



首頁 / 推廣活動與資訊 / 網路教學教材 / 蔬菜 / 栽培技術 / 水耕栽培-精緻蔬菜生產技術之開發

水耕栽培-精緻蔬菜生產技術之開發

## 水耕栽培-精緻蔬菜生產技術之開發

台中區農推專訊56期 中華民國七十五年五月發行

文/高德錚

為穩定台灣夏季蔬菜之產銷及提昇蔬菜之品質，使國人能享受既便宜又無農藥殘毒之清潔蔬菜，台中區農業改良場在農委會及農林廳經費補助下正積極研究無土水耕栽培技術，希望發展出一套既可提供家庭主婦在公寓陽台上或屋頂上生產蔬菜，又可藉『植物工廠』年中無休地生產蔬菜。

如何『選擇無農藥殘毒之精緻蔬菜』的疑問一直困擾著家庭主婦，消費者常以菜葉上具有蟲孔者視為上品。事實上台灣位處亞熱帶，四季溫暖，媒介昆蟲及病菌生育世代繁盛下，若不能有效地抑制其族群之擴張，則無法達到經濟性之生產，因此過去二、三十年來大抵藉用噴灑農藥來防治病蟲害，作為增產之途徑。歐美國家由於緯度較高，季節性溫差較大，農藥使用頻率遠低於台灣業者，其生產之蔬菜幾可生食，甚至臨近之日本國民每日生食**萵苣**、芹菜、紫蘇、高麗菜的生活習慣，常令人羨慕不已。我國之農業生產技術並不亞於日本，為何日本能，我們不能？

水耕栽培植物之構想是有歷史淵源的，早在紀元前數百年前古埃及之楔形文字遺跡中即可發現有植物生長於水中的圖形，而世界七大不可思議的傳說中『巴亦』亦常讓人百思不解。其實土壤為天然的栽培床，她為植物之母，固持著植物，及提供各種生育必需之元素。一旦不用土壤作為栽培介質，若能人為的固持植物根分，則在水中生長植物又有何不可呢？以去年日本筑波萬國博覽會上展示之一株活生生地，預計可結一萬二千個果實之水耕番茄植株，可了解水耕技術之奧妙。

水耕無土栽培因果菜類及葉菜類生理習性之分野，在植株育苗、栽培床構造及營養循環系統之設計上略有不同，目前本場已成功各開發一套水耕栽培技術室中以岩棉栽培法來培植番茄、胡瓜、草莓及木瓜等果菜，並以浮根式栽培法來生產小白菜、**萵苣**、山(水)芹菜及菠菜等葉菜。據目前研究成果顯示營養液蔬菜生短期，增加年收穫數；(2)週年性工業化生產；(3)無農藥污染；(4)迴避土壤病蟲害及連作障害；(5)施肥合理化；(6)省勞力；(7)輕勞動力；(8)不懼農村老齡化

岩棉栽培法

栽培介質：

岩棉(rockwool)為人造之礦石纖維(圖一)，與坊間之石棉(asbestos)不同，石棉可由天然礦石中開採取得，岩棉為玄武岩或輝綠岩等礦石在1,600°C下熔融後，利用高速離心設備使岩漿形成微粒液滴，諸液滴因高速離心運動露於空氣中而形成纖維狀物，然後再將諸纖維重新壓縮排列而形成方塊型此一即所謂岩棉。岩棉內部兼具各種疏水性及親水性纖維，且空隙密度大(97%)，保水率強(82%)，適合作為幼苗固持物及栽培床之承載物。農用成品規格大略為長方體，長6.5~90公分、寬6.5~30公分、高5.0~12公分，其化學成分主要SiO<sub>2</sub> (35~45%)，Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub> (10~20%)，CaO (16~40%)，MgO (3~10%)及Fe<sub>2</sub>O<sub>3</sub> (0~12%)，pH (7.0~8.5)。

