

養液灌溉 (Nutrivation™)

養液灌溉 (Nutrivation™)

作物在整個生長週期中都需要均衡的基本營養素。許多植物所需的營養可以在土壤中找到，但往往數量不足以維持高作物產量。土壤和氣候條件也會限制植物生長階段養份的攝取。農作物科學家提出，植物生長需要13種必需礦物質，它們發揮許多重要的作用。如果缺少這些元素，植物的生長和產量就會受到影響。

主要元素

氮 Nitrogen(N)

作物所需最大量的元素，主要是為了活力和產量。氮在葉綠素生成和蛋白質合成中起著關鍵作用。葉綠素是綠色植物負責光合作用的色素。當氮缺乏時，植物發育黃化或蒼白的葉子，生長發育遲緩。

磷 Phosphorus (P)

磷是三磷酸腺苷 (ATP) 的重要組成分，為植物許多生理過程提供能量。磷很少產生顯著的生長反應，但對所有農作物的成功發展是至關重要的。例如，玉米在生長季節缺磷，就會降低產量。

鉀 Potassium (K)

幾乎所有農作物都需要，而且往往比氮高。鉀調節植物的含水量和膨脹。這是提高棉花產量和品質的關鍵，且對水果增加果實尺寸、果汁含量及甜度有重要的促進效果。

次要元素

鈣 Calcium(Ca)

可能是最重要的次要營養元素。鈣能加強細胞壁，協助降低水果、蔬菜撞傷及病害。這意味著，良好的鈣供應會產生不易損壞的作物，且保質期更長。缺鈣的作物會出現生長紊亂。

鎂 Magnesium(Mg)

對作物品質也很重要，也是葉片葉綠素和支援植物生長酶的關鍵成分。低鎂導致光合作用減少，這嚴重限制了農作物產量。如果鎂供不應求，稻米的飽滿度及馬鈴薯乾物質含量會顯著降低。

硫 Sulfur (S)

硫是許多氨基酸和蛋白質的重要組成分。缺硫和鎂造成作物損失。生長緩慢，葉片變淡或黃。硫對確保穀類作物籽粒蛋白質含量特別重要。

微量元素

加強和補充主要和次要元素提供植物生長和結構所需。

錳 Manganese(Mn)

影響光合作用，即植物利用陽光促進生長的過程。

銅 Copper(Cu)

影響光合作用，即植物利用陽光促進生長的過程。

鐵 Iron(Fe)

影響光合作用，即植物利用陽光促進生長的過程。缺乏時常見狀況-例如在種子水果-減少葉綠素生成。造成作物逆境及幼葉嚴重黃化或發黃。

硼 Boron (B)²⁰

是芽和根發育所必需的，在作物開花和結果期是不可或缺的。

鋅 Zinc(Zn)

是生產所需的重要植物荷爾蒙，如生長素。缺鋅導致葉片和其他植物器官結構缺陷。

鉬 Molybdenum(Mo)

參與控制氮代謝的植物酶系統。

適用於 **Nutrigation™** 肥料中的元素含量(%)

肥料	配方	N	P ₂ O ₅	K ₂ O	Ca	Cl	Na	Mg	S	SO ₄
尿素	CO(NH ₂) ₂	46								
尿素硝酸銨	CO(NH ₂) ₂ NH ₄ NO ₃	32								
磷酸一銨 MAP	NH ₄ H ₂ PO ₄	12	61							
硝酸銨	NH ₄ NO ₃	32								
硝酸鉀	KNO ₃	13		46						
硝酸鈣	Ca(NO ₃) ₂	15			19					
氯化鈣	CaCl ₂				27	63				
氯化鉀	KCl			61		47				
硫酸鉀	K ₂ SO ₄			51					55	18
磷酸一鉀 MKP	KH ₂ PO ₄		52	34						
硫酸銨	(NH ₄) ₂ SO ₄	21							24	73
硫酸鎂	MgSO ₄							16	16	49
硫酸鈣	CaSO ₄				19				8	26
硝酸鎂	Mg(NO ₃) ₂	11						10		
硫酸	H ₂ SO ₄								33	
磷酸	H ₃ PO ₄		61							
硝酸	HNO ₃	13								
氯化鈉	NaCl					62	38			

