

行政院國家科學委員會專題研究計畫成果報告

計畫編號：NSC 88-2313-B-002-086

執行期限：87年8月1日至88年7月31日

主持人：葉德銘 臺大園藝系

一、摘要：

從 1/4 量-全量 Johnson 氏營養液處理之植株地上部乾重、可見葉片數和葉面積皆無顯著差異，地下部乾重則以 1/4 量 Johnson 氏營養液處理較佳；在觀賞品質方面，以 1/4 用量處理之植株具較低之葉綠素含量及較多之黃斑葉片數，但以全量處理者每株具較多之壞疽葉片數，潮汐灌溉宜在 1/2 至 1/4 Johnson 氏營養液下得到品質較佳的綠巨人白鶴芋。潮汐灌溉以 1/2 Johnson 氏營養液用量下生產的綠巨人白鶴芋在維持相同灌溉類頻率的情況下，植株之生長量與傳統澆灌生長之植株並無顯著差異，然而利用潮汐灌溉處理者能夠減少下位黃葉和皺摺葉之發生。分別以直徑 15cm 和 24cm 盆於潮汐灌溉系統和傳統手澆進行比較試驗，結果顯示潮汐灌溉處理者其生長量明顯優於手澆者，其中以直徑 24cm 盆結果最為顯著，潮汐灌溉也能降低壞疽葉和皺摺葉之發生。潮汐灌溉以直徑 15cm 盆處理，可以減少用水量達 33% 及提高水份利用效率($\text{plant dry weight/water applied-water leached}$)達 40%，且由於潮汐灌溉沒有淋溶作用，能減少氮素之使用量達 33%，並能提高氮素之利用效率，顯示潮汐灌溉具備省水省肥和適合綠巨人白鶴芋生長的優點。

關鍵詞：潮汐灌溉、白鶴芋、生長、肥料濃度、蒸發散量、水分利用效率

Abstract

In order to reduce the irrigation run-off and contamination of the underground water, effects of different nutrient levels were investigated in *Spathiphyllum* “Sensation” grown in an ebb and flow system, and comparison on the growth with hand-watering was also determined. Plants grew equally well from a range of 1/4 to full-strength of Johnson’s solution in the ebb and flow system, indicating the possible luxury consumption of plants was grown in the full-strength treatment, moreover, full-strength treatment produced more necrotic leaves and reduced the root growth. These results indicated that a range of 1/4 to half strength of Johnson’s solution was optimum for the growth of *Spathiphyllum* “Sensation” in the ebb and flow system. From September, 1997 to April, 1998, there were no difference in the plant growth between irrigation methods at the same irrigation frequency, however plants grown in the ebb and flow system had the fewest number of chlorotic and puckered leaf. From May 1998 to January, 1999, plants growth in the ebb and flow system was better than that of the hand watering treatment. In additions, the ebb and flow system could save water and nitrogen uses by 33% and increased the water use efficiency by 40%.

Keywords : ebb-and-flow, *Spathiphyllum*, growth, nutrient level, water use efficiency

二、緣由與目的：

潮汐灌溉系統較傳統澆灌方式顯著促進觀葉植物(葉, 1998)、非洲鳳仙花 (Biernbaum, 1992)、聖誕紅(Dole 等人, 1994)、天竺葵(郭峰, 1994)等盆花生長。因為此系統重複使用水及肥料, 因此應用於鐵砲百合能減少 50%肥料用量(Biernbaum 等人, 1988)、聖誕紅減少 30%肥料用量(Dole 等人, 1994)、白鶴芋減少 66%氮素用量(Campos 和 Reed, 1993; Kent 和 Reed, 1996)。

Josco(1991)以 26 種盆花試驗指出潮汐灌溉系統較傳統用量減少 50-57%肥料用量，可見潮汐灌溉系統確有省水省肥及自動化省工之優點。

本省人工成本高漲且環保意識日益受重視，未來研究以自動化潮汐灌溉方式生產觀葉植物極為重要，故本研究以具經濟價值之蔓綠絨及白鶴芋等觀葉植物進行試驗，首先探討其適合潮汐灌溉系統之養液濃度範圍，以瞭解其需肥特性並供為養液管理之參考，

三、結果與討論

(一)、營養液濃度於潮汐灌溉系統下對綠巨人白鶴芋生長與品質之影響

1.生長量及品質：

經過八個月的生長期，從 1/4 量-全量 Johnson 氏營養液(1957)處理之植株地上部乾重、可見葉片數和葉面積皆無顯著差異，地下部乾重則以 1/4 量 Johnson 氏營養液處理較重，同時獲得較大的地下部與地上部比值(Root/shoot)，但植株總乾重則無顯著差異；顯示從 1/4 量-全量 Johnson 氏營養液處理之植株乾重、可見葉片數和葉面積皆無顯著差異，顯示全量 Johnson 氏營養液用量已達奢侈消耗(luxury consumption)，而 1/4 量 Johnson 氏營養液處理者已可生產生長量相當的植株；相對於林(1998)指出每週以 1/2 量 Johnson 氏營養液澆灌處理的綠巨人白鶴芋其地上部乾重和總葉面積較以 1/4 量處理為優的情形，已顯示潮汐灌溉可以在低於傳統澆灌之肥料推薦用量下生產標準相當的植株，同時可達到節省肥料和減少污染的目標。這主要是由於潮汐灌溉系統少有淋溶效果，養分較易保留在介質中(Biernbaum, 1992)，因此潮汐灌溉系統只須 1/4 量的 Johnson 氏營養液便足夠讓綠巨人白鶴芋正常生長。