栽培床：

在4" PVC管上每隔20公分挖一個直徑5公分的洞，以便移入預先以岩棉育苗之植株，利用PVC管作為栽培床特別適合台灣冬季草莓觀光果園之立體栽培，以長4公尺寬1公尺之土地面積為例，若架設1個1.8公尺之三角形立體架一台(圖二)中國農業改良場果菜I型栽培床(圖二)將以8~10倍於同土地面積之株數來進行立體經濟性栽培。若進行番茄、胡瓜、茄子類之栽培，如圖三所示之台中區農業改良場果菜II型栽培床，可利用5公分厚保利龍板圍成，寬60公分，高10公分，長度180公分之小栽培床，實際進行大面積栽培時在做好180×60×10之小栽培床後以連接方式依所需長度，上覆1塊黑色防漏PE塑膠布即可。由於台灣氣候炎熱在移入以岩棉育苗之植株後，栽培床上面需加一片3~5公分厚之保利龍，以防止營養液溫度之上升。

營養條件：

液溫維持在23~27°C，pH 5.5~6.5，營養濃度(以EC值表示)因作物別及生育時期而異大約在0.75~2.0mmho，營養溶氧需維持在3.0~6.0ppm左右。

營養循環系統：

岩棉栽培法營養液之循環方式可依營養液之回收否，可分為兩類。而營養液不回收之灌水系統又可分成噴灌式或點滴式。

噴灌式灌水系統為岩棉上直接裝設PE塑膠管，管上設有微量噴頭，當營養液槽馬達啟動後，營養液直接由噴頭噴至岩棉上，亦可不用噴頭而直接在PE管上穿洞，而讓營養液流入岩棉中。點滴式灌水系統為兩行栽培床中裝置PE或PVC營養液主管一條，再以點滴管之一頭插入營養液中，而另一頭插入岩棉中。噴灌式灌水系統每日啟動馬達3~5次，而點滴式灌水法，係利用高水塔及栽培床間之水位落差，使營養液24小時均在滴灌。在營養液回收系統又分成靜水式及滲水循環式，前者為栽培床上置3~5公分深之營養液直至水份減少時，再注入新鮮營養液；而循環式者，每日定時由營養液槽將營養液打入栽培床中，多餘者再流入營養液槽。

適合栽種之作物：

番茄、茄子、甜椒、胡瓜、西瓜及洋香瓜等果菜。

浮根式葉菜類蔬菜栽培法

栽培介質：

海(泡)棉，將種子消毒後直接播種到海棉育苗床中，育苗床係由3.0×3.0×49公分海棉條組成，播種量以3公分長內含3~5粒種子為宜。待種子發芽生長至2葉齡時將海棉條切成3.0×3.0×3.0公分之方塊(圖四)，直接移入保利龍栽培床上。

可利用各種資材圍成如圖五之栽培床一台中國農業改良場果菜I型栽培床，構設原則為遠離地面，栽培床內水位5公分且不漏水、不透光、具保溫性。栽培床大小依地形而異，寬度則90公分左右為宜。植株固持物用3公分厚保利龍板最佳，植株行株距在10~15×10~15公分。

營養循環系統：

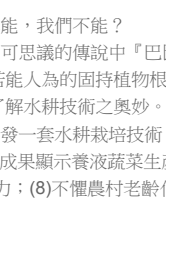
定時循環式，使營養液中O<sub>2</sub>濃度維持3.0~6.0ppm。

營養條件：

液溫17°C~25°C，pH值5.5~7.0、EC值0.70~2.00mmho。

適合栽培作物：

小白菜(圖六)、**萵苣**、芹菜、菠菜、韭菜、蔥、莧菜、櫻菜、茼蒿及芫荽等葉菜。



圖一 利用6.5×6棉塊進行胡

瓜栽培



圖二 台中區農業改良場果菜I型栽培技術-PVC管立體栽培架



圖三 台中區農業改良場果菜II型栽培技術-長25.22公分之保利龍



圖四 利用3×3×3立方公分之泡棉塊進行豌豆育苗



圖五 台中區農業改良場葉菜 I 型栽培技術一長10.8公尺、寬90公分、深5公分之保利龍栽培床



圖六 水耕蔬菜栽培盛況

#### 家庭式水耕栽培法

##### 水耕栽培槽：

置備一深十公分、寬卅公分、長五十公分左右之容器，此容器最好具不漏水、不生銹及保溫之特性，一般以保利龍箱最佳，此種箱子在菜市場上用於裝魚、可內置一塊黑色塑膠布，市售之保利龍箱深度大約在四十公分左右，因此可在內部先墊入保利龍碎塊使深度僅餘十公分，再覆上塑膠布。