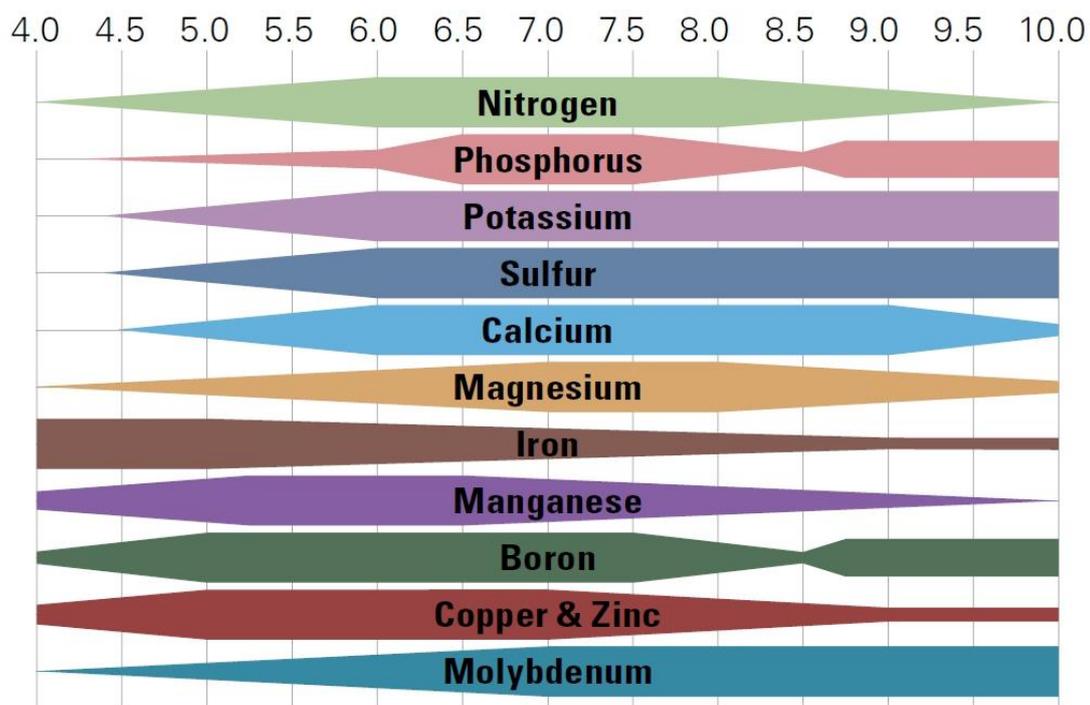
作物需求

每種作物在每個發育的關鍵階段都需要不同的養分。例如，在生長初期，氮和磷對根系誘發和葉片發育極為重要；而鋅和硼在開花期是重要的。穀類作物利用養分促進生長，逐步將它們從根部轉移到莖葉，直至枯萎和收割穀物。果樹作物的養分需求不同於田間作物。它們可以在樹幹、樹枝和葉子中儲存養分，如氮，然後在生長週期的關鍵點重新分配。然而，重要的是，提供到果實上的養分是關鍵的成長，不能被重新分配使用。

土壤 pH 值對養分供應的影響

土壤 pH 值對作物的養分供應有特殊影響。土壤 pH 值是土壤酸鹼度的量度。pH 值定義為溶液中氫離子(H^+ 或更精確地 H_3O^+)活動的負對數。

在水中，pH 範圍從 1 到 14，7 是中性。pH 低於 7 是酸性、7 以上是鹼性。土壤 pH 值被認為是土壤中的主要變數，因為它控制著許多化學過程的發生。它藉由控制養分的化學形式明顯影響植物的養分利用。多數植物的最佳 pH 值範圍在 5.5 到 7.0 之間；然而有許多植物可以在此 pH 值範圍為生長。



