 8-78 粒範圍間，單株平均種子數有 62 粒，最多為 193 粒，最少則未產生種子，株間表現之變異極大（表一）。種子平均發芽率為 16.1%，其中 5 盆未發芽，4 盆之發芽率為 5-9%，7 盆之發芽率介於 11-17% 間，3 盆為 23-28%，僅 1 盆高達 72%，各盆間之變異高達平均值之 85%（表一）。本研究調查之布袋蓮植株，大部分開花後均無法正常結實，所得種子之最高發芽率日數亦有明顯差異。

布袋蓮發生量之季節性變化

於 3×8 m 範圍之水池內栽植 5 葉齡布袋蓮植株 50 株後，定期調查株數之週年變化（圖三）。將調查期間之全年溫度分為四

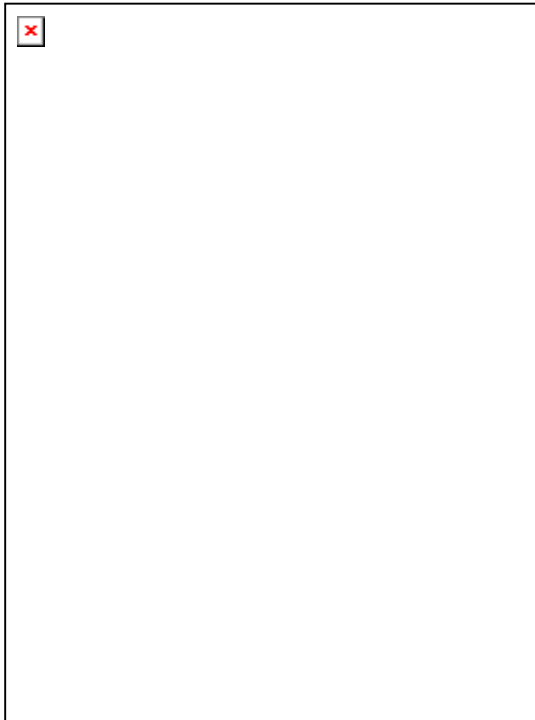
段時期，12-3 月（平均溫為 17.6°C）、4-5 月（平均溫為 24.4°C）、6-9 月（平均溫為 27.8°C），及 10-11 月（平均溫為 23.2°C），以迴歸分析估算布袋蓮株數增加速率與溫度變化之相關關係。在平均溫 17.6°C（16.2-19.4°C）之低溫季節，布袋蓮母株會持續生長，幾乎不產生營養繁殖株，升高至 24.4°C（23-25.7°C）時，營養株株數呈直線增加，平均每日增加 6.9 株，至 6 至 9 月之高溫期，株數呈指數增加，於 40 日後達 1500 株，已完全覆蓋試區水面，進入 10-11 月之 23.2°C 平均溫下，營養株株數亦呈直線增加，平均每日增加 7.3 株。在試驗期間之溫度範圍內（16.2-28.5°C），布袋蓮營養株之株數隨溫度升高而增加，夏季高溫下之指數上升速率為族群擴展最快速之季節。

