

如何供給植物的營養分 – 安全安心安定的水耕營養液調製

(本文擷取自“都會休閒水耕”(蔡尚光 著 尖端出版社)一書之章節部分內容，並經作者同意刊登)

* 代替土壤的栽培原理

許多像水仙、鬱金香、風信子等球根花卉，以及塊根、莖根等作物都可以只用水來進行栽培，這種稱為“水栽培”的方式極為簡單，只要將植物的塊根、球根直接置於水盤中，即可促使它們生長，不論放在客廳、玄關、窗邊，都是很好的裝飾品。這類塊狀的根莖中含有相當量之養分，換句話說，是它們的養分貯藏器官，同時也具有繁殖的能力，能夠利用自體的養分來發芽、生根，以及維持長時期的生育，直到開花都不給肥料也不致於受到過度明顯的影響。這就是為什麼只用水就可以栽培這類塊根、球莖類植物之原理。

然而所謂的“水耕栽培”也是以相同的方法種植作物。只是被種植作物的種子中，並沒有包含像球根那麼多的養料以供利用，所以發芽後必須以人為的方法在水中加入養分，讓植物的生長過程能夠持續不斷，不致於因“營養不良”而停止成長或是造成生長不良等現象。“水耕栽培”(養液栽培)的方式實際上比“水栽培”來的複雜，因為這樣的方法所要求的是收穫量和品質上的增加，所以除了在水中加入特定之營養源設計外，其他像水溫、酸鹼度、養分濃度等，都需在人為的合理控制範圍之內，大面積栽培的場合應該更要留意這些操作細節。



美化空間的簡單水栽培

土壤一般是由很多細小的粒子集合而成，這些土粒互相結合成團粒化的狀態，而每組團粒與團粒之間，都有一個空間能夠讓空氣進出，根在吸收土壤中養分的同時也吸取了這些空間中的氧氣。因而在土壤的種植方法中，想讓作物生長的更好，就必須加入一些腐葉土、堆肥之類的物質，不僅增加了通氣性和保水度外也提供了更多的有機養料。

另一方面，植物的根部在吸收營養的同時，為了支持植株本體的站立，仍必須緊緊的抱住土壤的團粒，如果不用土壤來種植，那麼如何去支持植物體的方法就成為一個必須的課題。當然，代替土壤的資材很多，前面也敘述了若干常用項目，像砂與石礫其實都是更接近土壤的介質。利用砂來栽培的，我們稱它為“砂耕栽培”，而同樣用石礫來栽培的方法稱之為“礫耕栽培”。這些無土介質中並沒有土壤中那麼豐富的養分存在，而且通氣性與保水程度也不盡相同，自然我們就要加入事先調製好的營養液來改善它們的不足。這種所謂的“養液栽培法”也就是水耕栽培的廣義道理，只是支持植物體之方法不同罷了。

不管我們用何種方法，這些無土介質都不容易將養分和水分長時間的維持

住，依照它們各個的性質，就必須實行規定時間的給液補充，以提供根部的需要，或是採以較先進的 **Autopot** 自體驅動技術，由植物本身的要求來決定給液與否之依據。各種方法皆有它們一定的硬軟體設計，這些架構與條件其實也就是水耕栽培中最重要精華。



根部必須緊緊的抱住土壤的團粒才能支持植株的站立



硬體設計的合理性關係著植物的成長態勢(Autopot NUWA 系列)



傳統湛液水耕系統



先進的自體驅動技術由植物本身的要求來決定給液與否之
依據 (Autopot Smart Wing 系列)

* 市售與自製營養液的使用

土壤中因為含有各式各樣不同的微生物，可以分解其中所含的有機物質，使它們成為植物體能夠吸收的無機形態。而水耕營養液中卻幾乎沒有分解這類有機肥料(像油粕、雞糞等)成為植物體可吸收的離子形態微生物存在，所以我們必須利用無機鹽肥料（像硫酸鎂、硝酸鈣等）直接溶於水中，不經發酵分解即可解離成植物吸收形態成份之礦物離子型肥料來調製。