在觀賞品質方面，以 1/4 Johnson 用量處理之植株之葉綠素含量較低，在經過 11 個月栽培後 1/2-1/4 量處理之植株具有較多之黃斑葉片數，全量處理

者每株則具有較多之壞疽葉片數。以 1/4 量 Johnson 氏營養液處理的植株可獲得較佳的地下部生長,同時相對於 1/2 量和全量 Johnson 氏營養液處理有較高的 R/S,顯示在低肥的狀態下,比較有利地下部之生長,此現象在缺乏氮肥時也會出現(Marschner, 1995)。天竺葵母株以高濃度肥料處理並不會影響其葉片和主莖的鮮重,但根鮮重和 R/S 卻顯著下降(Ganmore-Neumann 和 Hagiladi, 1992); Yelanich 和 Biernbaum(1993)指出在 14-28mol N/m³肥料用量下生長的聖誕紅,只有維持較高的淋溶量方可以有利根部之生長。增加 R/S、提高植株的地上部鮮重和苞片面積;而使用 7mol N/m³的肥料用量配合低淋溶量處理也能得到同樣的植株生長效果。另外 Argo 和 Biernbaum(1995)以高濃度氮肥栽培聖誕紅植株,結果同樣顯示以淹灌處理的株高、葉面積、根乾重和 R/S 也會明顯比傳統澆灌為低,顯示在缺乏淋溶的情況下會導致嚴重之鹽類累積,因而影響植株特別是地下部之生長。

2.葉片礦物元素含量與觀賞品質之關係：

潮汐灌溉系統下以不同營養液濃度處理,在栽培 8 個月後,葉片分析顯示:隨著營養液濃度的增加,葉片中的 N、K、B 有增加之趨勢,而 Ca 和 Mg 則有下降之趨勢。營養液濃度由 1/4 量增至全量 Johnson 處理時,葉片之 N 含量由 3.32%增至 4.09%,K 含量由 2.86%增至 4.47%,但 Ca 則由 1.41 降至 1.04%,Mg 由 0.54 降至 0.25%,而 P 的變化只在 0.02%間;以 1/4 量處理者其葉片含 Fe 較多,其他元素含量則影響不大。1/4 量的 Johnson 氏營養液濃度處理者其葉片分析顯示除 K 元素外,其他元素皆在前人認為品質良好植體其礦物元素含量之範圍內(林, 1998),顯示潮汐灌溉系統只須 1/4 量的 Johnson 氏營養液便足夠讓綠巨人白鶴芋正常生長。

相對於 1/2 量和全量 Johnson 氏營養液,以 1/4 用量處理之植株具較低之葉綠素含量。觀察綠巨人白鶴芋葉片中的 N 含量,隨營養液濃度增加而增加,此結果與 Poole 和 Conover(1981)指出增加氮肥濃度可以增加噴雪黛粉葉葉片

濃綠度和葉片 N 含量的結果相同。影響一些觀葉植物如粗肋草、黛粉葉、椒草、竹芋等葉片濃綠度或葉綠素含量的主要因子乃營養液中的 N 素，營養液中其他元素如 P、K 則對葉色影響不大(Poole 和 Conover, 1977; Poole 和 Conover, 1981)。以 1/4 量栽培 11 個月後，黃斑葉片數有增加的情形，依據林(1998)之推論，當綠巨人白鶴芋缺 K 或 N/K 較高的情形下葉片較易出現黃斑；本實驗於栽培 8 個月後，葉片中的 K 含量已接近 Mills 和 Jones, Jr(1991)所推薦含量的低標。而葉片中 K 含量隨 N 含量增加而增加，因而在較高濃度下生長之綠巨人白鶴芋已減少黃斑葉之出現，而有關黃斑葉片之形成尚須進一步的探討。

全量處理者每株具較多之壞疽葉，此結果與林(1998)在增加 NH_4NO_3 用量時較易出現壞疽症狀的結果相同。觀察植株葉片之 Ca 含量於全量處理下最低，因而推論葉片中出現邊緣壞疽的症狀與缺 Ca 有關。當 N 和 K 含量增加時，Ca 和 Mg 含量皆有顯著之下降。本試驗所使用之 Johnson 氏營養液的氮型態是以 $\text{NO}_3^- \text{N}$ ，與 $\text{NH}_4^+ \text{N}$ 維持 7:1 的比例(Johnson 等人, 1957)，試驗中綠巨人白鶴芋隨著營養液濃度的使用量增加，葉片中 K 也有增加吸收的情形，因此推論 $\text{NO}_3^- \text{N}$ 較有利 K 之吸收，此與朝鮮薊(Elia 等人, 1996)、蔓綠絨(Conover 和 Poole, 1986)的情形相同, Ali 等人(1991)指出 K、Ca 對於 $\text{NO}_3^- \text{N}$ 的代謝有重要的影響，養液中缺乏 K 會降低番茄中 $\text{NO}_3^- \text{N}$ 的吸收、運移和同化作用，並降低葉片中 nitrate-reductase 的活力，而缺 Ca 也會使 nitrate-reductase 的作用降低，同時也抑制 $\text{NO}_3^- \text{N}$ 形成蛋白質，顯示 $\text{NO}_3^- \text{N}$ 、K 與 Ca 三者是相互影響的。試驗中 K 和 Ca、Mg 似有拮抗作用，當 K 含量在 4.47% 時，葉片中的 Ca、Mg 均已接近低範圍(Ca: 0.8-2.0%; Mg: 0.2-1.0%)(Mills 和 Jones, Jr, 1991)，此情形與香石竹(Sonneveld 和 Voogt, 1986)、粗肋草(Poole 和 Conover, 1977)、黛粉葉、竹芋(Poole 和 Conover, 1981)、電信蘭(葉, 1998) 等相同。