##### 水槽蓋：

水槽蓋之作用在於固持植物，一般以3.0公分厚之保利龍最佳，水槽蓋之大小與水耕槽之面積相仿，至於水槽蓋之洞數則依栽培植物而定，一般在二~十個間左右。

##### 適合栽培之植物及數量：

以30×50公分之水耕栽培床為準，可栽種之植物種類及株數如表一：

表一、適栽之植物種類及數量

株數	植物種類
2~3	小黃瓜、蕃茄、香瓜、西瓜、茄子、青椒
5~6	草莓、結球萵苣、西洋芹菜、大豆、綠豆、毛豆、豌豆
8~10	小芹菜、小白菜、青江白菜、台灣芹菜、葉萵苣、萵蒿、蕪菜

##### 育苗法：

取 3×3×3 海棉塊將其中切0.5 公分後，先浸在清水中浸潤，然後放入種子3 粒于海棉內口，此海棉塊置於黑暗中3~5 天，待種子發芽後移入陽光中3~5 天讓一對葉完全展開後即可移入水耕栽培床上。

##### 水耕養液：

水耕槽內之液體為人工調配之營養液，可取定量之自來水、地下水或泉水，依本場開發之水耕養液配方（表二）調配之。

表二、台中區農業改良場水耕養液配方

巨量肥料	用量公克/1000公升	微量肥料	用量公克/1000公升
硝酸鈣	472	鐵 (Fe EDTA)	16.0
硝酸鉀	808	硼酸	1.2
磷酸銨	152	氯化錳	0.72
硫酸鎂	492	硫酸鋅	0.09
		硫酸銅	0.04
EC=2.00mmho		鉬酸銨	0.01
Ph=6.00~6.40		氯化鈉	1.64

上述配方為通用配方 (S)，可依蔬菜類別及生育時期調整其濃度，表三為各蔬菜之最適濃度。

表三、各種蔬菜之適用水耕濃度

蔬菜別	營養別	開花結實期
葉萵苣	1/2 S	—
結球萵苣	1/2 S	3/4 S
白菜	1/2 S	—
鵝兒芹	4/5 S	—
萵蒿	S	—
草莓	3/8 S	3/4 S
番茄	1/2 S	1/2 S
胡瓜	S	3/8 S

##### 水耕液之調節

##### 水耕液之組成：

生物生育、開花、結實及種子等所必需之營養元素為碳、氫、氧、氮、磷、鉀、鈣、鎂、鐵、硫、銅、鋅、硼、鉬、氯及錳等十六種，除了二氧化碳可經由得外，均由根部之吸收而得到。因此進行水耕無土栽培時，水耕液中化學組成可依植物生育時需要量之多寡分成巨量元素—氮、磷、鉀、鈣、鎂、硫及微量元素氮、氯及錳。原則上每一種作物對每一元素之需求量均不同且隨作物之生育期別水耕液之組成亦不同，因此栽植前每一種作物均需決定一最適配方。依據本場開發之巨量元素之組成分為硝酸鈣、硝酸鉀、磷酸銨及硫酸鎂，而微量元素之組成分為鐵(Fe EDTA)、硼酸、氯化錳、硫酸鋅、硫酸銅及鉬酸銨。

##### 水耕液之酸鹼度：

植物生育之根圈之環境有一定之酸鹼度，酸鹼度一般用酸鹼度計來測定（如圖七中之儀器），其顯示之數字稱為pH值，pH值從1~14.7為中性，1為強酸，14為強鹼。在水耕栽培時，一般將水耕液之pH值調在5.5~6.5。實際栽培時若pH值超過6.5時，用0.1N硫酸調回；若pH值低於5.5時，則用0.1N NaOH調回。