經過專家們的分析，可以了解氮（N）、磷（P）、鉀（K）三種元素是植物體利用最多，也是缺一不可的物質，我們稱之為“肥料三要素”。其他還有鈣、鎂、鐵、硫、錳等許多的微量元素也是非常重要的物質。它們能夠提供植物體正常的生育，不足的話，也會造成特定的生理機能障礙。

所以營養液的組成，就是根據各種作物的需求而調配成的配方。這類的無機肥料一般俗稱“水耕均衡完全肥料”，目前市面上並不普及，大都以根部澆灌或葉面施肥用的“水溶性肥料”來替代，而各種成份也不見得適合作物生長的最佳需求。一般民眾較習慣至化工材料行購買一些原料回來自己依照書上配方調配，雖能有其成就感且價格也低廉，但這些絕大多數的工業級材料並非為農業所開發，所含雜質高且純度低，又經常有過量重金屬的疑慮，使用上需格外留意。

• 水耕栽培中，常用的主要肥料有下面幾種：

肥料鹽	分子式	各元素含量%
硫酸鎂	$MgSO_4 \cdot 7H_2O$	(Mg) 10% (S) 13%
硝酸鈣	$Ca(NO_3)_2 \cdot 4H_2O$	(N) 12% (Ca) 17%
硝酸鉀	KNO_3	(N) 14% (K) 39%
磷酸銨	$NH_4H_2PO_4$	(P) 26% (N) 12%
硝酸銨	NH_4NO_3	(N) 35%
硫酸銨	$(NH_4)_2SO_4$	(N) 21% (S) 24%
硫酸鈣	$CaSO_4 \cdot 2H_2O$	(Ca) 23% (S) 19%
過磷酸鈣	$Ca(H_2PO_4)_2 \cdot H_2O$ $CaSO_4 \cdot 2H_2O$	(P) 7.1% (Ca) 27% (S) 13%

選擇肥料鹽的種類，必須注意到溶解度較高的比較合適。再者須考慮到價格的問題，當然純度愈高的自然就昂貴些，使用起來效果也較好，一般由高到低主要可區分為分析級、試藥級、食品級、工業級等若干層級，水耕營養液建議採用食品級以上的產品，不論在栽培上或食安上都較有保障。

肥料鹽在調配時必須要注意到化學上的反應，濃度過高的原液不可以互相混合，製作上也要有固定的順序，以免產生沉澱等現象，而使植物無法吸收利用。

以表〈A〉的配方為例：須按表列的先後順序，先用少量清水各個溶解後，再逐一倒進營養液槽中混合，並充分攪拌均勻。

至於微量元素的調配則參照表〈B〉的次序，先一一加入 4 公升的水中，待混合均勻溶解後，再加 4 公升的水（共 8 公升）即可完成。

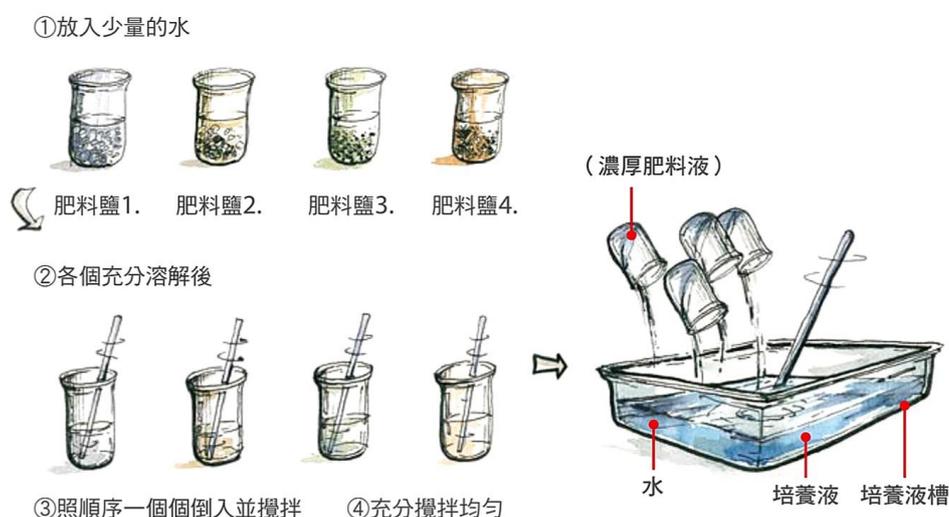
微量元素由於量微不容易測量，所以這樣的調配法是一種濃縮的原液，它可以長時間存放在陰暗處，在製作營養液時，每 100 公升中加入 40ml（即 40c.c.）即可。