綠巨人白鶴芋以全量 Johnson 氏營養液處理者較易發生壞疽葉片數，而發生壞疽的地方，則最常發生在幼嫩的葉片邊緣，此結果與蔓綠絨(Hershey 和 Merritt, 1987)葉片或聖誕紅苞片邊緣(Woltz 和 Harbaugh, 1986; Bierman 等人, 1990) 發生壞疽的情形一致，這些部位都是 Ca^{2+} 離子比較不易被蒸散流帶動的地方，因此 Ca^{2+} 離子特別容易缺乏。

綠巨人白鶴芋以全量處理者其根乾重也較少，也可能是導致缺 Ca 的原因之一。因為帶動 Ca^{2+} 離子主要仍是靠根壓的幫助(Brumm 和 Schenk, 1993)，因此根數和根的生長密度對頂芽或葉緣部位的鈣離子運輸便相當重要；健康的根系也是影響鈣離子吸收重要因子之一，綠巨人白鶴芋以全量 Johnson 氏營養液處理者在根系生長已明顯受阻的情形下，發生壞疽葉片數也比較明顯，而在高濃度營養液處理使 R/S 下降的情形下，也較容易使鈣離子的相對含量降低而引起缺鈣之症狀發生(Waters 等人, 1990; Brumm 和 Schenk, 1993)。由此可證明地下部對地上部的品質起了一個相當大的作用(Waters 等人, 1990)。

Woltz 和 Harbaugh(1986)也指出葉片邊緣發生壞疽症狀主要是由於施肥次數太多或太濃導致細胞分裂太過快速、而鈣離子又未能及時供應，使剛形成之細胞壁之完整性和穩定性下降所引起的。因此以潮汐灌溉方式生產綠巨人白鶴芋不宜使用高濃度營養液，以免增加壞疽葉片之發生。

3.介質 EC 與 pH 值：

隨著栽培時間的增加，各組處理的介質皆有明顯之鹽類累積，介質 EC 值隨營養液濃度增加而增加，其中以全量 Johnson 氏營養液處理者最為嚴重，但鹽類主要累積在介質的上層部分；栽培 8 個月後的，由於經過數次以清水淋溶(periodic leaching)，使介質 EC 值有下降之情形，但鹽類仍傾向往上層累積，中、下層介質則變化不大；在 1/2 或 1/4 濃度處理下介質的中、下層部分仍可以維持在適當的範圍內；然而使用全量處理者盆栽的中、下層介質介質

在栽培 7 個月後即已超過 Warncke 和 Krauskopf(1983)指出的一般植物能忍受的範圍內(> 1.25mS/cm)。在無淋溶的狀況下，加上受蒸發作用之影響，底部灌溉(sub-irrigation)處理會將大量鹽類帶往介質的上層累積，此現象一如淋溶的效果，不致影響植株地下部之生長(Argo 和 Biernbaum, 1994)。但當營養液增加至全量時，介質過多的鹽類已不能借助蒸發作用遠離中、下層介質部分，進而影響植株地下部之生長。經過 11 個月的栽培後，以 1/2 量和 1/4 量處理者則不論介質表面或中、下層介質皆已超過 1.25mS/cm，其中全量處理的上層介質更高達 7.19mS/cm。然而在 1/4 Johnson 氏營養液用量下，其中、下層介質介質之 EC 值仍能維持在 0.79mS/cm 左右，較不受栽培時間之影響。

當處理時間增加至 11 個月後，以 1/2 量和全量處理者其介質的中、下層也已超過 1.25ms/cm，顯示栽培時間的延長，鹽類的累積程度會更為嚴重；然而使用 1/4 Johnson 氏營養液用量下，中、下層介質之 EC 值仍能維持在適合植物生長的範圍內(0.75-1.25mS/cm)(Warncke 和 Krauskopf, 1983)，並未受栽培時間所影響，也不致影響根部之生長，顯示在 8 個月的栽培期內，潮汐灌溉適合以 1/4-1/2 量的 Johnson 氏營養液來生產綠巨人白鶴芋。

各組介質的 pH 值隨著栽培時間皆有下降之趨勢，其中以全量 Johnson 氏營養液較為明顯，於 7 個月的栽培期內，中、下層介質 pH 值即已下降至 3.5，栽培 7 個月後，各處理間的 pH 值皆以下層介質最低；而栽培 8 個月後，以 1/4 量處理者其下層介質的 pH 值卻相對於其他處理者具有上升的趨勢。綜合結果顯示潮汐灌溉使用高營養液濃度處理較易使介質的 pH 值下降。

(二)、潮汐灌溉與傳統澆灌對綠巨人白鶴芋生長及水、養分利用之影響

二．一、潮汐灌溉與傳統灌溉對綠巨人白鶴芋生長之影響(1997/9/25-1998/5/30)

