

# 動態浮根式葉菜水耕栽培系統 研發應用

高德錚

行政院農業委員會臺中區農業改良場副場長

techen.kao@gmail.com

## 摘要

動態浮根式水耕栽培系統 (Dynamic Root Floating Hydroponic System, DRF Hydroponic System) 是筆者服務之臺中區農業改良場於 1986 年底開發完成之一套適合熱帶地區氣候之動態浮根式水耕栽培系統。本「動態浮根式水耕栽培系統」，係由自行研發之空氣混入器、雙套環式排液器、氣根式栽培床、矮架組合式網溫室，落差連續式漸近濃度養液管理法、撥捍式播種器等本土化之資材而組合成一套適合亞熱帶氣候條件的水耕栽培系統。動態浮根式水耕栽培系統之適栽特性，係基於植物栽種於本水耕系統時其根系在每次營養液之灌排流程中，隨養液之昇降而上下左右波動，且隨植物根系之伸長時，藉由栽培床之水位自動昇降排液器，使營養液由 7~8 公分逐漸降至 4~5 公分。因之，上位根部可露於空氣層中而誘導產生氣根去增加根部活性，及利用養液離流經空氣混入器而增加 16% 溶氧量，如詞此而無懼夏季高溫所引起溶氧量缺乏之困擾及矮架組合式網溫室具抗強颱風效力。本項「動態浮根式水耕栽培系統」于 1990 年 4 月 21 日起獲頒中華民國經濟部中央標準局兩項十年新型專利；推廣至今除臺灣島內遍地開花外，在外島如澎湖、東引、東砂島及國外如泰國、新加坡、馬來西亞、香港、斐濟、南非、關島、塞班、帛琉及加勒比海聖克里斯多福等，都可看到動態浮根式葉菜水耕栽培系統的蹤跡。

**關鍵字：**動態浮根式水耕栽培系統、矮架組合式網溫室、水位自動昇降排液器、空氣混入器、氣根、氣根式栽培床

## 前言

溫帶地區每年 11 月以後至隔年之 4~5 月間由於冰雪之封埋，因之，幾乎不可能在露天進行作物栽培。故，利用保溫設施來進行冬季蔬果生產之技術已有數百年之歷史。1930 年代以後，由於設施內土壤連作問題日趨嚴重，各種替代土耕的無土栽培技術，例如：砂耕、礫耕、泥炭土耕、泥炭苔耕、鋸木屑耕、營養薄膜法及岩綿法等等之栽培之相繼被開發利用，去解決土耕設施栽培之種種困擾。

臺灣位處於亞熱帶，每年 5 月至 10 月間，氣溫高達 30~36°C，相對濕度亦在 80~95%，再加上颱風豪雨之侵襲，導致夏季蔬果之供銷不穩定，常有「菜金菜土」之慮，惟若冒然引用溫帶之設施栽培技術，則盛夏之際，設施內室溫高達 40~45°C，相對濕度卻低至 40~50% 及設施特有小之菜蛾、粉蝨、白粉病等病蟲害頻繁的困擾，再加上颱風及豪雨侵襲，諸多因子均係導致臺灣地區發展設施園藝技術之困難。日本米嘉德公司為相擴展其水耕業務至熱帶地區，因之，在新加坡先行設置 0.1ha 之水耕農場，經測試結果發現，預冷至 17°C 之養液一旦流經 25 公尺長之栽培床後，回流時水溫已昇至 25°C，若養液不加預冷處理，則回流之養液溫室高達 32~34°C。1989 年在日本濱松召開之國際高科技設施園藝研討會中，日本松下公司發表一套造價新臺幣 60 萬元面積僅 84m<sup>2</sup> 之熱帶型水耕模擬農場；該設施與一般溫帶水耕系統相異之處，乃在於利用電氣冷卻系統來降低養液溫度及利用空氣壓縮機強制地將空氣灌入養液中，藉以解決熱帶地區因氣溫高，連帶造成養液溫度隨之增高及溶氧量下降之困擾。誠然，松下公司熱帶型水耕系統之成功暗示著未來熱帶地區水耕栽培系統之動向：惟，該公司初步估算每 1000 m<sup>2</sup> 之設備費用卻高達新臺幣 450~500 萬元，而且尚不包括溫室設施；甚至每日耗電量亦高達 36~48 度。換言之，利用電氣設備來克服熱帶地區發展水耕瓶頸的手段是行不通的。

熱帶地區因經年氣候炎熱，高水溫及低氧量造成此區經營水耕不具經濟性之兩大限制因子。英國之古柏博士發現養液薄膜水耕栽培技術 (Nutrient Film Technique, NFT) 之優於岩綿栽培技術 (rockwool System) 之主因，係因養液薄膜系統允許植物型成裸根。日本山崎博士所開發之浮根系統 (floating System) 的優點亦在於可誘引水根植物形成濕中根，使水耕植物之根系直接利用濕空氣中之氧氣供為呼吸源。1985 年 3 月在日本筑波萬國博覽會上展示一株巨無霸水耕番茄，宣稱一年結果 12,000 個。這項新科技不僅震驚全世界，也喚醒國人對水耕的注意，同時消費大眾亦開始對蔬菜農藥殘毒產生疑懼，

從此開啓臺灣水耕栽培技術的研究。

國內水耕栽培之研究起步較晚，1969 年龍潭農校呂理福校長首先著手研究礮耕栽培，在該校屋頂構築一礮耕栽培示範中心。1976 年在該校清德農場整建 1,350m<sup>2</sup> 之水泥永久礮耕設施，用爲生產金針菜。在同一年代學校及試驗場所方面，計有臺灣大學園藝系李岫教授及農業試驗所李伯年教授亦從事水耕栽培之養液配方及植物營養吸收之研究。

在 1970 年代末葉臺中區農業改良場及中興大學土壤系先後利用 PVC 管進行以蛭石爲栽培介質進行各種蔬菜及花卉之立體無土栽培之研究，在臺中區農業改良場則進一步構築一盪鞦韆式之立體循環架進行多層式之立體無土栽培研究 1980 年代以後由於日本方面水耕栽培事業之發達，帶動了國內水耕栽培之研究風氣，先有省農業試驗所鳳山分所沈再發先生沿用日本山崎肯哉氏的浮根式水耕栽培設施進行洋香瓜、西瓜及葉菜類之研究，而高雄區農業改良場陳旭雲先生及臺鳳公司老牌老場亦相繼構築水耕設備，前者進行砂耕番茄及花卉之試驗研究，後者則進行小規模水耕洋香瓜及葉菜類之生產試驗。然而至民國 1975 年底臺灣省內並無大規模之商業性水耕農場。

## 開發緣起

筆者所服務之臺中區農業改良場乃從 1984 年 9 月起，配合當時知省政府主席邱創煥所提倡之”精緻農業發展政策”，開始了精緻蔬菜栽培技術之試驗研究。然而，在當時遍尋國內各試驗機關及學校圖書館，卻未能如願收集到國內學者有關本省之水耕論著；相反地，歐美及日本等國有關水耕栽培之專著雜誌有如過江之鯽，令人目瞪口呆。故，乃在謝場長順景博士之鼓勵及協助下，開始進行本土化水耕栽培技術之開發。1985 年 3 月在日本筑波萬國博覽會上展示一株巨無霸水耕番茄，宣稱一年結果 12,000 個。這項新科技不僅震驚全世界，也喚醒國人對水耕的注意，同時消費大眾亦開始對蔬菜農藥殘毒產生疑懼，從此開啓臺灣水耕栽培技術的研究。1985 年 7 月承謝場長之推薦，在日本交流協會之經費支助下，筆者有幸親赴日本實地研習各種商業化水耕系統之操作。回國之後，幾經試驗失敗後，終於領悟到構築帶型水耕系統之要因。試驗期間，蒙前任省農林廳蘇副廳長匡基多方之關懷及日本龍野得三博士和金指信夫博士之技術指導，使之在民國 75 年底開發完成一套適合本省氣候環境之熱帶型水耕系統，定名爲“動態浮