自 2001 年 1 月份開始，每 2 個月培育 5 株布袋蓮植株於 2×4 m 大小之水池內，並定期調查株數及鮮重之變化（圖四(a)及



圖三、不同季節下布袋蓮營養繁殖株之株數變化。

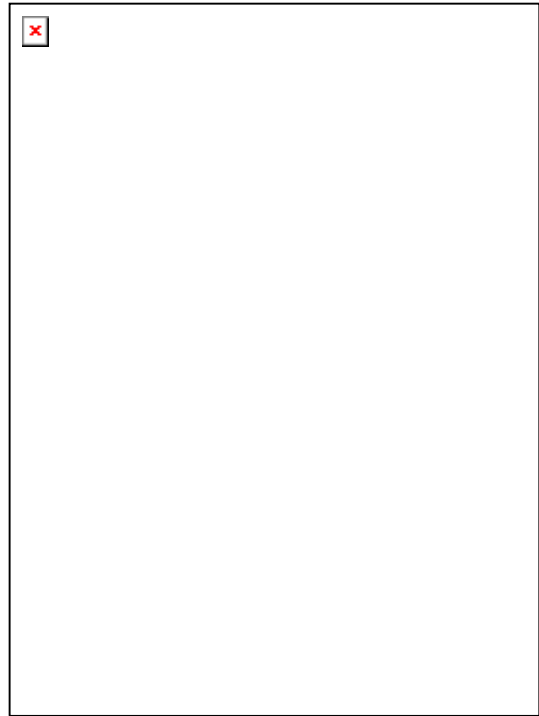
Fig. 3. Vegetative plant production for *Eichhornia crassipes* in different seasons. Fifty plants were planted in 24-m² plots at the beginning of each season. (a) June~Sept. (27.2~28.5 °C), $y = 39.79e^{0.08x}$, $R^2 = 0.98$; (b) Oct.~Nov. (21.4~24.9 °C), $y = 7.3x + 43.1$, $R^2 = 0.98$; (c) Apr.~May (23~25.7 °C), $y = 6.9x - 0.4$, $R^2 = 0.98$; (d) Dec.~Mar. (16.2~19.4 °C), $y = 0$.



圖四(a)、布袋蓮不同季節培育之株數與鮮重變化。

Fig. 4a. Effect of different planting seasons on plant number and plant fresh weight of *Eichhornia crassipes*. Five plants were planted in 8-m² plots at the beginning of each time period.

圖四(b))。1 月份種植之布袋蓮，約經半年於 7 月份成爲 300 株左右，試區水面完全被覆蓋，3 及 5 月份種植之植株，歷經 4 及 2 個月，亦於 7 月份產生約 300 株之植株，之後呈減少之趨勢（圖四(a)）。7 月份種植者經 2 個月增加爲 220 株後，開始陸續死亡降至約 130 株，停滯約 2 個月後再緩緩上升，於隔年 5 月達 283 株左右後再次下降，並於 7 月份增加至 383 株。9 月份種植之布袋蓮於翌年 3 月增至 50 株，6 至 7 月份快速上升至 300 株。11 月份種植之株數變化趨勢與 9 月者相近，亦於種後次年 3 月開始上升，於 6 至 7 月份由 98 株增



圖四(b)、布袋蓮不同季節培育之株數與鮮重變化。

Fig. 4b. Effect of different planting seasons on plant number and plant fresh weight of *Eichhornia crassipes*. Five plants were planted in 8-m² plot at the beginning of each time period.

至 289 株（圖四(b)）。鮮重隨種植時間之變化趨勢與株數相近，1、3、5 及 11 月份種植之總鮮重最高爲 13-15 kg（約 330 株），9 月份種植者達 19 kg（300 株左右），7 月份種植者在株數達 220 株之鮮重爲 41.5 kg，283 株時爲 27.9 kg（圖四(a)及圖四(b)）。鮮重季節性變化之調查數據顯示，7 月及 9 月份種植的布袋蓮植株較其他月份者爲高（圖四(a)及圖四(b)）。

水質對布袋蓮發生之影響

將彰化地區不同灌排溝調查之布袋蓮覆蓋率分爲 0，5-10%，20-30%，40-50%

及 90-100 % 五等級，並比較不同覆蓋率水域之 pH 值及離子含量 (表二)。所調查之河川酸鹼值均為略偏鹼之 pH 8 左右 (8.0-8.3)，電導度值則由 0.63 mS/cm (水面無布袋蓮植株發生) 增加至 0.98 mS/cm (覆蓋率 90-100 %)，其中後港溪及二林溪近海口處，電導度值達 3.2 mS/cm 之水域中，未發現布袋蓮植株，漢寶溪接近入海口處，亦有類似的現象發生，電導度值達 2.7 mS/cm 之水域表面，布袋蓮植株覆蓋率僅 5-10 % (表二)。各種離子及酸根之含量與電導度值的表現有類似的趨勢，在覆蓋率達 90-100 % 之河川水質中， $\text{HNO}_3^- - \text{N}$ 含量與其他樣品差距 3 倍以上， $\text{PO}_4^{3-} - \text{P}$ 含量則差異不明顯 (表二)。實際在覆蓋率高之水域中，相關之陰陽離子亦顯示較高測值，但水樣間測值之變異性極大。