1.生長量及品質：

經過八個多月的栽培後，潮汐灌溉以 1/2 Johnson 氏營養液用量下處理的綠巨人白鶴芋在維持相同灌溉類頻率的情況下，植株之地上部、地下部乾重、可見葉片數、葉面積與傳統澆灌生長之植株並無顯著差異，然而本試驗中潮汐灌溉可減少約 27% 淋溶量所造成之水資源浪費，在獲得相同生長量之前提下，潮汐灌溉仍具有節省水資源之優點。此結果與聖誕紅、天竺葵等盆栽植物在利用潮汐灌溉時能維持其生長量和品質的結果相同(Dole 等人，1994；Morvant 等人，1997)。Dole 等人(1994)指出潮汐灌溉相對於手澆、滴灌及吸水氈吸水法為最節省水資源的灌溉系統；而 Morvant 等人(1997)也指出天竺葵以 220mg/L-N 肥料用量於潮汐灌溉系統下處理其植株乾重及品質皆與手澆、滴灌及吸水氈吸水法並無差異，然而潮汐灌溉系統可減少施灌量(water applied)和溢流量(water runoff)。由本試驗指出，潮汐灌溉使用 1/2 Johnson 氏營養液用量下綠巨人白鶴芋可獲得生長量相當與品質較佳的效果，且減少淋溶量和節省水資源。

在 1997 年 10 月 31 日至 1998 年 4 月 4 日的生長期間，葉片數增加緩慢，顯見葉片分化的速率於秋、冬期間有下降之情形。林(1998)指出綠巨人白鶴芋葉片分化速率在 13-26 之間隨溫度升高而增加，而最適合葉片分化的溫度範圍為 20-30 間，因此在冬季溫度較低時綠巨人白鶴芋葉片的分化已受到影響。

在觀賞品質方面，利用潮汐灌溉處理者可減少下位黃葉之發生，此可能與環境因子或氮素之吸收與移動有關：N 是合成葉綠素不可或缺的元素，因此葉片黃化是一種缺 N 的症狀(Joiner, 1981)，由於 N 在植物體內為移動性相當高的元素，當植株在缺 N 的情況下，老葉的蛋白質會分解成氨基酸，然後移動至生長比較旺盛的葉片中利用，因此葉片黃化通常發生在下位(Joiner, 1981)。本試驗在 1998 年 5 月 30 日取樣的結果顯示葉片 N 含量以潮汐灌溉比手澆處理為高，顯示綠巨人白鶴芋以潮汐灌溉其營養狀態比以手澆處理為

優。由於潮汐灌溉處理不具淋溶效果，養分較易保留在介質中(Yelanich 和 Biernbaum, 1993)，因而可以提供植株有效利用 N 肥而增加綠巨人白鶴芋葉片的品質。

此外，以潮汐灌溉處理者可以減少皺縮葉片的發生，林(1998)指出當環境處於高溫、強光時，葉片可能因分化過快而使葉片伸展不平衡所致。在本試驗中，平均遮光環境為 70%，平均溫度也在 35 以下，推論潮汐灌溉可降低皺縮葉片乃與灌溉方式有關，因而需要後續試驗作進一步的探討。

2.葉片礦物元素含量：

不同時期取樣之葉片礦物元素成分結果顯示：從八個月的生長期來觀察，潮汐灌溉與手澆處理下之植株其礦物元素含量變化皆有相似的趨勢，葉片中礦物元素以 1997 年 10 月 31 日取樣時最含量最高，於 1998 年 5 月 30 日取樣時之元素含量次之，而以 1998 年 4 月 4 日取樣之元素含量最低。其中在 1997 年 10 月 31 日取樣的植株以潮汐灌溉處理者含有較多的 R Ca 和 Mg，而在 1998 年 4 月 4 日取樣的結果中潮汐灌溉處理者葉片中 Ca 和 Mg 元素的含量則較少。

從觀察八個月生長期間綠巨人白鶴芋其葉片成分的變化，可知在秋末和初夏葉片的元素含量較高，可能因環境溫度較高，適合綠巨人白鶴芋生長有關(林，1998)，而於 1998 年 4 月 4 日取樣的植株其葉片 N、K、Ca 元素含量明顯較低，顯示冬季生長之綠巨人白鶴芋植株會減少吸收上述元素。綠巨人白鶴芋對 K 與 Ca、Mg 的吸收似有拮抗作用，當 N、K 含量提高後，Ca、Mg 含量則顯著下降，與前面試驗的結果相同。觀察介質的 pH 值皆低於理想範圍，pH 在較低的情況下也會減少 Ca、Mg 的有效性(Marschner, 1995)。

3.介質 EC 及 pH 值：

介質分析顯示，潮汐灌溉處理之上層介質 EC 皆會隨著栽培時間增加而上升，在試驗結束時採樣介質上層的 EC 為 2.44mS/cm，高於手澆的

0.56mS/cm，中、下層介質的 EC 分別為 0.70 和 0.56mS/cm，也高於手澆處理的 0.40 和 0.42mS/cm。介質 EC 比較集中於上層，以潮汐灌溉處理的上層介質其 EC 分別為中、下層的 3.5 和 4.4 倍；而手澆處理者其上層介質的 EC 則分別為中、下層的 1.4 和 1.3 倍，此與大部分前人的結果相同(郭，1994；何，1996 郭，1997；Argo 和 Biernbaum，1995；Morvant 等人，1997)，上層介質 EC 比中、下層為高主要受蒸發作用所致(Argo 和 Biernbaum，1994)，潮汐灌溉由於是以底部方式吸取養液，因此介質表層沒有經大量的水分淋溶，以致上層介質的 EC 和中、下層距離較手澆處理為大(Argo 和 Biernbaum，1994)。潮汐灌溉與手澆處理以相同的灌溉頻率及營養液濃度下，潮汐灌溉可以保留較多的養分，因而也能減少下位黃葉之產生；同時潮汐灌溉處理的盆栽也因受蒸發量帶動鹽類到上層介質，而使根圈的 EC 維持較穩定的狀態(Argo 和 Biernbaum，1994)，在八個月的栽培過程中不會因為鹽類累積而影響植物生長。