經由滴灌系統進行 Nutrigation™

Nutrigation™是將水和養分混和應用於作物 – 結合施肥和灌溉的施用方式。它可以適用於所有類型的作物。

使用滴灌系統相對於其他非局部灌溉方式，根系集中在有限的土壤體積內。因此，在灌溉期間應經常施用少量的肥料。

在傳統的施肥方式中，部分肥料被施用於根系所占的土壤體積之外，造成浪費。

優點

提高肥料施用效率

- 施肥結合灌溉提供了更好的分配與施用均勻性。
- 施用肥料的總量分批次施用，讓肥料能更好地保留在土壤中且利用率增加。

- 避免含但肥料的揮發損失。
- Nutrigation™可以根據作物需求在不同生長階段施用養分；如營養生長期、開花期、著果期、肥大期、成熟期等，都可以改變施用養分比例。

節省肥料及人力

- 由於灌溉用水的使用狀況及避免損失，減少達到相同生產水準的肥料用量。
- 滴灌系統肥料的製備與應用與傳統方式相比成本較低。

操作優點

- 由於工人不接觸注入肥料和化學物質，可避免對健康的危害。
- 不需要機具進行施肥，可避免作物損壞及土壤壓實。
- Nutrigation™能在低保肥力土壤中保持適當的養分含量，可以在貧瘠土壤進行耕作。
- 使用淹灌的地方，化肥會污染地下水。Nutrigation™以少量多次的方式施用肥料和水，以防止逕流或滲透。
- 有可能透過該系統施用其他化學品，如土壤消毒劑、系統性產品以免作物受病蟲害的危害。

限制

- 滴灌系統只能使用完全水溶性肥料。
- 某些肥料雖然是水溶性但可能不適用於 Nutrigation™的方法。如會提

高灌溉水 pH 的肥料，可能造成系統產生沉澱。

- 某些肥料對設備的金屬部分有腐蝕性，因此與這些肥料接觸的部分應該耐腐蝕。

用於 Nutrigation™ 肥料的特性

瞭解用於 Nutrigation™ 肥料的特性，對於正確選擇肥料和在適當的時間提供作物適合的元素是不可或缺的。

化學成分：肥料可以是單質或複合的：

- 單質肥料：由單一元素組成的肥料。例如：尿素、硝酸銨、氯化鉀。
- 複合肥料：由幾種單質肥料混合而成的產品。如果可以很容易地看到混合物通常不可用於 Nutrigation™。

形態

- 固態：通常是粒狀或粉狀。
- 液態：是可以直接注入灌溉系統的肥料。

有些肥料需要在水中溶解，以降低注入前的濃度。

溶解度

溶解度是製備液態肥料時要考慮的最重要的特性之一。每種肥料都有飽和濃度，溶解度受水溫影響。

有些肥料容易溶解在水中，其他的則比較困難，但仍可用於 Nutrigation™。有些肥料溶解度很低，因此被歸類為水不溶性，它們在灌

溉系統中是不允許使用的，例如單質和三價過磷酸鈣。

與灌溉水的相互作用

肥料是鹽類有可能與灌溉水中的其他鹽產生反應。因此，配置液體肥料時必須考慮水的化學成分。

例如，在高鹼度灌溉水的狀況下，磷酸鹽肥料中的磷會與水中的鈣和鎂產生沉澱。這些沉澱物可以在母液桶的底部發現。

肥料之間的相互作用

有些肥料因為不相容所以是不能混合在一起的。在某些情況下，當混合時這些肥料立即產生結晶並造成灌溉系統的堵塞。在有些情況下，兩種不相容肥料之間的反應會導致營養成分的損失。

肥料的相容性

肥料	Urea	AN	AS	CN	MAP	MKP	PN	PN+Mg	PN+P	N+Mg
尿素 (Urea)	C	C	C	C	C	C	C	C	C	C
硝酸銨 (AN)	C	C	C	C	C	C	C	C	C	C
硫酸銨 (AS)	C	C	L	L	C	C	L	L	C	C
硝酸鈣 (CN)	C	C	L	X	X	X	C	X	X	C
磷酸銨 (MAP)	C	C	C	X	X	C	C	L	C	X
磷酸鉀 (MKP)	C	C	C	X	C	X	C	L	C	X
複合硝酸鉀 (PN)	C	C	L	C	C	C	X	C	C	C
複合鉀鎂 (PN+Mg)	C	C	L	X	L	L	C	X	X	C
複合磷鉀 (PN+P)	C	C	C	X	C	C	C	X	X	X
複合鎂 (N+Mg)	C	C	C	C	X	X	C	C	X	X