討 論

布袋蓮快速生長及蔓延，與植株頂芽及側芽分生組織分化產生葉片與走莖之結果密切相關。莖頂之頂芽分生組織，一方面可行營養生長產生側芽與葉片，另一方面也可行生殖生長產生花芽。通常在花序開始發育時，頂芽分生組織則停止產生葉片，而由花序下方之側芽分化生長，再產生新的頂芽分

生組織，使葉片可持續產生。若側芽不形成嫩芽則會產生走莖，藉由走莖節間之伸長，使側芽頂點遠離母株至一定距離後，節間縮短並向上垂直生長成新株⁽²⁵⁾。Center and Spencer⁽¹¹⁾ 在美國佛州進行布袋蓮株重變化之調查，得到與單株葉數及葉片大小呈顯著正相關之結果。Center⁽¹⁰⁾ 有關布袋蓮在生育期間，維持一定之葉片發生與枯死數目比例，且失去之葉重，不會超過全株生物量 2-10 % 之研究，顯示葉片的生育在植株生長及族群密度增加上應扮演著重要角色。本試驗中單一植株可產生之平均葉數超過 20 片 (圖一)，且每一葉片之壽命達 2 個月以上 (圖二)，亦有相近之推論趨勢。

布袋蓮花數、果數及種子產量之調查值，隨水域分布地區之氣候及水質的差別有極大的變異^(7, 23)。單一蒴果內之種子數 50-450 粒不等，單一花序之種子數可高達 3000 粒，單株每年平均產生 300-6000 粒種子^(2, 5, 8)。本研究中布袋蓮大都集中在夏季高溫期開花，花開後 1 日內即凋謝，單株花序及開花數不高，平均結實率低於 10 %，由於結果數低，導致單果與單株之種子數相近 (表一)。布袋蓮在台灣全年均可開花，沉於水底之種子休眠期達 15 年^(2, 5, 8)，因為生長在亞熱帶氣候環境下，植株在

表二、彰化地區灌排溝布袋蓮覆蓋率及水質變化

Table 2. Water quality of different irrigation and drainage ditches covered by *Eichhornia crassipes* plants in Changhua, central Taiwan¹⁾

Surface coverage (%)	pH	Conductivity (mS/cm)	$\text{HNO}_3^- - \text{N}$ (ppm)	$\text{PO}_4^{3-} - \text{P}$ (ppm)
0	8.1±2.2	0.63±0.03	3±0.6	4±0.1
0	8.0±0.1	3.20±0.50	48±5.0	-
5~10	8.1±0.3	0.71±0.19	4±0.2	5±0.6
5~10	8.0±0.1	2.70±1.00	137±14	46±0.9
20~30	8.0±0.2	0.90±0.25	3±0.6	9±3.0
40~50	8.1±0.4	0.90±0.44	2±0.6	8±0.7
90~100	8.3±0.1	0.98±0.26	11±2.0	7±0.5

¹⁾ All values are the mean ± standard error of 10~20 water samples.