潮汐灌溉與傳統手澆的比較試中，潮汐灌溉處理者有介質提早酸化的情形發生，此結果與聖誕紅、蔓綠絨、天竺葵等盆栽作物以潮汐灌溉處理的結果相同(郭，1994；郭，1997；Morvant 等人，1997)。Molitor(1990)認為 pH 下降是由於潮汐灌溉少有淋溶作用，因而呈現 H^+ 離子累積的情形；Molitor(1990)同時認為介質酸化也有可能是由於硝化作用所引起的。而 Heiskanen(1995)認為除了硝化菌的作用外，由於潮汐灌溉以底部吸水，下層介質含水量會比傳統灌溉為高，因而加速介質的礦質化和釋放有機酸，也是導致下層介質酸化的原因。

二．二、潮汐灌溉與容器大小對綠巨人白鶴芋生長之影響(1998/5/10-1999/1/25)

潮汐灌溉和傳統澆灌處理於每次灌溉前後分別記錄每盆之重量，灌溉前後之重量差距($Mb_1 - Ma_1$)即為每盆之吸水量，而本次灌溉前之重量與前次灌溉

後之重量差距($Mb_0 - Ma_1$)則評估為蒸發散量，以期找出每盆植株的水分利用情形，手澆處理者因應淋溶量而決定施灌量，而潮汐灌溉處理則由於沒有淋溶量，其施灌量等於吸收量。並從施灌量(applied solution)中計算所供給的 N 含量 (applied N)(Argo 和 Biernbaum, 1995)。

2. 容器大小與植株生長之關係：

以直徑 15cm 盆測其容器高度為 13cm，容量約 1500cm³，其介質之充氣孔隙度為 22.3%，容器容水量為 53.3%。而以直徑 24cm 盆測其容器高度為 23cm，容量約 7000cm³，其介質充氣孔隙度為 40.1%，容器容水量為 40.5%。本試驗以直徑 24cm 盆處理，不論灌溉方法為何皆能獲得較佳的根乾重，究其原因，應與介質之物理、化學性有關；容器大小會顯著影響介質之物理特性，直徑 24cm 盆之充氣孔隙度比直徑 15cm 盆高 1.8 倍，相對其容器容水量只有直徑 15cm 盆的 0.76，顯見容器大小會改變介質中的液、氣相比，此現象與 Fonteno 等人(1996)指出之結果相符。Peterson(1991)指出當根部生長受到限制會導致根活力的下降。本試驗仍未觀察出有病害傳播和介質通氣不良的情形發生，但顯然以較大容器於潮汐灌溉下可以獲得生長量較大的植株。

2. 生長量及品質：

潮汐灌溉不論以直徑 15cm 或 24cm 盆處理的植株其葉片、地上部、地下部和總乾重以及葉片數、葉面積皆比傳統手澆處理為優，尤其以直徑 24cm 盆處理效果最為明顯，其植株乾重分別為直徑 15cm 和 24cm 盆以手澆處理的 2.06 和 1.68 倍。而以直徑 15cm 盆以潮汐灌溉處理的植株乾重也比以相同容器以手澆處理者多 0.4 倍。直徑 15cm 盆以潮汐灌溉與直徑 24cm 盆以手澆處理的植株均無顯著差異。分析顯示容器大小和灌溉方式在植株葉片乾重、地上部乾重和葉面積的表現上皆呈交感作用。此結果與天竺葵(郭, 1994)、蔓綠絨(郭, 1997)、西瓜皮椒草、白玉萬年青、斑葉鵝掌藤、電信蘭、人參榕(葉, 1998)相同，可能在栽培期間平均溫度較高，或光度較強，綠巨人白鶴芋在水、

養分需求殷切之時，使用潮汐灌溉較有利植株之生長。

以潮汐灌溉處理，地上部與地下部生長皆明顯優於手澆處理者，但以潮汐灌溉處理其 R/S 仍低於以手澆處理者，顯示潮汐灌溉較有利地上部之生長。當聖誕紅盆花以底部灌溉處理 54 天後，R/S 也較澆灌處理為低，特別是當介質 EC 較高的時候(Argo 和 Biernbaum, 1995)。然而 Leskovar 和 Heineman(1994)則指出以潮汐灌溉處理番椒穴盤苗會得到較多的側根(lateral root)，因而增加了 R/S。

試驗期間測得之光合作用、氣孔導度與蒸散作用皆以潮汐灌溉處理為優，可能因為潮汐灌溉處理的植株其水分生理狀況比手澆為優之故(Kramer 和 Boyer, 1995)。

在觀賞品質方面，本試驗灌溉方式並不顯著影響下位黃葉數，然而葉色仍以潮汐灌溉處理者較為濃綠，手澆處理者具較多之皺縮葉片和壞疽葉片數，潮汐灌溉處理卻產生較多的黃斑葉片數，尤其以直徑 24cm 盆處理最為明顯，且容器大小與灌溉方式呈交感作用。灌溉方式有助改善葉片皺縮之情形，與前面試驗的結果相同。在其他葉片品質方面，容器大小皆不影響葉片的濃綠度、黃葉數、皺葉數和壞疽葉片數。