〈A〉

（	肥料鹽	用量 (g)
主 要 元 素)	硫酸鎂	50 公克
	過碳酸鎂	58 公克
	硝酸鉀	81 公克
	硝酸銨	32 公克
	微量元素濃縮原液	40c.c.
	清水	100 公升

〈B〉

（微 量 元 素 濃 縮 液）	肥料鹽	化學式	用量（g）
	硼酸	H_3BO_3	400 公克
	硫酸鋅	$ZnSO_4 \cdot 7H_2O$	10 公克
	硫酸鐵	$FeSO_4 \cdot 7H_2O$	250 公克
	硫酸錳	$MnSO_4 \cdot 4H_2O$	200 公克
	硫酸銅	$CuSO_4 \cdot 5H_2O$	10 公克
	鉬酸鈉	Na_2MoO_4	10 公克
	清水	H_2O	8 公升



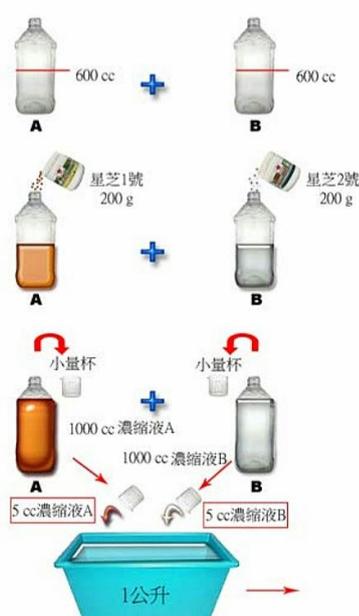
如果嫌上述的營養液調配麻煩的話，台灣市面上普遍採用的「花寶 1 號」肥料，原則上是可以拿來「暫時」代替。它含有氮 6.5%、磷 6%、鉀 19% 的主要成分外，還添加了少量的微量元素，主要是用於組織培養的基質培地。這類型肥料並非上述所言的“水耕均衡完全”配方，其只能稱為“水溶性肥料”，調配時不易溶解且沉澱明顯，尤其是製作成濃縮液使用時，雜質混濁嚴重，大量長期使用後，恐有對植物造成營養失調或灌溉系統阻塞的疑慮，尤其作為蔬菜的營養液時，PH 值將逐漸偏低酸化，在趣味休閒型的水耕栽培尚可利用，但不適合專業水耕農場的運作；市場上更有眾多以低價“水溶性肥料”混充並宣稱其為水耕肥料者不在少數，需小心篩選。

普通土壤用的肥料，絕不可拿來當作水耕栽培的營養液使用。因為水中幾乎沒有可以分解這類有機肥料的微生物，如果刻意使用的話，會造成植物無法吸收養分，以及水質的惡化等問題，這點必須要特別強調，目前流行的“有機營養液”亦無法完全提供真正的植物均衡營養，種植上可以勉強使用，但效果並不完善。

善。另外，營養液因含有各種營養素，所以儘量避免見光，以防止滋生青苔，栽培時的容器也應具有防止光線進入的設計。

植物的成長需要 C、H、O 不同的組合以及 16 種以上的適量元素配比才能供應完整的營養，現今台灣地區以水耕栽培為目的所販售的正統專業級商品，應首推“星芝”公司自澳洲引進並獲得中央標檢局與農糧署雙認證的 Autopot 均衡完全配方，其分 A、B 二劑，可調製成 200~400 倍之濃縮母液來使用，不論手動操作或是自動控制皆方便安全且穩定，為各產學界所多方大量採用。