根式水耕栽培技術”。1985 年底，有感於當年 8 月 22 日發生之強烈颱風韋恩將本場之玻璃溫室吹損及將溪湖糖廠所屬之元埔農場的水耕溫室夷為平地的慘痛經驗。乃領悟適合臺灣氣候特性的水耕技術必需同時擁有 (1) 結構簡單便宜，且經營者可自行搭建，(2) 具抗颱風性，(3) 通風性強，(4) 防蟲性佳，(5) 透光性強，且可行溫室外遮蔭等 5 種特性。因之，乃在民國 75 年底進一步地研究抗風性之水耕溫室之設計及氣根型水耕栽培床。經一年多之努力，至民國 77 年 2 月間，筆者抗風型矮架式水耕專用溫室之設計成功，並經半年之測試運轉後，一套經濟型之蔬菜水耕栽培工廠化技術終於誕生了！更令人感到興奮地，此套技術之開發成功，不但農友獲利，並於民國 79 年 4 月 20 日獲經濟部中央標準局審核通過 2 項 10 年之新型專利權 (專利權號數 54275 及 54377 號)。



專利權號數 54275 號



專利權號數 54377 號

## 開發歷程

筆者所服務之臺中區農業改良場從 1984 年九月即著手研究開發一套適合本省氣候條件之水耕栽培技術，如表 1、圖 1 所示，1984 年底該場已完成小型水耕箱之設計；並從 1985 年元月至五月間完成各種基本條件之測試後，乃於同年 6~8 月間構築一長 15.0 公尺、寬 90 公分之大型水耕床，進行養液流速、酸鹼度、電導度及溶氧量等之測試，至同年年底率先完成第一型靜態非循環式水耕系統。為解決第一型中溶氧量太低之困

擾，因之乃以養液循環為改善之第一要旨，並於 1986 年 1~5 月間完成第二型之栽培系統，此系統之特點為栽培床改用保利龍製，而且養液採用幫浦強制循環。俟同年 8 月間本場開發完成空氣混入器而進一步完成第三型藉由資材之安裝於栽培床前為使養液中溶氧量達 30%。俟同年 11 月間本場開發完成養液升降排液器，及保利龍製成型栽培床後，本場之第四型動態浮根式水耕系統乃告成功。本型之優點為植物根部在每次養液灌排過程中會隨養液之上下左右波動，如此不但使根部浮動於液面上，亦誘引水面上方根系成氣根系而可直接利用空氣中之氧氣進行呼吸作用，此觀點即為熱帶地區可否進行水耕栽培之關鍵。

1987 年間以省能源及適合熱帶地區栽作為前提，乃進一步開發一套養液自動控制系統及著手設計模擬植物工廠，藉由電腦 24 小時之監控，進一步評估第四型動態浮根式水耕系統之周年栽培性；待同年 7 月本場乃進一步改善第四型栽培系統中養液灌排系統之流程，在改良過程中，首先將養液升降排液器中內環部份改成套環式，以確保栽培床內之水位高低；再者，將養液系統中養液槽數量單槽改成雙槽，其中一槽設置於栽培床前上方，另一槽設置於栽培床後下方，如此前槽內之養液可無動力不斷地將養液流入栽培床中，經測試結果此系統之容氧量比第四型多 50~100%，節省用電量每公頃每天至少 5 度，而單位面積反增加 20%。

1988 年間為決簡易網溫室設施抗風性太差，設施費用亦高昂之困擾，乃著手設計抗颱風型之水耕專用溫室（第六型），經 2~3 月間之初步設計及規劃，第一座矮架式水耕專用溫室乃告完工，其造價為慣行高隧道溫室之十分之一。同年 10 月間，在開發完成四種套管組件後，乃進一步開發成功一種組合式矮架水耕專用溫室。

再之，配合 1989 年 2 月間氣根式保利龍成型之水耕栽培床的開發完成，一套適合本省氣候條件之經濟實用化之水耕栽培技術正式宣告誕生，如表 1 及圖 1 所示。

表 1. 臺中區農業改良場水耕栽培發展經過

開發項目	日期	
	年代	(月)
完成小型水耕床之設計	1984	(9~12)
完成小型水耕床測試	1985	(1~5)
完漲大型水耕床測試	1985	(6~8)
開發葉菜一型栽培技術	1985	(9)
開發果菜一型栽培技術	1985	(11~12)
開發養液自動控制系統	1986	(1~3)
開發果菜二型栽培技術	1986	(5)
開發葉菜二型栽培技術	1986	(4~5)
開發葉菜三型立體栽培技術	1986	(6)
開發保利龍栽培床	1986	(6~7)
開發養液空氣混入器	1986	(8)
開發葉菜三型栽培技術	1986	(10)
開發家庭式水耕箱	1986	(10)
開發養液昇降排液器	1986	(11)
完成動態浮根式水耕系統(四型)	1986	(12)
完成省能源水耕系統(五型)	1987	(8)
完成家庭式氣根式栽培箱	1987	(10)
完成抗風型矮架水耕系統(六型)	1988	(2)
完成落差連續式養液控制系統	1988	(6)
完成組合式矮架水耕溫室設計	1988	(10)
完成氣根式保利龍栽培床設計(七型)	1989	(2)
完成商品化矮架水耕溫室及動態浮根式水耕系統(八型)	1990	(6)



原型 (12月,1984)



第一代 (9月,1985)



第二代 (5月,1986)



第三代 (10月,1986)



第四代 (12月,1986)



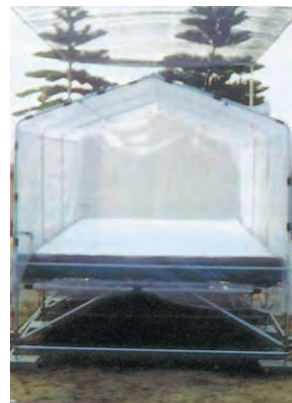
第五代 (8月,1987)



第六代 (2月,1988)



第七代 (2月,1989)



第八代 (6月,1990)

圖 1. 臺中區農業改良場各型水耕系統之特徵

## 動態浮根式水耕系統的特性

所謂動態浮根式水耕系統之規劃原理係基於植物栽種於本系統時其根系在每次營養液之灌排流程中，隨養液之昇降而上下左右波動，且一旦栽培床灌滿 8 公分之水位後，藉由栽培床內之水位昇降排液器，可使養液由 8 公分逐漸降至 4 公分；因之，上位根部可因露於空氣層中而增加根部性，而無懼夏季高溫所引起溶氧量低下之困擾；再將加上一套組合式抗颱風型之矮架組合式溫網室之開發，使得果國內之水耕栽培事業邁向週年生產性、工廠化之境界，從此不再畏懼外界天候之干擾。動態浮根式水耕系統之設施計分成：(1) 氣根式栽培床，(2) 定植板，(3) 排液溝板，(4) 空氣混入器及 (5) 養液交換槽 (排液器) 及矮架主組合室溫網室等六種，茲將此系統之各種設施之特性詳評如下：