2.葉片礦物元素成分與觀賞品質之關係：

以直徑 15cm 盆處理而言，潮汐灌溉比手澆處理的植株葉片含較少的 N、K 元素，而手澆和潮汐灌溉處理之葉片其 P、Fe、Zn 元素含量相差不顯著；而以直徑 24cm 盆處理而言，潮汐灌溉處理者葉片中的 K 含量，則明顯較手澆處理為少，N、P、Ca、Mg、Fe、Zn 含量在潮汐灌溉和手澆處理間並無差異。從葉片分析來觀察，潮汐灌溉處理者雖具較少之 N、K，此可能乃生長稀釋所致，所有元素除 Ca 以外皆在適當範圍(Mills 和 Jones,Jr., 1991)。

3.介質 EC、pH 及根群分佈：

潮汐灌溉處理者其中、將盆栽介質分成三等分來觀察，下層介質的 EC

均比手澆處理者為低，然而上層介質卻遠高於手澆處理者。不論容器大小和灌溉方式，EC 值皆以上層最高，中層次之，下層最低。上層介質之 EC 仍以潮汐灌溉處理者為最高。交叉分析顯示介質部位與容器大小、灌溉與容器大小皆具有交感作用。以直徑 15cm 盆處理，潮汐灌溉處理的上層介質 EC 分別為中、下層之 3.88 和 7.09 倍；而手澆處理則為 1.96 和 2.08；如以直徑 24cm 盆處理，潮汐灌溉處理的上層介質 EC 為中、下層之 4.94 和 6.41 倍；而手澆處理則為 2.74 和 2.93，此結果與前次試驗之特性相同。將介質上、中、下三層的 EC 平均計算，潮汐灌溉比手澆處理為高，但結果顯示 EC 較集中在上層介質部分，而根群分佈較多的中、下層則 EC 低於理想範圍(Warncke 和 Krauskopf, 1983)，此現象在直徑 24cm 盆處理上效果更為明顯。潮汐灌溉把大量鹽類帶到表層，而中、下層反而出現 EC 不足之現象，與 Argo 和 Biernbaum(1994)指出鐵炮百合以底部灌溉處理易造成根圈介質鹽類低於適合濃度的結果相同。進一步推測介質表面積可直接影響蒸發量的多寡，直徑 24cm 盆的表面積較大，因而鹽類被蒸發流帶動至表層的情形會比直徑 15cm 盆較為顯著。

潮汐灌溉處理者下層介質之 pH 值較上、中層介質為低，而手澆處理者之上層介質則較中、下層介質為低。直徑 15cm 盆以手澆處理者其介質 pH 較低，然而以直徑 24cm 盆處理者 pH 又以潮汐灌溉處理較低。在同一灌溉系統下，則又以直徑 15cm 盆的 pH 較低。交叉分析顯示灌溉與介質部位、灌溉與容器大小具有交感作用。

潮汐灌溉處理之根乾重以下層介質較多，其中以直徑 24cm 盆處理者之下層介質最為明顯。直徑 15cm 盆以手澆處理者其根群較集中於中層部分，而直徑 24cm 盆以手澆處理者其根群則主要分佈在上層；手澆處理者其他部分則無甚差異。交叉分析顯示介質部位與容器大小、灌溉與容器大小具有交感作用。

從根的分佈來看，下層介質的根乾重以潮汐灌溉處理者較多，Heiskanen(1995)認為由於潮汐灌溉由於底部吸水，下層介質較易飽和，因此有利根部往下生長，在本試驗也觀察到潮汐灌溉有提早出現盤根的現象，與番椒穴盤苗以潮汐灌溉處理較易使根往盆外生長(Leskovar, 1998)和蔓綠絨較易發生盤根(郭, 1997)等現象相同。直徑 24cm 盆處理者其 pH 最為穩定，與較大容積其緩衝能力較佳有關(Schaller, 1987)。潮汐灌溉處理其下層介質 pH 最低，與第一次之試驗結果相同，但手澆者以上層 pH 最低，觀察結果顯示亦是根群分佈最多的部分，其 EC 和 pH 皆較為低，估計與根部旺盛生長使鹽類濃度下降和因吸收陽離子而釋於出 H⁺ 離子增加有關(Mengel 和 Kirkby, 1982)。推論潮汐灌溉方式首先影響介質中鹽類和水分分佈，進而影響根群分佈和 pH 值。

4.水分與氮肥利用效率：

比較潮汐灌溉與傳統手澆於直徑 15cm 盆處理之綠巨人白鶴芋的水分利用結果顯示：手澆處理在水分吸收量和蒸發散量方面，潮汐灌溉與手澆處理於栽培期間皆有相同的趨勢，手澆處理的淋溶係數則維持 0.2-0.6。當 1998 年 7 月 31 日換成直徑 15cm 盆後，吸水量和蒸發散量皆有上升之情形。

計算整個試驗過程中每盆之施灌量(water applied)、吸水量(water utilized)和蒸發散量(evapotranspiration)的總和，結果顯示潮汐灌溉處理的植株於栽培時間內每盆的總吸水量為 6.24L，由於淋溶量為 0，因此總施灌量也為 6.24L/pot，總蒸發散量為 6.05L/pot。而手澆處理的植株於同一栽培時間內每盆的總施灌量為 9.36L，由於維持在 20-60%的淋溶量，因此總吸水量為 6.40L/pot，當中因為淋溶造成 2.96L/pot 的流失。其總蒸發散量為 6.22L/pot。經過統計分析後，潮汐灌溉和手澆在總吸水量和總蒸發散量皆沒有差異，然而由於潮汐灌溉處理不造成水分流失，以致在總施灌量能顯著少於澆灌處理者，並能在不影響介質總吸水量的前提下減少施灌量達 33%，提高水分利用