冬季低溫期也不致完全枯死，種子產生量及活力對族群延續之意義與溫帶地區明顯不同，但在全面實施機械撈除之水域，藉由種子萌芽產生之植株，對族群的回復仍具有實質的意義。

布袋蓮在自然水域中之生長主要受溫度，水中鹽分濃度及氮、磷等營養源含量之影響⁽²⁶⁾。Reddy and Debusk⁽²³⁾調查布袋蓮周年生長速率變化，分為生長遲滯、指數生長及直線生長三個不同階段。Imaoka and Teranishi⁽¹⁶⁾有關生育溫度之研究顯示，布袋蓮生長速率在 14-29°C 溫度範圍內，隨溫度升高呈指數上升，但高於 30°C 或低於 13°C 則明顯降低。本研究株數周年調查結果顯示，夏季高溫及春秋二季之指數及直線增加趨勢，為臺灣地區水域布袋蓮生長速率之季節性變化特性。

不同季節發生之布袋蓮均於 7 月份表現出最高生長勢（圖四(a)及圖四(b)）。7 月份種植者，雖然株數增加較其他月份種植者略少，但鮮重卻多出一倍以上（圖四(b)），顯示在當時氣候狀況下，植株本身生物量之累積大於營養株之產生。一般布袋蓮在單位面積之鮮重及株數均可用為估算族群密度，且兩者間有密切相關性，但在高溫及生長空間擁擠時，通常株數的增加減緩或受限，鮮重卻仍可明顯提高^(13, 18)。

水中離子濃度對布袋蓮生長扮演決定性角色，繁殖最適之濃度為 400-1000 $\mu\text{S}/\text{cm}$ 電導度值，超過 3000 $\mu\text{S}/\text{cm}$ 則會促使植株脫水死亡^(2, 4)。本研究中所調查之員林大排灌排溝之水質資料亦顯示，電導度為 3.2 及 2.7 mS/cm 處之水域區，布袋蓮植株之覆蓋率在 10% 以下。酸鹼值 pH 4-10 為布袋蓮可生長之範圍，pH 4 以下不能存活，最佳 pH 值為 7⁽⁹⁾。一般水中氮、磷含量為生長之限制因子，磷含量介於 0.1-50 mg/l 為生長適當狀況，超過 75 mg/l 生長會略為抑制^(2, 5)。氮之限制濃度為 0.1 mg/l ，低於此濃度生長明顯受阻，但濃度提高對

生長之促進效應不若磷顯著⁽⁹⁾。此外 Ca 的缺乏會影響營養繁殖株的產生，嚴重時引起新生芽體的死亡，及抑制種子的形成^(7, 21)。本研究中氮、磷濃度較高之水面（137、48 及 46 ppm），布袋蓮覆蓋率仍低於 10%，可能與水中離子量偏高，引起生長抑制作用有關（表二）。

臺灣地區由於農、工業及家庭廢水之污染，灌排水渠道內之布袋蓮繁殖及蔓延面積有逐漸擴大的趨勢，對水資源的管理與利用造成極大的衝擊與干擾。由於布袋蓮分布之水域遼闊，不論使用何種防除技術均有實際操作的困難，因此符合環境安全及經濟有效之永續管理，為訂定防治策略之原則。有關布袋蓮生長速率之調查研究，除可了解環境中引起生物量增加的可能因素，還可明確掌握族群開始增加及上升之起始點，作為執行防除計畫之關鍵時期^(14, 17)。本研究中六至九月份為布袋蓮營養株增加之高峰期，且夏季高溫下植株之生長勢為其他季節之 2-3 倍，若要有效降低族群之擴散，植株且生物量之移除速率，必須高於布袋蓮恢復生長之速率，因此高溫來臨前可為防除之適合時段。

引用文獻

1. 施劍鏐、陳弘煜、王前智、張弘毅。1994。布袋蓮象鼻蟲 (*Nechoetina eichhorniae* Warner) 之寄主範圍及偏好性。中華昆蟲 14: 281-290。
2. 徐玉標。1984。臺灣布袋蓮之分佈及其與水質相關之調查研究。農業工程學報 30: 30-40。
3. 陳德順、胡大維。1976。台灣外來觀賞植物名錄。川流出版社。台灣。618 頁。
4. 曹以松、張占傑、黃淑美、張文亮。1978。渠道內雜草之研究－布袋蓮之清除。農業工程研究中心研究報告 AERC-79-RR-07。