### 1. 矮架組合式水耕溫室之結構特性：

針對熱帶海島型、亞熱帶地區之氣候及水耕栽培的特性，矮架水耕專用溫室。此種網溫之主要結構體為 1/2"ψ 及 3/4"ψ 之鍍鋅鐵管。配合筆者自行開發之 T 型，十字型，L 型接頭 (如圖 2) 及水平調整鈕和坊間現成之 1/2"ψ x 1/2"ψ 及 1/2"ψ x 3/4"ψ 之鋼管夾，塑膠布固定夾及固定壓條，而成功地組合成一座水耕專用溫室 (如圖 3)，網溫室上方以 0.2mm 之 PVC 或 PE 透明塑膠布罩之，以利於防雨栽培，四周則以 24 網目 (mesh) 之白色尼龍網圍之，以隔絕蟲害。本溫網室之特點乃採組合式，鐵管間之接合點係利用十字型，L 型及 T 型接頭及螺絲，在購得零件後即可自行搭建之。本網溫室側高 149 公分，中央作業點高 210 公分，栽培架高 60 公分，為一角錐屋頂之結構體。此網溫室之栽培架以每 1.2 公尺處由一支長度為 2.13 公尺，口徑為 3/4"之鍍鋅鐵管為邊柱，並以 L 型接頭及 T 型接頭來固定水平橫向接管 (3/4"ψ)，又 T 型接頭下另由 3/4"ψ 之中央承管將橫向接管固定之。至於置於橫向接管上方之 5 支縱向接管，其規格為口徑 1/2" 的鍍鋅鐵管。縱向接管與橫向接管間之接合係利用 1/2" x 3/4" 之彈簧夾固定之；至於屋頂部分，則以門字型之 1/2"ψ 鍍鋅鐵管直接插入 3/4"ψ 之邊柱中，而十字型接頭之作用係在網溫室測方 3/4"ψ 與 1/2"ψ 鍍鋅鐵管間之接合，又屋頂上方之透明塑膠布及四周尼龍網之固定，乃採用國內自行開發之固定壓條及塑膠布 (網) 固定夾。又，本矮架溫室為了避免市售一般塑膠布易產生結露現象，乃建議採用不結露之塑膠布，其厚度 0.15~0.20mm，長度依溫度而定，寬度則在 3.0~4.5 公尺間。在盛夏之際為了減少日照量，及減少設施內之熱堆積，因之可在網溫室上方加覆 35~45% 之黑色 PE 遮陰網。表 3 所示，係以 7.2