- C - 相容
- L - 有限相容
- X - 不相容

震盪測試

為了避免注入的肥料可能堵塞或損壞滴灌系統，在注入肥料、酸及其他化學品之前進行如下所述的震盪測試。如果是第一次使用的肥料、混合肥料或由新的供應商提供的產品特別重要。

執行震盪測試：

- 使用一個至少2公升乾淨透明的瓶子
- 取灌溉用的水裝到瓶子裡
- 將確切比例的肥料加到瓶子中
- 手動攪拌容器中的溶液，直到肥料完全溶解。
- 如果攪拌幾分鐘之後無法完全溶解，不要將它注入或混到灌溉系統。
- 如果可以完全溶解，將容器於室溫下靜置24小時不要上蓋，不受陽光直曬
- 24小時之後，對著光用眼睛觀察容器內是否有任何類型沉澱物、混濁物或漂浮固形物
- 如果有請不要將這類產品注入灌溉系統中

腐蝕性

大部分肥料不管是固體或液體，會侵蝕灌溉及注肥系統中的金屬材料。一般越酸性的溶液腐蝕性越強。

例如：氯化鉀和磷酸結合腐蝕性很強

揮發性

包含尿素及氨態氮的肥料會因為揮發而損失氮素。如果混合的液體肥料會放置超過4天必須加蓋。

肥料的pH

液體肥料具有不同pH等級，可能會影響作物及滴灌系統。作物可接受的pH範圍為5-7

不同pH範圍的肥料對灌溉系統的影響：

pH 範圍		對灌溉系統的影響
5以下	酸性	可能損壞壓力補償滴嘴及含醛類系統元件，取決於接觸時間及環境溫度。
5-6	中等酸性	當結合某些營養元素，可能損壞壓力補償滴嘴及含醛類系統元件，取決於接觸時間及環境溫度。
6-8	中性	所有Netafim產品耐酸至pH6
8以上	鹼性	當結合某些營養元素，可能產生沉澱，造成滴嘴及其他元件

含鹽量

肥料是鹽，會增加灌溉水的鹽分。EC值(電導度)反映水的鹽分，可以簡單的在現場或實驗室量測。

受潮

固體肥料有吸濕的屬性；這會讓肥料結塊且變得難以處理。將肥料保持在封閉的容器中以避免這種現象很重要的。

液態肥料

準備液態肥料

水溫會影響肥料的溶解度，如下表所示。

水溫對肥料溶解度的影響(每公升水肥料量(公克))

公克肥 / 公升水	溫度 °C					
	0	5	10	15	20	25
尿素	680	780	850	1060	1200	1330
硫酸銨	700	715	730	750	770	780
硫酸鉀	70	80	90	110	120	130
氯化鉀	280	290	310	340	350	370
硝酸鉀	130	170	210	320	370	460
磷酸一鉀	227	255	295	374	410	464

以尿素為例，可以看出水溫對肥料溶解度的強烈影響。相較之下，硫酸銨幾乎不受水溫影響。

一般來說，水溫在田間是高於20°C。因此，可以合理假設在準備液態肥料時，較高的水溫可以溶解較多的肥料量。但是有一個關鍵的參數被忽略了。

當肥料與水混合，水和肥料之間的反應發生時，會冷卻混合物。這就是所謂的**吸熱反應**。由於降低了水溫，原本計算可溶解肥料量就無法被完全溶解。這在肥料含有氮素如硝酸銨及尿素等。

當注完肥料後，持續灌溉一段時間(盡可能長)清水以移除系統中殘留的肥料。

Nutrigation™的好處

Nutrigation™ 對植物的好處

- 營養元素直接施用到根域
- 均勻供應營養元素
- 已溶解的營養元素，作物可直接吸收
- 作物持續吸收營養元素。不會出現暫時性營養缺乏

Nutrigation™ 對系統的好處

- 減少因淋洗造成養分損失
- 對土壤及地下水的污染降低
- 減少土壤壓實，有利於根系發育
- 節省機具及人力施肥
- 減少雜草繁殖進而降低除草劑成本
- 更高的施用靈活性，不受時間、氣候及土壤的影響