5. 張文亮、徐玉標。1979。布袋蓮之生態、防除與利用。農業工程學報 25: 102-113。
6. 蔣永正。2004。水生雜草之管理。楊純明、王慶裕、林俊義彙編「雜草學與雜草管理」，農業試驗所出版。台中。179-192 頁。
7. Amoding, A., Muzira, R., Bekunda, M. A., and Woome, P. L. 1999. Bioproductivity and decomposition of waterhyacinth Uganda. African Crop Sci. J. 7: 433-439.
8. Barrett, S. C. H. 1980. Sexual reproduction in *Eichhornia crassipes* (water hyacinth). II. Seed production in natural populations. J. Appl. Ecol. 17: 113-124.
9. Carignan, R., and Neiff, J. J. 1994. Limitation of water hyacinth by nitrogen in subtropical lakes of the Parana floodplain (Argentina). Limnol. Oceanogr. 39: 439-443.
10. Center, T. D. 1987. Do water hyacinth leaf age and ontogeny affect intra-plant diepersion of *Neochetina eichhorniae* (Coleoptera: Curculionidae) eggs and larvae? Environ. Entomo. 16: 699-707.
11. Center, T. D., and Spencer, N. R. 1981. The phenology and growth of waterhyacinth (*Eichhornia crassipes* (Mart.) Solms) in a eutrophic north-central Florida lake. Aquatic Bot. 10: 1-32.
12. Charudattan, R. 1986. Integrated control of waterhyacinth (*Eichhornia crassipes*) with a pathogen, insects, and herbicides. Weed Sci. 34: 26-30.
13. Greco, M. K. B., and Freitas, J. R. de. 2002. On two methods to estimate production of *Eichhornia crassipes* in the eutrophic Pampulha Reservoir (MG, Brazil). Braz. J. Biol. 62: 463-471.
14. Gutierrez, E. L., Ruiz, E. F., Uribe, E. G., and Martinez, J. M. 2001. Biomass and productivity of water hyacinth and their application in control programs, pp. 109-119. In: M. H. Julien, M. Hill, T. Center and J. Ding [eds.], Proceedings of the Meeting of the Global Working Group for the Biological and Integrated Control of Water Hyacinth, Beijing, China, ACIAR, Canberra, Australia. 152 pp.
15. Holm, L. G., Plucknett, D. L., Pan, J. V., and Herberger, J. P. 1977. The World's Worst Weeds: Distribution and Biology. The University Press of Hawaii, Honolulu. 609 pp.
16. Imaoka, T., and Teranishi, S. 1988. Rates of nutrient uptake and growth of the water hyacinth (*Eichhornia crassipes* (Mart.) Solms). Water Res. 22: 943-951.
17. Luu, K. T., and Getsinger, K. D. 1988. Control points in the growth cycle of waterhyacinth. Aquatic Plant Control Research Program, Vol A-88-2, US Army Engineer Waterways Experiment Station, Vicksburg, MS. 6 pp.
18. Madsen, J. D. 1993. Growth and biomass allocation patterns during waterhyacinth mat development. J. Aquatic Plant Manage. 31: 134-137.
19. Maricela, M. J. 2003. Progress on water hyacinth (*Eichhornia crassipes*) management, pp. 125-129. In: R. Labrada, [ed.], Weed Management for Developing Countries. Addendum 1. FAO Plant Production and Protection Paper 120 Add. 1. FAO of the United Nations, Rome. 290 pp.
20. Mukhopadhyay, S. K. 1985. Water