公尺長及 2.13 公尺寬為基準，來構築一矮架組合式溫室所需之各項資材及參考價格如表 3 及表 4。



圖 2. 矮架組合式水耕溫室專用之十字型，L 型及 T 型接頭

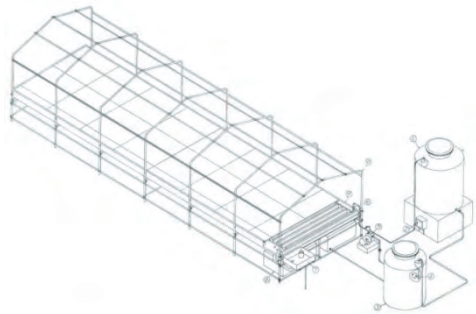


圖 3-1. 矮架組合式水耕溫室結構示意

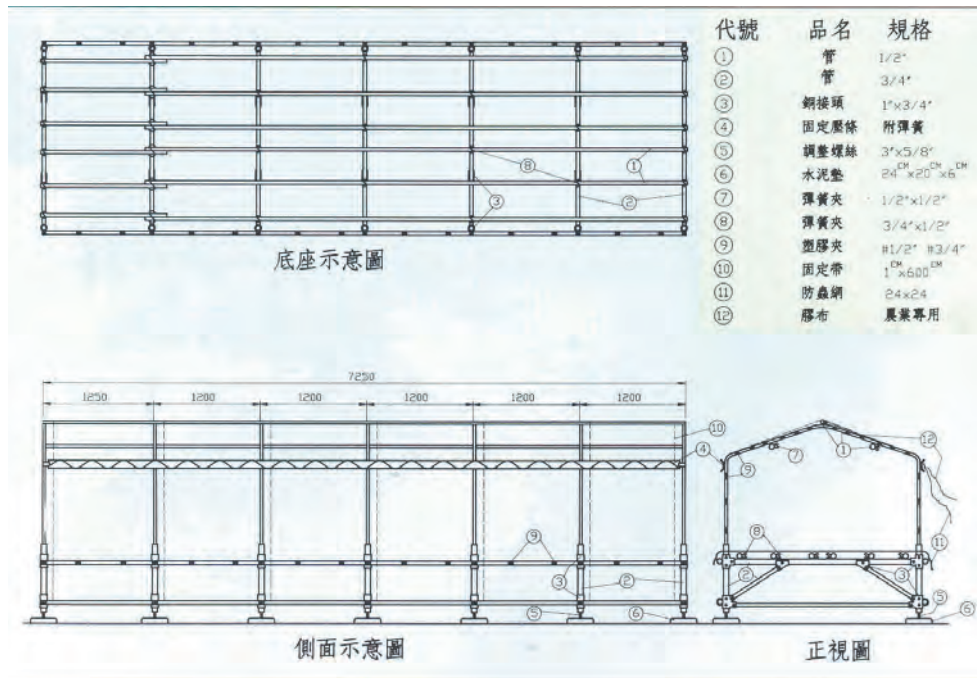


圖 3-2. 矮架組合式水耕溫室結構示意



圖 4-1. 動態浮根式水耕系統之組件 (上最右面為氣根式栽培床，上左為矮架組合式水耕溫室) 下  
右為育苗用發泡綿，下左為雙環式排液器及下中為空氣混入器

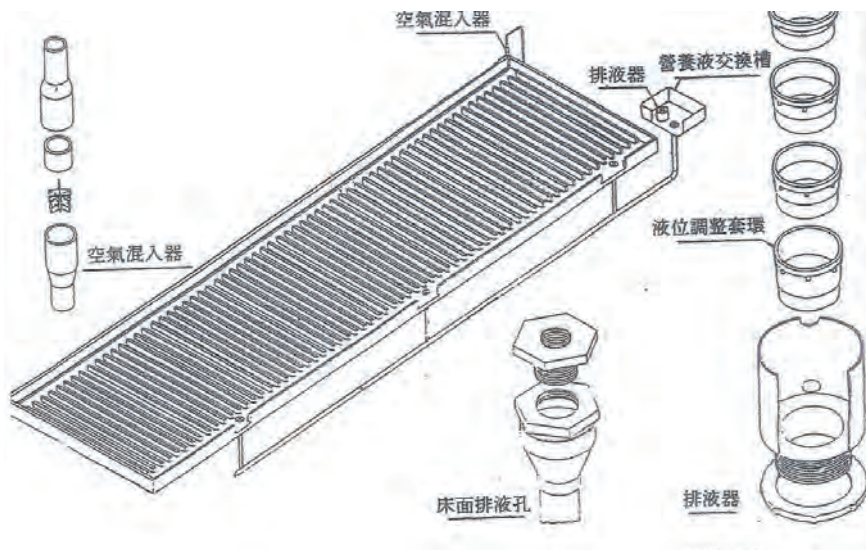


圖 4-2. 動態浮根式水耕系統之組成示意

表 3. 構築 7.2m x 2.13m 矮架組合式水耕專用溫室之標準組件及參考價格

件號	名稱	規格	材質	數量	單價 (元)	總價 (元)
1	邊柱	φ3/4" × 650 公分	鍍鋅鐵管	14 支	60	840
2	拱型管	φ1/2"	鍍鋅鐵管	7 支	200	1400
3	縱向接管	φ1/2, 7.2 公尺	鍍鋅鐵管	5 支	180	900
4	十字型接頭	φ1" × 3/4"	銅質鑄件	52 個	38	1976
5	縱向接管	φ1/2" , 2.13 公尺	鍍鋅鐵管	7 支	90	630
6	T 型接頭	φ3/4" × 1/2"	銅質鑄件	7 個	50	350
7	中央承柱	φ3/4"	鍍鋅鐵管	7 支	40	280
8	床面接管	φ3/4" × 2.13 公尺	鍍鋅鐵管	7 支	100	700
9	床面縱向管	φ1/2" × 7.2 公尺	鍍鋅鐵管	5 支	180	900
10	彈簧夾	φ3/4" × 1/2"	鋼線	35 支	6	210
11	頂架縱向管	φ1/2" , 7.2 公尺	鍍鋅鐵管	3 支	180	2400
12	彈簧夾	φ0.5" × 1.5"	鋼線	21 支	5	105
13	固定壓條及彈簧壓條	長 7.2 公尺	鍍鋅鐵件及鋼線	2 組	280	560
14	壓條固定器及插梢	φ1/2" 鍍鋅鐵管用	鍍鋅鐵件	12 組	18	216
15	水平調整螺絲	φ5/8" × 3"	鍍鋅	21 個	7	147
16	水平調整螺帽	φ5/8"	鍍鋅	21 個	1	21
17	水平調整墊圈	φ5/8"	鋼質材料	21 個	12	252
18	尼龍紗網	16 目, 7.6 × 2.4 公尺	PE 材質	1 件	200	200
19	尼龍紗網	24 目, 21 × 1.8 公尺	PE 材質	1 件	600	600
20	透明塑膠布	7.5 × 4.5 公尺	防結霧	1 件	650	650
21	L 型接頭	φ3/4" × 3/4"	銅質鑄材	14 個	65	910
22	塑膠布固定夾	φ1/2" 鍍鋅鐵管用	塑鋼	60 個	6	360
總計 NT\$ 14,607						

以 862.4 m<sup>2</sup> (19.78m x 43.6m) 之土地面積來設計，動態浮根式水耕系統之基本配備則可搭建 2.13 x 19.8 m<sup>2</sup> 之矮架溫室 12 間及內配置下列 10 項 (詳如圖 2 及圖 3-2)：(1) 養液自動控制用上槽，容量為 6~10 噸，每 862.4m<sup>2</sup> 僅須配置 1 個；(2) 養液噴灌用電源自動開控制器，每 862.4 m<sup>2</sup> 僅須配置 1 個；(3) 養液自動控制用下槽，容量為 6~10 噸，每 862.4 m<sup>2</sup> 須配置 1 個；(4) 浮球式水位控制器，每 862.4 m<sup>2</sup> 僅須配置 1 個；(5) 抽水幫

浦，1.5HP，1吋，每 862.4 m<sup>2</sup> 須配置 2 個，(6) 空氣混入器，每 862.4 m<sup>2</sup> 須配置 12 個；(7) 營養液交換槽，每一座矮架溫室須配置 1 個；(8) 養液儲藏槽，容量 6~10 噸，每 862.4 m<sup>2</sup> 須配置 1 個，(9) 氣根式栽培床，每具寬 201 公分，長 90.1 公分；每 862.4 m<sup>2</sup> 須室須配置 264 個；(10) 矮架組合式溫室，每座寬 2.13 公尺，高 2.10 公尺，基本長度 19.8 公尺，每 862.4m<sup>2</sup> 僅須配置 12 座。進一步地，若以 862.4 m<sup>2</sup> (19.78m x 43.6m) 之土地面積來設計，則可搭建 2.13 x 19.8 m<sup>2</sup> 之矮架溫室 12 間。茲將每 862.4 m<sup>2</sup> 水耕溫室之配備圖詳如圖 3。

表 4 動態浮根式水耕系統 (19.78m x 43.6m) 之標準組件及參考價格

項目	規格	數量	單價	總價
栽培床	保利龍成型，氣根式凹凸床，長 90.1 公分 x 寬 201 公分 x 寬 5~6 公分，具坡度 1:89	264 床	350	84,000
防漏塑膠布	PE 黑色材質，厚度 0.15~0.20 mm，長 42 公尺 x 寬 3 公分	12 件	1,800	21,600
定植板	保利龍成型，單面具凹凸性，內附等距播種穴 80 個，長 90 公分 x 寬 88 公分 x 厚 4 公分	528 片	50	26,400
排液溝板	保利龍製，長 90 公分 x 寬 16 公分 x 厚 4 公分	264 片	10	2,640
空氣混入器	PVC 製內附排液器 1 組	48 支	200	960
營養液交換槽	PVC 管，3/8 吋長 19.8 公尺，內附 176 個等距噴射口	12 個	850	10,200
噴射管	PVC 製，方型桶長 1 公尺 x 寬 80 公分 x 高 45 公分，容量 290 公升	12 支	400	4,800
養液儲藏槽	水泥製，長 10 公尺，1 公尺，高 1.0 公尺內包覆紅泥塑膠布	1 個	39,600	39,600
養液控制用上槽	PE 製，黑色圓桶，容量 6 噸	1 個	23,500	23,500
養液控制用下槽	PE 製，黑色圓桶，容量 6 噸	1 個	23,500	23,500
抽水幫浦	1.5 HP，220V，三相高迴轉速，3,400rpm	2 個	4,500	9,000
浮球水位控制器	塑膠製	1 個	300	300
養液噴灌用電源自動控制器	內附 24 小時及 0~12 分鐘定時開關各一個，無鎔絲延遲開關及電源開關各 1	1 個	4,500	4,500
養液灌排配管	1 吋 PVC 管及接頭	12 組	1,500	18,000
矮架組合式耕室	鍍鋅鐵管材質長 19.8 公尺 x 寬 2.13 公尺 x 高 2.10 公尺	12 座	40,000	480,000
總計				NT\$749,000

2. 栽培設施示意圖 ( 如圖 4-1, 圖 4-2), 其規格如下 :

(1) 氣根式栽培床 ( 如圖 4-1 上左 ) :

氣根式水耕栽培床係以保利龍為資材之發泡成型的浪板式槽，標準栽培床規格為內緣深 7 公分，長 180 公分，寬 90 公分。栽培床內有 8 條保利龍凹凸起之溝槽，而且溝內高度 5 公分；每一栽培床用 2 片長 90 公分，寬 88 公分，厚 3 公分之承板蓋住，每一承板有等距離排列 80 個直徑 2.2~2.6 公分之圓形栽培孔，而圓形栽培孔之面對液面向內凹 0.5 公分 ( 圖 6)。

(2) 防漏塑膠布 :

構築栽培床時係依地形之長短，而以基本栽培床連接之，為避免漏水及著生藻類，栽培床內緣罩以 0.15~0.2mm 之 PE 黑色塑膠布。

(3) 空氣混入器 :