效率達 40%。從總施灌量中估算潮汐灌溉處理每盆共耗用了 0.7g 的 N 肥，而手澆則在每盆耗用了 1.05g 的 N 肥，顯示以潮汐灌溉方式可以減少氮肥供給量達 33%。

潮汐灌溉處理的植株每次施灌或吸取 1 公升的營養液可生長 3.96g 的乾重或 379.63cm² 的葉面積，每蒸發散 1 公升的營養液可生長 4.09g 的乾重或 391.95cm² 的葉面積；相對於以手澆處理者每次施灌 1 公升的營養液只能生長 1.93g 的乾重或 200.15cm² 的葉面積、每吸取 1 公升的營養液只能生長 2.82g 或 292.72cm² 的葉面積和每蒸發散 1 公升的水分只生長 2.91g 的乾重或 301.12cm² 的葉面積具有顯著之差異，顯示潮汐灌溉能提高水分利用效率。此與聖誕紅(Dole 等人, 1994)和彩葉草(郭, 1996)等盆栽植物以潮汐灌溉處理能有效提高作物之水分利用效率的試驗結果相同。

潮汐灌溉除了可以減少水資源的流失，也能維持或提高綠巨人白鶴芋之生長，並提高水分利用效率，與前人結果相同(Dole 等人, 1994)，Fare 等人(1994)指出每次澆灌植物約會造成 68% NO₃-N 之流失，使用潮汐灌溉生產綠巨人白鶴芋，不僅可以減少淋溶對環境造成污染，同時也具備節省水資源和肥料之優點。在本試驗中，不曾發生介質通氣性不足或嚴重的病害傳播，在短暫栽培期內和使用低營養液濃度下也不會造成太嚴重之鹽類累積，因此綠巨人白鶴芋應適合以潮汐灌溉之生產模式。

五、參考文獻

1. 何曜全. 1996. 聖誕紅蒸發散量和巨量元素消耗量之研究與潮汐灌溉系統對聖誕紅、彩葉草、四季秋海棠盆花生育與觀賞品質之影響. 國立台灣大學園藝學研究所碩士論文. 100pp.
2. 林立. 1998. 無機養分、溫度與光度對白鶴芋生長之影響. 國立台灣大學園藝學研究所碩士論文. 101pp.
3. 郭宏遠. 1997. 天門冬屬四種觀葉植物種子發芽、幼苗生育與蔓綠絨潮汐灌溉之研究. 國立台灣大學園藝學研究所碩士論文. 114pp.

4. 郭坤峰. 1994. 聖誕紅與天竺之養水管理對根圈環境及淋洗問題之研究. 國立台灣大學園藝學研究所碩士論文. 70pp.
5. 葉德銘 1998. 底部灌溉系統對六種觀葉植物生長之影響. 中國園藝 44 : 81-92
6. Ali, A. A., M. Ikeda and Y. Yamada. 1991. Effects of the supply of K, Ca, and Mg on the absorption and assimilation of ammonium and nitrate-nitrogen in tomato plants. *Soil Sci. Plant Nutr.* 37:283-289.
7. Elia, A., P. Santamaria and F. Serio. 1996. Ammonion and nitrate influence on artichoke growth rate and uptake of inorganic ions. *J. Plant. Nutr.* 19:1029-1044.
8. Argo, W. R. and J. A. Biernbaum. 1994. Irrigation requirements, root-medium pH and nutrient concentrations of easter lilies grown in five peat-based media with and without an evaporation barrier. *J. Amer. Soc. Hort. Sci.* 119:1151-1156.
9. Argo, W. R. and J. A. Biernbaum. 1995. The effects of irrigation method, water-soluble fertilization, preplant nutrient change, and surface evaporation on early vegetative and root growth of poinsettia. *J. Amer. Soc. Hort. Sci.* 120: 163-169.
10. Bierman, P. M., C. J. Rosen and H. F. Wilkins. 1990. Leaf edge burn and axillary shoot growth of vegetative poinsettia plants: Influence of calcium, nitrogen form, and molybdenum. *J. Amer. Soc. Hort. Sci.* 115:73-78.
11. Biernbaum, J. A. 1992. Root-zone management of greenhouse container-grown crops to control water and fertilizer use. *HortTech.* 2: 127-132.
12. Biernbaum, J. A., R. George, R. D. Heins and W. H. Carlson. 1988. Subirrigation with recirculated solutions. *Grower Talks* 52: 79-94.
13. Brumm, I. and M. Schenk. 1993. Influence of nitrogen supply on the occurrence of calcium deficiency in field grown lettuce. *Acta Hort.* 339:125-136.
14. Campos, R. and D. W. Reed. 1993. Determination of constant-feed liquid fertilization rates for *Spathiphyllum* 'Petite' and *Dieffenbachia* 'Camille'. *J. Environ. Hort.* 11: 22-24.
15. Conover, C. A. and R. T. Poole. 1986. Nitrogen source effects on growth and