- hyacinth -its dangerous and beneficial aspects in Indian agriculture, pp. 700-711. *In*: B. L. Mercado [ed.], Proceedings, 10th Asian-Pacific Weed Science Society Conference, November 24-30, 1985, Asian Pacific Weed Science Society, Chiangmai, Thailand. 791 pp.
21. Newman, S., and Haller, W. T. 1988. Mineral deficiency symptoms of waterhyacinth. *J. Aquatic Plant Manage.* 26: 55-58.
22. Oki, Y., and Une, K. 1989. Noxious aquatic weeds in Japan: A close look at *Trapa*, pp. 815-820. *In*: J. O. Guh [ed.], Proceedings, 12th Asian-Pacific Weed Science Society Conference, August 21-26, 1989, Asian Pacific Weed Science Society, Seoul, Korea. 917 pp.
23. Reddy, K. R., and Debusk, W. F. 1984. Growth characteristics of aquatic macrophytes cultured in nutrient-enriched water: I. Water hyacinth, water lettuce, and pennywort. *Econ. Bot.* 38: 229-239.
24. Shibayama, H. 1981. Aquatic weeds in creeks and their control in Japan, pp. 240-255. *In*: M. H. Tetangco, [ed.], Weeds and Weed Control in Asia. FFTC Book Series No.20. Food and Fertilizer Technology Center, Taipei, Taiwan. 259 pp.
25. Watson, M. A., and Cook, G. S. 1987. Demographic and development differences among clones of water hyacinth. *J. Ecol.* 75: 439-457.
26. Wilson, J. R., Rees, M., Holst, N., Thomas, M. B., and Hill, G. 2001. Water hyacinth population dynamics, pp. 96-104. *In*: M. H. Julien, M. Hill, T. Center and J. Ding [eds.], Proceedings of the Meeting of the Global Working Group for the Biological and Integrated Control of Water Hyacinth, Beijing, China, ACIAR, Canberra, Australia. 152 pp.

ABSTRACT

Chiang, Y. J.*, and **Chiang M. Y.** 2005. **Growth characteristics and seasonal variation in vegetative reproduction of water hyacinth (*Eichhornia crassipes*) in Taiwan.** Plant Prot. Bull. 47: 337-347. (Taiwan Agriculture Chemicals and Toxic Substances Research Institute, Wufeng, Taichung 413, Taiwan (ROC))

Water hyacinth (*Eichhornia crassipes* (Mart.) Solms) is one of the world's most-noxious aquatic weeds, owing to its life cycle and survival strategies that have given it a competitive edge over other species. Vegetative propagules of water hyacinth were collected from irrigation and drainage ditches in Changhua and planted in artificial ponds. Seasonal variations in the plant growth rate, leaf production, and seed yield were investigated; and water quality of ditch water samples was also measured. The mean leaf number on an individual plant of water hyacinth showed an increase of from 5 to 17.8 leaves in a month after planting. Mean leaf longevity for lower leaves (node numbers 1~14) was longer than that for upper leaves during the experimental interval. Each capsule contained an average of 42 ± 22 filled seeds, and $16.1 \% \pm 13.7 \%$ of seeds germinated. The wide variations in seed number and germination were frequently observed in our experiments. Seasonal patterns obtained in growth evaluations with water hyacinth plants cultivated in an artificial pond with running irrigation water were characterized by four phases: a delayed phase (in a temperature range of 16.2~19.4 °C) followed by linear growth, two linear growth phases (in a temperature range of 21~25.7 °C), and a rapid exponential phase (in a temperature range of 27.2~28.5 °C). The fresh biomass was higher when planted in summer (July) than in other seasons. The pH of the sampled sites was consistent throughout the entire experiment (mean pH 8~8.3). The analytical values of electrical conductivity (EC) had a distinct trend of steadily increasing from 0.63 to 0.98 mS/cm at which time there was 90 %~100 % surface coverage. Water hyacinths did not emerge in waters in which the EC exceeded about 3.2 mS/cm.

(Key words: water hyacinth, reproduction, temperature, seed production, water quality)

*Corresponding author. E-mail: cyj@tactri.gov.tw