空氣混入器結構如圖 4-1 下中所示，在每條栽培床前均裝置 2 個空氣混入器，當養液流入栽培床時，必需先經過此空氣混入器。由於空氣混入器之下方凸出處，裡面裝有 2 組十字型重疊塑膠閘門，一旦養液流經此處時會產生 8 條水流而沖出，再者凸出處上方開有 2 個 0.1mm 直徑之圓洞，在養液流經時可將外界空氣隨之吸入而混入養液中。

(4) 雙環式排液器 :

如圖 4-1 下左所示，排液器構造，為 ABS 塑膠射出成型的圓筒裝置，其中由外環及內環所組成。圓筒之外環直徑為 10.5 公分，固定高度為 8 公分，在圓筒下方左右有一對稱且直徑為 2 公分之排水口。內環亦為 ABS 材質之塑膠套環，其直徑為 7.5 公分。又內環係由四個厚度不一的套環所組成其厚度細分成 3 公分 (1 個)，2 公分 (2 個) 及 1 公分 (1 個) 等三組。進行水位調整時，依實際需要將各套環組成而精確控制水位成 0-8 公分。

一般操作時內環之高度為 4 公分，栽培床內之養液可經由外環之圓洞，進入內環塑膠管而流回養液槽。若栽培床內水位高於 8 公分時，養液會因淹過外圍塑膠管上方，直接進入內環管而流回養液槽。因此裝置養液升降排液器之優點為每次灌液至下一次灌液時，栽培床內水位維持在 8~4 公分間。

排液器不再安裝於栽培床上，而改置於養液交換槽中(圖 4-2)。而交換槽係安裝於栽培床外，其高度水平於栽培床。換言之，栽培床中之養液由 U 型管之導引進入交換槽中。

(5) 養液槽：

以 1,000m<sup>2</sup> 栽培面積為例，需於栽培床進液處之上方配置一個容量為 10 噸黑色 PE 硬質塑膠桶，而在栽培床後下方排液處之地下有容量 20 公噸之同質塑膠桶。在地下塑膠桶中裝設有抽水幫浦，其作用為允許栽培床流回地下養液槽。

(6) 抽水幫浦：

以 1,000m<sup>2</sup> 之栽培面積為例，在栽培床 後方與地下塑膠桶連接之抽水幫浦的規格為 1.0 馬力之高速馬達，轉速為 3,400rpm。

(7) 定時器：

作為控制栽培床前方抽水幫浦之定時操作用，其規格為 24 小時循環式，每一動作時間為 15 分鐘或更短。盛夏時從上午 10 時至下午 16 時間，每二小時動作一次，每次 15~30 分，至夜間 12 時再動作 30 分鐘，若春、秋、冬季時，則中午 12 時及下午 12 時各動作一次，每次 30 分鐘。

(8) 迴流曝氣裝置：

於栽培前方之大養液槽上，當後方抽水幫浦打入養液時，其入口處加裝一個蓬噴頭，使養液成噴水狀進入大養液槽，且在前方大養液槽之抽水幫浦處加裝一條管路，一旦馬達啟動時允許部分養液再迴流至大養液槽中，因之，在其入水口處亦加裝一個蓬噴頭，藉以增加養液中之溶氧量。

(9) 供液系統：

如圖 3-1 採用養液循環，回收再使用之方式，養液由栽培床前之高架養液槽 24 小時不斷地流入栽培床中，另外盛夏之際，每日 10~16 時間，由定時器啟動抽水幫浦將養液灌入栽培床，以加速栽培床中養液之流動。待養液至栽培床尾之地下養液槽時，一旦達滿水位後，槽中之水位控制器會啟動另一抽水幫浦，將養液再打入高架養液槽中。

(10) 栽植方式：

不論葉菜類或果菜類均採用移植法。進行動態浮根式水耕栽培技術，首先需

將種子播種於中間有十字型切割之海綿塊中(如圖4下右)，每塊之基本規格為2.5x2.5x3.0公分，但市售成品已將96小塊海綿相互接連。一般葉菜類不需先行催芽、浸種之處理，可直接播種。播種是將種子播於小海綿1/2深處，小種字僅需1/3深處，每塊海綿播2~3粒種子。冬季蔬菜如菠菜、芹菜、鴨兒芹等種子，播種時要置於10°C之低溫下冷催，以促進發芽，當苗生長至本葉2~3片時，可移植至栽培床中栽培，移植時只要將小海綿輕輕剝開就可剝離，再一塊塊地植入栽培穴中。

## 動態浮根式水耕系統的功效評估

要評估動態浮根式葉菜水耕栽培系統之特性可由：(1)栽培床資材，(2)給液方式，(3)養液槽，(4)養液迴流，(5)養液流速，(6)養液添加方式，(7)排液方式，(8)栽培床滿水位，(9)空氣層，(10)浮根方式等方面著手之。

### (1) 較易維持養液溫度：

與一般之平板式栽培床相比，由於動態浮根式葉菜水耕栽培系統之栽培床內有8條保利龍凹凸起之溝槽，而且溝內水位至少為4~5公分；又養液之灌排流程2.0公尺，因之，即使氣溫在35°C時，水溫仍能維持在28.0~29.1°C間，而平板式栽培床之對照則昇至30.2~34.5°C(表5)。

表5 水耕系統別對35°C氣溫下養液溫度及溶氧量變化之差異

水耕 栽培床 類別	液溫 (°C)	溶 氧 量 (ppm)		
		靜水	灌 液	
			落差	強制
平板型	30.2~34.5	3.46	5.20	6.13
凹凸型	28.0~29.1	4.59	6.31	6.63

### (2) 溶氧量較高：

動態浮根式葉菜水耕栽培系統之空氣混入器可耐每分30公升抽水馬達之水壓，且當流速達7.5~8.0公升/分時，(圖5)即達當時溫度之飽和溶氧量。換言之，以1HP之抽水馬達，在不考慮揚水高度之消耗下，當可同時供給20支左右之空氣

混入器。凹凸型栽培床的特性之為養液之灌排流程較短，此外進液時採用噴射灌液方式。因之，不論養液採幅自然落差灌液方式或採用抽水幫浦強制灌液，溶氧量均比平板型之對照多 6.5%~7.5%(表 5)。