- tissue content of selected foliage plants. HortScience 21:1008-1009.
16. Dole, J. M., J. C. Cole and S. L. von Broembsen. 1994. Growth of poinsettias, nutrient leaching and water-use efficiency respond to irrigation methods. HortScience 29: 858-854.
 17. Elia, A., P. Santamaria and F. Serio. 1996. Ammonion and nitrate influence on artichoke growth rate and uptake of inorganic ions. J. Plant. Nutr. 19:1029-1044.
 18. Fare, D. C., C. H. Gilliam and G. J. Keever. 1994. Cyclic irrigation reduces container leachate nitrate-nitrogen concentration. HortScience 29:1514-1517.
 19. Fonteno, W. C, D. A. Bailey, T. E. Bilderback, R. E. Bir and P. V. Nelson. 1996. Substrate and water management for greenhouse and nursery production. p87-129. 第一屆國際盆花及草花生產研討會專刊. 台灣省桃園區農業改良場編印.
 20. Ganmore-Neumann, Ruth and A.Hagiladi. 1992. Plant growth and cutting production of container-grown *Pelargonium* stock plants as affected by N concentration and N form. J. Amer. Soc. Hort.Sci. 117:234-238.
 21. Heiskanen, J. 1995. Water status of sphagnum peat and a peat-perlite mixture in containers subjected to irrigation regimes. HortScience 30:281-284.
 22. Hershey, D. R. and R.H. Merritt. 1987. Calcium Deficiency symptoms of heartleaf philodendron. HortScience 22:311.
 23. Johnson, C. M., P. R. Stout, T. C. Broyer and A. B. Carlton. 1957. Comparative chlorine requirements of different plant species. Plant and Soil 8:337-353.
 24. Joiner, N. J. 1981. Foliage plant production. Prentice-Hall, Inc. Englewood Cliffs. N. J. 614pp.
 25. Josco, D. L. 1991 Ebb and flow saves money and grows great crops. Grower Talks 55: 23-27.
 26. Kent, M. W. and D. W. Reed. 1996. Nitrogen nutrition of New Guinea impatiens and *Spathiphyllum* in a subirrigation system. J. Amer. Soc. Hort. Sci. 121: 816-819.
 27. Kramer, P. J. and J. S. Boyer. 1995. Water relations of plants and soils.

- Academic Press. London. 495pp.
28. Leskkovar, D. I. and R. R. Heineman. 1994. Growth of "TAM-Mild Jalapeno-L'pepper seedlings as affected by greenhouse irrigation systems. HortScience 29:1470-1474.
 29. Leskkovar, D. I. 1998. Root and shoot modification by irrigation. HortTech. 8:510-514.
 30. Leskkovar, D. I. and R. R. Heineman. 1994. Growth of "TAM-Mild Jalapeno-L'pepper seedlings as affected by greenhouse irrigation systems. HortScience 29:1470-1474.
 31. Marschner, H. 1995. Mineral nutrition of higher plants. Academic Press. London. 889pp.
 32. Mengel, K. and E. A. Kirkby. 1982. Principles of plant nutrition. International Potash Institute. Switzerland. 655pp.
 33. Mills, H. A. and J. B. Jones, Jr. 1991. Plant analysis handbook II. p244. MicroMacro Publishing, Inc. Georgia.
 34. Molitor, H. D. 1990. The European perspective with emphasis on subirrigation and recirculation of water and nutrients. Acta Horti.272:165-173.
 35. Morvant, J. K., J. M. Dole and E. Allen. 1997. Irrigation systems alter distribution of roots, soluble salts, nitrogen, and pH in the root medium. HortTech. 7:156-160.
 36. Peterson T. A., M. D. Reinsel and D. T. Krize. 1991. Tomato (*Lycopersicon esculentum* Mill., cv. "Better Bush") plant response to root restriction. J Exp. Bot. 42:1421-1429.
 37. Poole, R.T. and C. A. Conover. 1977. Nitrogen and potassium fertilization of *Aglaonema commutatum* Schott cvs. Fransher and Pseudobracteatum. HortScience 12:570-571
 38. Poole, R.T. and C. A. Conover. 1981. Influence of N-P-K factorial fertilization on growth characteristics and foliar content of 4 foliage plants. HortScience 16:771-772.
 39. Poole, R.T. and C. A. Conover. 1986. Nitrogen source effects on growth and

- tissue content of selected foliage plants. HortScience 21:1008-1009.
40. Quebeceaux, Jr. B. and J. L. Ozbun. 1973. Effects of Ammonium nutrition on water stress, water uptake, and root pressure in *Lycopersicon esculentum* Mill. Plant Physiol. 52:677-679.
 41. Schaller, G. 1987. pH changes in the rhizosphere in relation to the pH-buffering of soils. Plant and Soil 97:439-444.
 42. Sonneveld, C. and W. Voogt. 1986. Supply and uptake of potassium, calcium and magnesium of spray carnations(*Dianthus caryophyllus*) grown in rockwool. Plant and soil. 93:259-268.
 43. Stewart, J. S., L.J. Lund and R. L. Branson. 1981. Nitrogen balances for container-grown privet. J. Amer. Soc. Hort. Sci. 106:565-569.
 44. Warncke, D. D. and D. M. Krauskopf. 1983. Greenhouse growth media: Testing and nutrition guidelines. Michigan State Univ. Coop. Ext. Ser. Bul. E-1736.
 45. Waters, L., B. L. Blanchette, R. L. Burrows and D. Bedford. 1990. Sphagnum peat in the growing medium and nitrogen application influence asparagus growth. HortScience 25:1609-1612.
 46. Woltz, S. S. and B. K. Harbaugh. 1986. Calcium deficiency as the basic cause of marginal bract necrosis of "Gutbier V-14 Glory" poinsettia. HortScience 21:1403-1404.
 47. Yelanich, M. V. and J. A. Biernbaum. 1993. Root-medium nutrient concentration and growth of poinsettia at three fertilizer concentrations and four leaching fractions. J. Amer. Soc. Hort. Sci. 118:771-77.