如何正確操作 Nutrigation™

基本概念

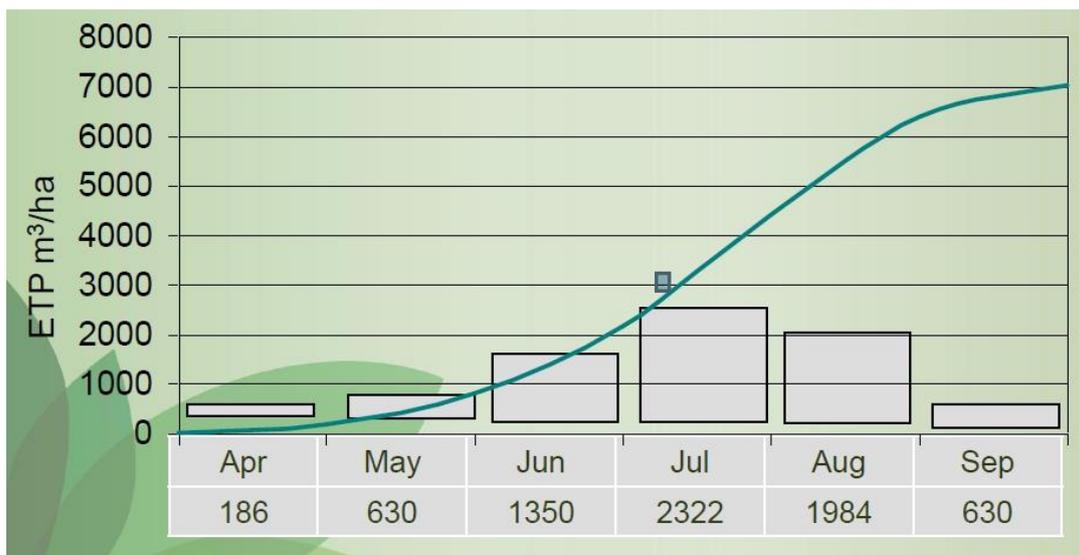
- 依據作物需求施肥
- 營養攝取率是作物特定
- 沒有養分可以被取代
- 營養元素供作物即時使用
- 營養元素缺乏或延遲將會導致產量或品質下降