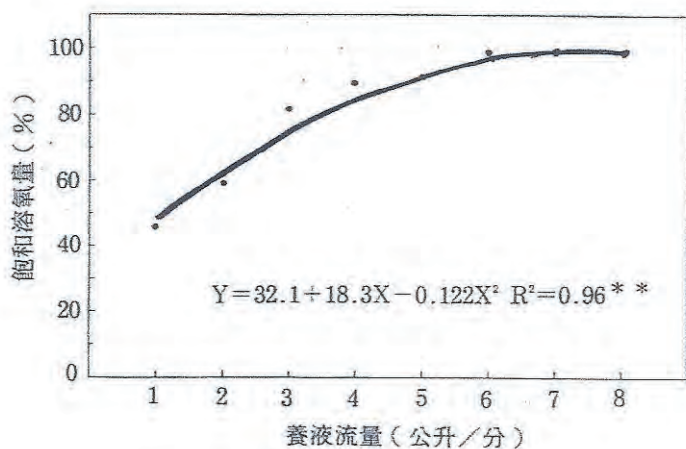


圖 5. 養液強制同通過動態浮根式水耕栽培系統之空氣混入器之流量與溶氧量變化之迴歸

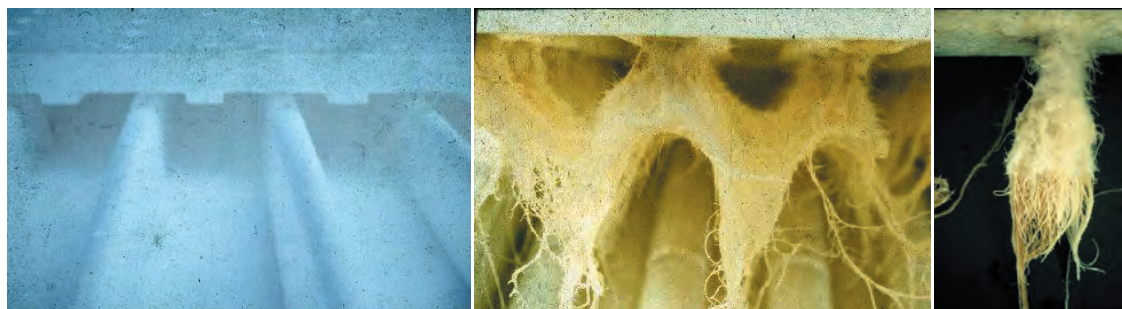


圖 5. 養液強制同通過動態浮根式水耕栽培系統之空氣混入器之流量與溶氧量變化之迴歸

### (3) 根系較發達：

移植於改良型之栽培承板的蔬菜根系，由於其上方根系 1.0 公分左右之根系自然地曝露於濕空氣中，而且下方根系一旦與栽培床之凸槽接觸後，即沿著凸起處向下方伸長而形成倒 V 字型之氣根系 (圖 6)，與舊型栽培床相比，25°C 液溫時可促進青梗白菜之根部活性達 21% 及結球萵苣之根部活性達 37%，至 35°C 液溫時，其對青梗白菜根部活性之促進效果達 39.1%，而萵苣之根部活性更達 53.9%(表 6)。

又，增加水耕植物之氣根系與增加水中之溶氧量，何者較具增產性呢？由表 6 可知，在 25°C 液溫下，水耕之青梗白菜的地上部鮮重會隨養液中之溶氧量之上昇



而增重，但至 35°C 時，養液中溶氧量之增加，雖亦有增產作用，但效果卻不顯著。如圖 7，青梗白菜之根系係全部浸於養液中，因之，根系呼吸所需之氧氣全然靠溶氧量多寡而定。但至 35°C 時，根系因高水溫而褐化，已無法正常生長，故增加溶氧量並無法改善其生長；倘若上方根系能曝露在濕空氣中，則尚可正常生長，換言之，氣根系之誘發技術當比用電力強制幫浦打氣來得有效。

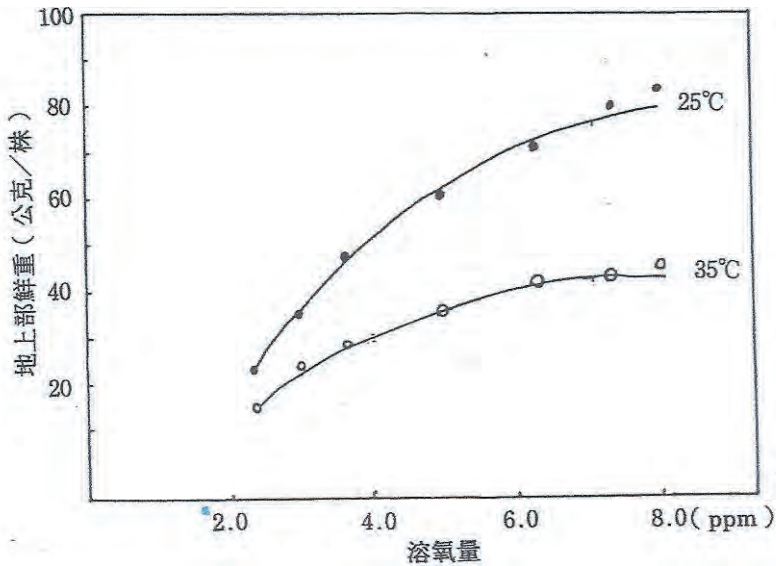


圖 7. 液溫與溶氧量之交感效應對 21 大水耕青梗白菜生長之影響

表 6. 液溫及定植板別對青梗白菜及結球萵苣生育之影響

液溫	蔬菜別	地上部鮮重 (公克 / 株)		根部活性 (毫克 CO <sub>2</sub> / 株, 分)	
		凹凸型	平板型	凹凸型	平板型
25°C	青梗白菜	73.5	69.2	79.6	57.2
	萵苣	376.3	372.2	159.4	116.3
35°C	青梗白菜	59.1	50.5	59.4	43.7
	萵苣	242.2	227.4	119.6	77.7

(4) 具豐產性：

在 25°C 時與平板型栽培床相比，在凹凸型栽培床中，青梗白菜可增產 6.2%，萵苣則增產 1.1%。至 35°C 時，青梗白菜之增產率達 17.0% 而萵苣則增加 6.5% (如表 6)。

(5) 需養液量較省：

在凹凸型之栽培床，由於具凹凸浪板特性，每單位栽培床最高養液裝載量僅 105 公升，比平板型之 129.6 公升可節省 24.6 公升；且以栽種一次青梗白菜為例，在氣溫 35°C 下，每 1000 m<sup>2</sup> 可節省 7.7 公噸之養液，而萵苣可節省 11.1 公噸之養液。

(6) 耗電量較省：

由於改良型之栽培技術，改採用噴灌進液，因之每小時僅打 3~5 分，每日動作 16 次，因之每 1000 m<sup>2</sup> 每日耗電量僅 10-12KWH，為舊型對照之半。

## 動態浮根式水耕系統的栽培成效

表 7 之可知，在 5 月至 10 月之栽培季節下，鳳山白菜、尖葉萵苣及白莧菜等 3 種參試蔬菜，均以生長於凹凸型栽培床較能獲致高產，以每個栽植之產量而言，栽種於凹凸型栽培床之產量比平底型床者多 13~26%，而且平底型床者之缺株率在 5.3~9.6% 間，導致每平方公尺之產量乃以栽種於凹凸型者較高，與平底床者相比依蔬菜別，其產量多達 13~33%。但至冬季時，由於栽種於平底床者之缺株率降至 3.1~4.9%，且每栽植穴之產量亦與氣根式栽培床間差異不顯著，故，兩者間每平方公尺之單位產量大致相仿。

造成植株生長於底床式栽培床發生缺株的原因二，其一為平底床之定植板中央隨著植株生長而下陷，而定植板外緣則凸出變型，導致下次移植時，該處幼苗根系因沾不到養液而枯萎。再者，平底型栽培床之定植板與養液密合，若定植板之硬度不夠，即保利龍板之密度太低，則因毛細現象使定植板表面沾上養液。由於養液中含氮、磷、鉀等必需元素，因之，藻類極易生長於上，一旦佈滿青苔後，又因真菌蟲蚋 (Fungus gnats) 感染，輕微者水耕植株根部被蠶食而生長緩慢，嚴重者，因發生根腐。