水耕液中pH之調整相當重要，pH值太高(鹼性)時，水耕液中微量元素鐵、錳等重金屬會發生沉澱，pH值太低(酸性)時植物因鈣及鎂之吸收效率降低，而影響其發育。

##### 水耕液之溫度：

水耕液之溫度影響植物根部吸收能力甚鉅，植物根部生長有最適之溫度。液溫太低時根部生理活性低下，對磷、硝酸態氮及鉀之吸收能力下降。液溫高時，根部對硝酸態氮之吸收能力增加，但鈣之吸收能力下降，以番茄為例，液溫超過30℃時，根部呼吸率加速，水耕液中溶氧量減少，因此發生根腐現象且果實腐爛。水耕液溫度之調整法一般將水耕液槽置放地下，且栽培床採用隔熱保溫資材，儘量減少水耕液在栽培床之停留時間，換言之，加速水耕液之循環，使水耕液溫維持在15~27℃間，否則水耕液槽內需加入控溫系統。

##### 水耕液之溶氧量：



圖七 調配水耕用上、P.H.下、為玻璃電極

水耕液之溶氧量與液溫及水耕液在栽培床中之流動速率有關，液溫升高時，水耕液中之溶氧量下降，而且液溫升高時，植物根部呼吸作用加速，導致水耕液之溶氧量需維持在 3~6ppm 間，否則水耕植物生育不良。要維持水耕液溶氧量之方法為(1)增加水耕液之循環次數；(2)增加水耕液之流量及流速；(3)水耕空氣混入器；(4)水耕液導入栽培床時改用噴霧式；(5)增加栽培床傾斜度，以加速水耕液流速；(6)將植株根部上方遠離泥面2~3公分，使根部直接露於空氣中水耕液之濃度：

水耕液內添加之化學肥料一旦加入水中以後均以離子形態存在，因此吾人檢定水耕液中電導度 (electric conductivity, EC) 之多寡來判定水耕液是否因植物吸收而減少，作物所需之水耕配方決定後，吾人可依配方中每一元素之克當量之總和換算出該配方之理論電導度值(EC, mmho)，例如表二之配方EC值為2.0mmho，依此而調配成植物所需之最適濃度(如表三所示)。又，水耕液經植物吸收後EC值會逐漸下降，日常管理上以電導度計(圖七中之下面的儀器)測量EC值之變化，當EC 10% 以下時，則需補充新的水耕液使之保持最適濃度。

#### 水耕栽培之日常管理

陽光：

水耕栽培最適宜之放置地點為溫室、陽台、屋頂或園院中，尤其是番茄、胡瓜、草莓等需要較強之陽光，但一般葉菜類蔬菜需光性不太強，甚至在栽培床網。

氣溫：

吾人可選擇季節性之蔬果來栽培將可避免氣候之成為制限因子，例如：春夏天以胡瓜、白菜、芹菜、茄子、青椒為宜，秋冬天以菠菜、**萵苣**、番茄、碗豆等非季節性蔬菜則在夏天需遮蔭，冬天需加人工照明才可順利生產。

根溫：

吾人利用保利龍作為栽培床之用意，利用其隔熱、保溫之特性來維持養液之溫度。因此避免將栽培床置於太陽直射之地方或在栽培床上加置一塊反光塑膠布。

水耕液之管理：

栽培床若無打氣或打水循環裝置，易造成養液內氧氣缺乏，因此以每七天將栽培床內養液倒掉後換新鮮養液為宜。水耕液在深度與植株幼苗根系成反比，最初在幼苗移入栽培床時由於根系少可將栽培床內營養液加滿，以促進植株根系生長，但2~3天後，植株根部已伸長，因此水位與水槽蓋保持2公分左右之空間，藉此有利於根毛之生育及氧氣之供給。

#### 經濟效益之評估

本場開發水耕栽培技術來生產蔬菜，主要為解決夏季蔬菜供銷之困擾及生產無農藥殘毒之精緻蔬菜，經年來試驗研究之估算，構築 25 公尺×10 公尺之簡易溫室一棟需164,200 元(圖八)，內設置之保利龍栽培床需38,400 元，養液輸送系統需45,000 元，養液自動控制系統需91,320 元，育苗設施需8,100 元，合計設置一座250 平方公尺之水耕蔬菜工廠，需要新台幣347,020 元(表四)。