使用方式如下簡略說明：



- (1) 取1000c.c.寶特空瓶備用
(市販瓶裝1250c.c.者需先量測)
- (2) 洗淨空瓶各先填充600c.c.清水
分別以漏斗加入星芝1號至A瓶200g
加入星芝2號至B瓶200g
- (3) 充分攪拌後各將清水加至1000c.c.位置
濃縮液A、B請勿直接相互混合以免產生沉澱
而影響營養離子吸收
濃縮液A、B請存於冷涼陰暗處備用
- (4) 可供植物吸收之標準營養液
EC≒2.2~2.4ms/cm
pH=5.5~6.5 (視水質而定)

說明：

- 專業農場大型水槽的調製，則以每5公升A+B濃縮母液加入1公噸（1000公升）水中為操作標準。
- 其他濃度與適種植物之參考如下：
A+B濃縮母液2.5ml/1公升水→EC≒1.2 (mS/cm)
A+B濃縮母液3.7ml/1公升水→EC≒1.8 (mS/cm)
A+B濃縮母液5ml/1公升水→EC≒2.4 (mS/cm)
A+B濃縮母液7.5ml/1公升水→EC≒3.6 (mS/cm)

EC ≒ 1.2	EC ≒ 1.8	EC ≒ 2.4	EC ≒ 3.6
↓	↓	↓	↓
番茄、瓜類育苗 夏秋季番茄 櫻桃小蘿蔔 大蒜、蕪菁 豆苗類 萵苣生菜類 草花類、非洲堇 球根類、仙客來 觀葉植物 洋蘭、國蘭 多肉植物	茄子 草莓 碗豆 空心菜 細葱、萵菜 十字花科蔬菜 菠菜、茼蒿 藍莓 康乃馨、菊花 山葵 香料、藥用作物	春冬季番茄 彩椒類 洋香瓜 胡瓜 苦瓜 絲瓜 玫瑰、洋桔梗 甜玉米、穀類 小果樹類、鳳梨 結球大白菜、甘藍菜 茶葉	冰花 高糖度番茄 大型果樹 特殊需求作物



星芝 Autopot 均衡 A、B 劑水耕專用礦物離子型肥料



均衡的肥料配方才能夠提供植物完整的成長所需

* 營養液的總濃度 EC 值與酸鹼度 PH 值

水耕營養液的濃度和植物的吸收情形，通常依照：

- 1, 季節（春、夏、秋、冬）
- 2, 溫度（日夜氣溫和液溫）
- 3, 光線量（夏秋、春冬）
- 4, 植物的生育階段（幼苗期、生長期、開花期、果實肥大期等）

而有不同的表現。一般測量營養液濃度的方法是利用“導電度計”（EC meter）來判定，肥料濃度高時，導電度呈現高數值；肥料濃度低時，導電度就顯示低數值。我們從這些變化的數據中，可以瞭解營養液的吸收情形，而適時加以補充或修正，這是在專業栽培中不可缺少的儀器。

可惜這種導電度計（EC 計）價格非常昂貴，精密度好的都在 1 萬元到數萬元之間，一般的家庭栽培並不需要這麼詳細的數值，所以購買時不妨選擇普通休閒型的筆式 EC 計(或 PH 計)，目前市面上種類繁多，從便宜的數百元到上千元皆有，但顯示值基本上，小數點以下一位數即已足夠，防潑水型稍貴，卻不容易受潮故障。選購上亦需留意此產品是否支援溫度自動補償功能，沒有這項功能的儀器，需要依對照表來自行增減測到的數值，並不方便也容易判讀錯誤。

如果沒有這類儀器可做作測量，一般最簡單的辦法就是在每次補充減少的營養液量時，記下補充水的升數，再依其升數調好最初標準肥料的濃度，並進行栽培槽內的補充即可。然而此法雖然簡易，但遇到炎熱夏季天時，過度的蒸散經常會造成營養液濃度越來越高的狀況，建議每 1~2 星期將營養液半量或全體作一更新，也是很實用的方法。其廢棄的營養液可以用來澆花，或者當做其他無土介質栽培的養分，既經濟又不浪費。