表 7. 季節別對不同蔬菜生長於平底型與凹凸型水耕栽培系統之差異

蔬菜別	調查項目	5 月~10 月		5 月~10 月	
		平底型	凹凸型	平底型	凹凸型
鳳山白菜	產量 (公克 / 穴)	61.6 <sup>b</sup>	69.4 <sup>a</sup>	—	—
	(公斤 / 平方公尺)	5.4 <sup>b</sup>	6.1 <sup>a</sup>	—	—
	缺株率 (%)	5.3 <sup>b</sup>	1.1 <sup>b</sup>	—	—
繡葉白菜	產量 (公克 / 穴)	—	—	70.6 <sup>a</sup>	69.6 <sup>a</sup>
	(公斤 / 平方公尺)	—	—	6.3 <sup>a</sup>	6.1 <sup>a</sup>
	缺株率 (%)	—	—	3.1 <sup>a</sup>	0.6 <sup>b</sup>
尖葉白菜	產量 (公克 / 穴)	35.9 <sup>b</sup>	46.3 <sup>a</sup>	74.3 <sup>a</sup>	76.8 <sup>a</sup>
	(公斤 / 平方公尺)	3.0 <sup>b</sup>	4.0 <sup>a</sup>	6.6 <sup>a</sup>	6.1 <sup>a</sup>
	缺株率 (%)	9.6 <sup>a</sup>	2.6 <sup>b</sup>	4.6 <sup>a</sup>	0.6 <sup>b</sup>
白莧菜	產量 (公克 / 穴)	44.3 <sup>b</sup>	52.1 <sup>a</sup>	64.9 <sup>a</sup>	67.2 <sup>a</sup>
	(公斤 / 平方公尺)	3.8 <sup>b</sup>	4.8 <sup>a</sup>	6.1 <sup>a</sup>	6.3 <sup>a</sup>
	缺株率 (%)	7.9 <sup>a</sup>	3.1 <sup>b</sup>	4.9 <sup>a</sup>	1.4 <sup>b</sup>

註：表中通同一欄之因英文字母相同者代表同統計上差異不顯著 (Ducans MRT 5%)

由表 8、表 9 之資料顯示，動態浮根式水耕系統的栽培成效，在 5 月~10 月時各種葉菜類之每栽植穴之平均產量為  $61.5 \pm 23.8$  公克，每平方公尺之產量為  $5.4 \pm 2.2$  公斤，而生育日數為  $22.7 \pm 5.8$  日，在 11 月~4 月時，其產量特性為  $72.8 \pm 35.1$  公克/穴， $6.7 \pm 3.0$  公斤/平方公尺及  $26.8 \pm 5.3$  日之生育日數。若換算成每公頃之週年產量，按水耕栽培實際面積業土地面積之 60%，則藉由動態浮根式系統來栽培各種葉菜類，則 5~10 月時可收穫 8 次，及每公頃總產量為  $5.4 \text{ 公斤/平方公尺} \times 10000 \text{ 平方公尺} \times 0.6 \times 8 = 259.2$  公噸，在 11 月~4 月時可收穫 7 次，及每公頃總產量為  $6.7 \text{ 公斤/平方公尺} \times 10000 \text{ 平方公尺} \times 0.6 \times 7 = 281.4$  公噸。換言之，全年之公頃產量為 540.6 公噸，為同面積一般露天土耕之 3~5 倍。

表 8. 季節別對不同葉菜種類生長於動態浮根式水耕系統之表現

蔬菜別	5 月~10 月			11 月~4 月		
	產量		生育 日數	產量		生育 日數
	(公克/株)	(公斤/平方公尺)		(公克/株)	(公斤/平方公尺)	
蕪菜	31.5	2.9	15	43.3	3.8	30
蕪菜(宿根)	60.6	5.4	14	37.8	3.9	30
韭菜(宿根)	65.6	5.8	24	39.2	3.5	30
白莧	52.1	4.6	18	71.4	6.3	30
紅莧	45.7	4.1	18	88.6	7.8	30
尖葉萵苣	35.9	3.2	18	76.8	6.8	27
縐葉萵苣	—	—	—	179.0	15.9	30
半結球萵苣	245.3	3.3	30	554.2	7.4	45
結球萵苣	—	—	—	672.0	8.9	45
鳳山白菜	51.0	4.5	18	—	—	—
青梗白菜	32.3	2.9	21	51.4	4.6	24
縐葉白菜	57.6	5.1	20	67.9	6.0	24
白芥菜	61.2	5.4	30	71.4	6.3	24
黑芥藍	69.6	6.1	30	79.2	7.0	24
小松菜	58.0	5.1	24	63.9	5.7	20
雪菜	114.2	10.1	30	131.5	11.7	24
油菜	84.8	7.5	30	93.5	8.3	24
結球甘藍	314.2	—	45	1300.0	17.3	50
球莖甘藍	330.0	—	60	550.0	7.3	45
菠菜	—	—	—	65.0	5.8	40
茼蒿	—	—	—	56.0	5.0	17
山芹菜	—	—	—	51.9	4.6	45
千寶菜	102.4	9.9	23	43.0	3.8	26

註：每穴栽植株數結球萵苣及夏季青梗白菜為 1 株，餘為 2~3 株，每 100 m<sup>2</sup> 可置 35 個栽培床，每一栽培床之實際栽培面積為 3.62 m<sup>2</sup>

表 9. 態浮根式水耕系統栽培水耕蔬菜生產特性 (100m<sup>2</sup>，一作)

季節	蔬菜種別	葉數	生長日數	單穴鮮克重 (公克)	去根鮮重 (公克)	栽培床產量 (公斤)	100m <sup>2</sup> 之產量 (公斤)
冬季	土白菜	8.0	20	63.9	61.3	7.7	268.4
	青梗白菜	8.5	22	84.4	78.7	10.1	354.5
	尼龍白菜	8.5	21	83.0	81.1	9.9	348.6
	莧菜	15.0	28	60.6	54.5	7.3	254.5
	繡葉萵苣	8.8	22	86.6	81.1	10.4	363.7
	結球萵苣	26.3	40	369.8	345.5	6.9	241.8
夏季	土白菜	7.9	14	70.0	68.0	8.4	294.0
	青梗白菜	7.4	23	46.4	44.3	5.6	195.0
	尼龍白菜	6.8	22	65.5	62.8	7.9	275.1
	莧菜	12.2	20	54.5	45.2	6.5	228.9
	結球萵苣	8.9	18	76.0	71.0	8.6	300.7

註：每穴栽植株數結球萵苣及夏季青梗白菜為 1 株，餘為 2~3 株，每 100 m<sup>2</sup> 可置 35 個栽培床，每一栽培床之實際栽培面積為 3.62 m<sup>2</sup>

## 動態浮根式水耕系統的推廣成效

自從農業改良場設計之第三型水耕技術構築 0.128 公頃之水耕溫室生產一般葉菜類。同年年底該場訓練之青年農民林家憲先生在其臺中縣頭汴坑家之三樓頂構築一個 30 坪之屋頂水耕菜園，生產一般葉菜類。1986-1987 年間引用臺中場第四型水耕技術之農場由北至南計有臺北市外雙溪之青青農場、桃園中壢之鄉土農園、歐亞公司、苗栗西湖鄉之高埔水耕農場、彰化縣永靖鄉曾瑞桐農友及臺中縣龍井鄉江姓農友；再者，臺南縣歸仁鄉楊清光農友在臺南縣政府及歸仁鄉農會之輔導下於 1988 年 10 月間完成 0.6 公頃之嘉美水耕農場，即採用臺中場開發之第五型省能源之系統。而且，為了抗颱風之侵襲，1987 年 6 月間已有高雄縣岡山鎮、彰化縣二林鎮、田中鎮、埔心鄉及花壇鄉和嘉義市農會之四健會會員相繼試作臺中場開發之第六型抗風式矮架水耕設施合計二〇座。至 1989 年 6 月，臺灣省境內大約有 6 公頃之水耕栽培農場，其中採用臺中場開發之動態浮根式水耕系統之農場在 3 公頃以上；同年此項技術獲中央標準局編號新型第 54285 及 54377 號之兩項 10 年專利；並於 1989 年 6 月 20 日奉行政院農業委員會提示正式推