表四、葉菜類水耕栽培設置經費(1985, 台中場, 1棟, 10×25m<sup>2</sup>)



項目	數量	單價	
1. 房舍			
角鋼架	1	99,000	
FRP 浪板	100	452	
尼龍網	400	50	
2. 栽培床			
保利龍床 (10.8×0.9 公尺)	12	2,900	
防漏黑色塑膠布 (12×1.5 公尺)	12	300	
3. 養液輸送系統			
PVC 配管及1馬力抽水馬達1座	1	45,000	
4. 養液自動控制系統			
pH 組	1	35,000	
EC 組	1	35,000	
電磁閥	4	1,800	
PVC 配管	1	3,000	
250 l (PVC) 桶	4	1,280	
2000 l (PVC) 桶	1	6,000	
5. 育苗設施			
育苗架	1	4,900	
育苗用海棉 (3×3×49 公分)	2,000	1	
育苗用塑膠箱	400	30	
總計			

250 平方公尺水耕栽培之年收益性為何？以種小白菜為例年收穫14次，每次收穫720公斤，以單價每公斤30元計，粗收益為302,400元，以生食用之**萵苣**為360,000元。開支方面分成種苗費、肥料費、電費、水費、農藥費、雇工1員、設備折舊費、運輸費、包裝費及稅金、手續費，合計需234,442元~228,774元(表五) 67,958元~131,226元，所得率為22.47%~36.45%。

表五、果菜水耕栽培之年收益(1986, 10×25cm<sup>2</sup>)

調查項目		作物別	小白菜	萵苣
收入	年生產量 <sup>1</sup>		720 公斤 / 次 × 14 次 = 10080 公斤	900 公斤 / 次 × 10 次 = 9000 公斤
	單價 <sup>2</sup>		30 元 / 公斤	40 元 / 公斤
粗收益			302,400 元	360,000 元
開支	種苗費		1,000 元	2,000 元
	肥料費		20,000 元	15,000 元
	電費		8,000 元	6,000 元
	水費		2,500 元	20,000 元
	農藥費		6,000 元	1,000 元
	雇工		8000 元 / 月 × 12 月 = 96000 元	800 元 / 月 12 月 = 96000 元
	設備折舊費 <sup>3</sup>		49,574 元	49,574 元
	運輸費		5,000 元	5,000 元
	包裝費		10,080 元	9,000 元
	稅金及手續費 <sup>4</sup>		36,288 元	43,200 元
計		234,442 元	228,774 元	

淨所得	67,958 元	131,226 元
所得率	22.47%	36.45%

- 1.年生產量以單層栽培床計算。
- 2.蔬菜單價為露地栽培者零售價加成 30%。
- 3.水耕栽培設備費347020 元/250m<sup>2</sup>，依七年平均分攤折舊費。
- 4.稅金及手續費為粗收益之 12%。

#### 養液栽培之前瞻性

台灣位處亞熱季，夏季氣溫高，雨季長，颱風頻仍，每年五月至十月間蔬菜生產受制於 天候因素供銷不平衡，尤其颱風豪雨過後菜價居高不下，倘若利用水耕 藥殘毒之精緻蔬菜，則必能穩定夏季果蔬之供應。唯目前國內尚無工廠生產水耕栽培所需之各種資料及自動化設備，最重要的是開發此技術所需之各種相關知識：(1) 平衡溫室內外氣溫(2) 維持最適養液溫度(3) 緩和養液中pH 及EC 值之變動(4) 維持養液中氧氣濃度及(5) 發展水耕肥料配方等仍待各方專家進一步的探討。就國民所下，讓消費者享 受無農藥污染之高品質生鮮蔬菜是必然的且可預期的。

© 行政院農業委員會臺中區農業改良場 [www.tdais.gov.tw](http://www.tdais.gov.tw)

<http://www.tdais.gov.tw?catid=2358>