一般用的 EC 計和 pH 計



廣用石蕊試紙與比色表

另外營養液的酸鹼度（pH 值）也是相當的重要，一般都使其維持在 pH 5.5～6.5 之間管理。pH 值和 EC 值大都呈現反比的現象，肥料濃度高時（EC 值高），pH 值則下降。當然依各種不同植物不同環境的影響，情形也會隨之改變。pH 值關係著肥料的吸收，如果 pH 值太低的話，鈣、鎂、硫等元素的吸收會受到影響。若是超過 pH 7 以上太多時，鐵、錳、硼等元素同樣會使植物產生欠乏的生理症。測量 pH 值的方法很多，比較精密的是採用電極 pH 計，而一般家庭用的比色法石蕊試紙或廣用試紙亦可，因為這些儀器都不是便宜的東西，而且也必須學習操作的方法和定期的校正；多數使用 PH 計的民眾，從來不作此校正動作，其所得參考數值自然也會有很大的誤差，使得測量變得毫無意義。而校正方法一般以 PH4 和 7 二個數據點搭配特定的校正液來反覆操作，部分便宜的產品或只有單點設計，但不論如何，這些手續都是無法省略的。

pH 值大約 1 個星期用 PH 計或石蕊試紙、簡易酸鹼度測試劑等測量一次即可，如果變化太大，高於 PH8 或低於 PH5 時，建議最好將營養液全部更新以策安全，家庭休閒型栽培並不建議使用具腐蝕性強的酸鹼調整劑。



簡易小型養液濃度持續監試器



專業用的 EC 與 PH 自動控制機組

營養液的管理上，除了濃度和酸鹼度要注意外，液體本身的溫度和溶氧量也不可忽略的項目，適合作物吸收的液溫依種類而有些許的不同。大體上，18℃～25℃是很理想的範圍。

於平地的栽培，在台灣因為四季溫暖幾乎可以不必加溫，但在較高冷地區或是寒流過境時，最好能夠在營養液中設置加溫裝置，以防水溫的急遽下降。家庭栽培的場合，因為一般栽培槽不至於太大，利用水族箱中使用的加溫器和自動控溫器，就可以達到控制溫度的目的，這種產品一組便宜者才數百元，在水族店裡都可以買得到。



空氣打氣機可提高湛液水耕的溶氧量



可作為營養液循環用的小型水族幫浦



家庭用自動控溫加溫裝置及 24 小時定時器



容器外遮一層包裝用的銀色氣泡布也是可以明顯降低溫度



專業設施內大型溫水式加溫設備

台灣的夏天氣候炎熱，液溫的上升對作物有不良的影響。防止的對策，就是採用保溫斷熱性優良的容器來做水耕栽培，如果擔心保利龍材料有環保上的問題，在容器外圍黏貼一層包裝時用的銀色氣泡布也是可以達到不錯的效果，另外像避免陽光直接照射營養液槽或是在日正當中時增加一些遮光的設備（如遮光網、竹簾之類）等，都可以明顯降低溫度。

營養液中氧氣的溶存量(Do)也是必須考慮的，這和選用無土介質中通氣性優良的資材有相同的原理。因為植物的根部必須呼吸，氧氣不足則容易引起腐爛，特別是在水溫高的情況，這是它最大的致命傷。家庭水耕中，一般若採用靜態浮根的方式，或是 Autopot 這種能自主調控上下水位的潮汐作動產品，不需特別的動力即可保持足夠的水中溶氧量；倘若栽培的容器只是一般的盛水槽，那麼建議加裝一付熱帶魚水族箱中使用的打空氣馬達即可，如果配合定時器來運用，就更加理想了。

水溫與水中溶氧量的比較表：

水的溫度 (°C)	溶氧量 (ppm)
15	10.0
20	9.1
25	8.3
30	7.5
35	6.2