薦於農友。1990年2月筆者進一步將矮架水耕溫室結合動態浮根式水耕系統而完成一套適合本省氣候條件之經濟型實用化之水耕栽培技術正式宣告誕生。目前台灣本島及東沙、小金門、馬祖等外島駐軍均採用此系統。此外，香港、泰國、馬來西亞、新加坡、汶萊等東南亞地區和斐濟、南非、關島、塞班、帛琉及加勒比海聖克里斯多福亦廣泛採用，推廣栽培面積有二百餘公頃。

## 結論

爲了落實水耕栽培技術，台中區農業改良場自從民國75年底完成動態浮根式水耕系統後，針對本省特殊的氣候，乃經2年來努力進一步開發一種以保利龍爲資材凹凸浪板式栽培床。此種凹凸浪板式栽培床之優點爲養液之灌排流程僅0.2公尺，可不懼高氣溫之困擾，栽培床亦可無限制加長。最重要地，水耕植物係移栽於凹凸浪板之凸起處，在根系之生長過程中，其下方新生根沿兩邊凹槽向下伸長，狀似倒V字型；因之隨著凹槽水位之調整，其上方根系將佈滿雪白之氣根，從此不再懼盛夏高水溫導致溶氧量低下及水耕植物生育不良之困擾。動態浮根式水耕系統之栽培優點有八項：(1) 較易維持養液溫度；(2) 溶氧量高；(3) 根系較發達；(4) 缺株率較低；(5) 不懼高水溫；(6) 具豐產性；(7) 養液消耗量較少；(8) 耗電量較省。

動態浮根式水耕系統之生產之豐產特性係源自缺株率較低，且單穴產量較高；但至冬季時，兩種形狀栽培床表現之生產特性在缺株率雖仍以平底床者較高，但單穴及每平方公尺之鮮株產量差異不顯著。以動態浮根式水耕系統進行各種葉菜類蔬菜之栽培，在每年5月~10月間可獲致 $61.5 \pm 23.8$ 公克之單穴產量，及 $5.4 \pm 2.2$ 公斤/平方公尺產量和 $23.7 \pm 5.8$ 之平均生育日數；而11月至隔年4月間之平均產量和單穴產量爲 $72.8 \pm 35.1$ 公克及 $6.7 \pm 3.0$ 公斤/平方公尺，顯示冬季之生產力大於夏季。本結構經測試結果顯示在熱帶地區之生產潛力及具周年生產特性。

## 參考文獻

1. 高德錚 2004 水耕栽培技術十講 僑委會中華函授學校出版(再版)。
2. 高德錚 1995 第五屆養液栽培技術講習會專刊 台中區農業改良場出刊
3. 高德錚 1991 動態浮根式水耕系統之開發與利用 台中區農業改良場特刊第27號

台中區農業改良場出刊。

4. 高德錚 1991 本土化蔬菜水耕栽培技術 台中區農業改良場特刊第 26 號 台中區農業改良場出刊。
5. 高德錚 1988 精緻農業～水耕栽培技術 行政院青年輔導委員會出版。
6. 高德錚 1988 水耕栽培實務手冊 行政院青年輔導委員會出版。
7. 小川雄一 2008 養液栽培の新マニュアル 366pp 社團法人 日本施設園藝協會編。
8. 山崎肯哉 1986 水耕栽培の魅力とり THE 水耕栽培 pp。40-46 富民協會毎日新聞社出版。
9. 山崎肯哉 198 4 水耕栽培全篇 261pp 株式會社博友社出版。
10. Kao, Te-Chen and Arnat Tancho 2004 Soilless Culture in Tropics Published by National Majeo University, Thailand (in Thai language).
11. Cooper, A. 1988 The Arial System of NFT System pp.157-170. In Special Lectures Volumes of “Horticulture in High Technology Era” . Held in May 2-3 1988, Inami, Tokyo.
12. Resh ,H. M. 1987. Hydroponic Food Production, A Definitive Guidebook for the Advanced Home Gardener and the Commercial Hydroponic Grower. pp.120-152. Woodbridge Press Publishing Company.
13. Kao, Te-Chen 1991 The Dynamic Root Floating Hydroponic Technique: year- round production of vegetable in ROC on Taiwan. FFTC Extension Bulletin No. 330.
14. Kao, Te-Chen 2004 Practical organic substrate culture technology in the tropics. from Workshop of “Soilless Culture in Tropics” , Held at Maejo University Chingmai Thailand Sep 27-29, 2004.
15. Kao, Te-Chen 2004 Vegetable Home Gardening ABC from Workshop of “Vegetable City Gardening Management” , Held at Ulaannbaatar University Mongolia, Sep 11-14, 2004.
16. Kao, Te-Chen 2003 Practical hydroponics technology in the tropics from Workshop of “Soilles culture in Tropics” , Held at Maejo University Chingmai Thailand Aug. 25-27, 2003.

# **A Novel Design of Dynamic Root Floating Hydroponic System Specially for Leafy Vegetable Cultivation in Humid Hot Season**

Te-Chen Kao

Deputy director, Taichung District Agricultural Research and Extension station, COA  
techen.kao@gmail.com

## **Abstract**

High temperature is known to be the limiting factor of growing vegetables during the summer season in Taiwan. In order to solve this problem, we initiated a research work on nutrient culture technique so that to produce the pesticide free and high quality vegetables under the subtropical condition of Taiwan in 1984.

After a series of experiment of various nutrient culture systems designed by Taichung District Agricultural Improvement Station, we found that the high temperature coupled with the shortage of dissolved oxygen (DO) in the nutrient are the main reasons why the yield of vegetables is so low in the conventional type of soilless culture under the subtropical condition.

The designs for various nutrient flow system had been made to overcome these difficulties. Finally, we develop a new system called dynamic root floating (DRF) hydroponic system which is proven to be ideal to grow various kinds of vegetables not only during the hot summer season but even better in the rest of seasons of a year.

The DRF hydroponic system was designed to compose with aero-root type culture unit, aspirator, water level adjuster, the typhoon-proof low-height plastic house and nutrient concentration gradient controller. The controller was designed to keep air space 0~4 cm in depth between water level and panel of culture bed. The sufficient oxygen supply is attained through up and down movement (4~8 cm) of water flow with the help of specially designed air aspirator and water level adjuster. Because of ample oxygen supply and keeping root alternatively in wet and semi-dry conditions, the roots grow vigorously all the time, resulted in a high productivity of vegetables even under the high temperature condition.

Our DRF system can be installed either in a small scale for home garden or extended to be a big commercial production scale. DRF is operated by the automatic system therefore much labor can be saved. This system can withstand against heavy rainfall and free from insect and disease damages if it is properly managed.

**Key word:** Dynamic Root Flooding Hydroponic System, Semi-dwarf greenhouse, Nutrient level adjuster, Aspirator、Aero-root, V shape culture tray