養液配方必須考慮水分管理及營養元素需求

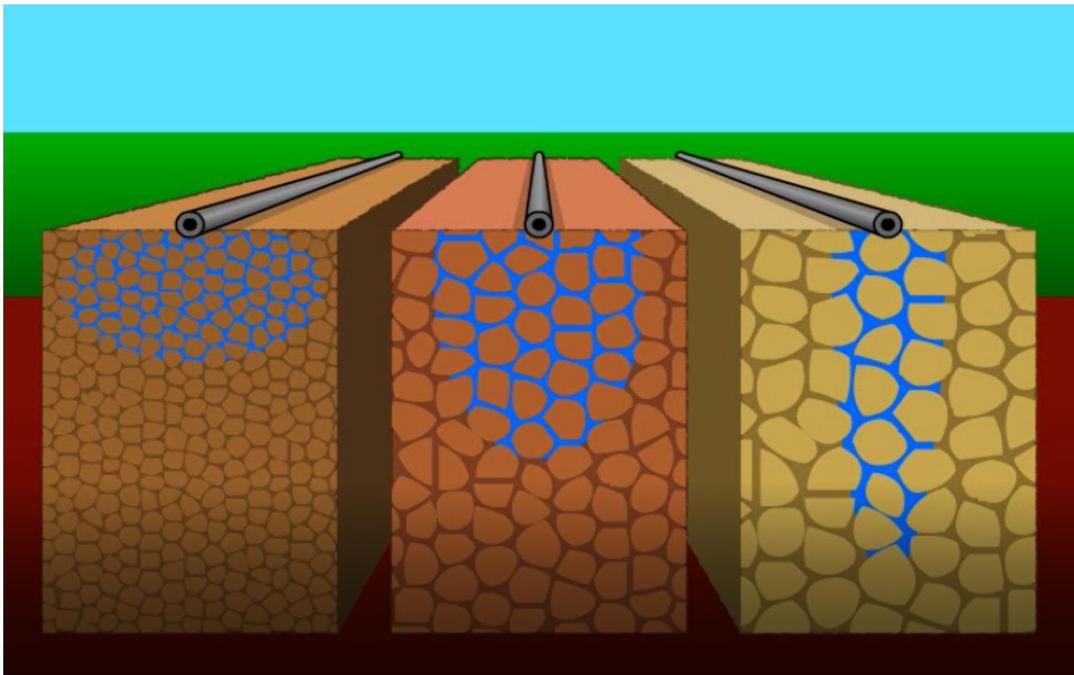
水分管理：依據生長季節、總需水量、灌溉率及灌溉間隔制定灌溉計畫。

良好的Nutrigation™計畫基於適當的水分管理，必須考慮：

- 作物水分需求與蒸發散速率成正比，取決於作物種類、生長發育階段及氣候條件(溫度、濕度、風及日輻射)



- 土壤類型影響水移動的方向和速度，因此設定灌溉率必須注意。



滲透緩慢、擴散範圍寬

滲透快、擴散範圍窄

- 灌溉設備的選擇取決於成本、土壤類型(滲透率、結構)、地形、可利用水壓、種植密度及根系。

灌溉系統的型式取決於每天的灌溉量和灌溉間隔。

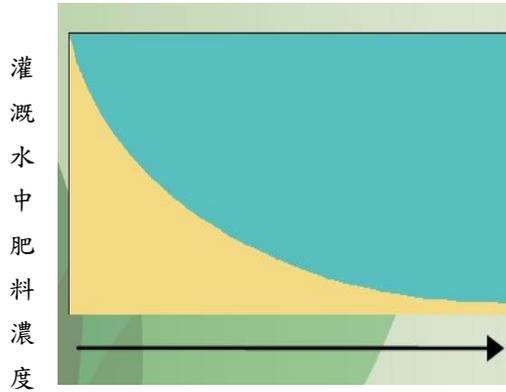
舉例：以色列沿海地區六月灌溉週期

作物	每日灌溉量 (m ³ /ha)	灌溉間隔 (天)			
		噴灌	微噴灌	滴灌	
				黏質土壤	砂質土壤
柑橘	35	35	12	6	5
酪梨	38	8	5	4	2

Nutrigation™ 方式

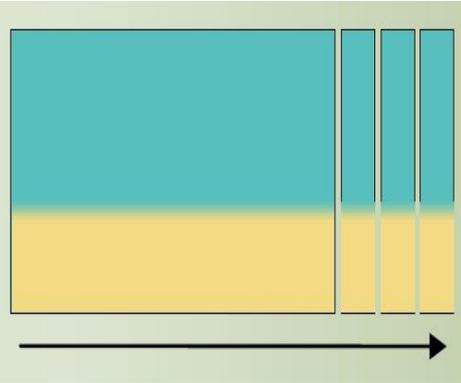
- 定量施肥

在灌溉期間一次施肥



- 比例式施肥

灌溉水中的肥料濃度固定



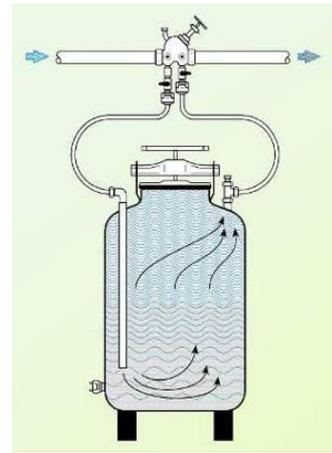
定量式 Nutrigation™

用於果樹或黏質土壤

- 種植者決定肥料的總數量
- 在灌溉期間的一段時間內一次施用
- 肥料濃度隨時間遞減

當肥料可以完全溶解時，使用 4 倍的肥料桶容量

可以將所有營養素供應到系統中。



優點：

- 低成本、維護簡單
- 不需要先溶解固態肥料
- 可以大量施用

缺點：

- 施用肥料的分佈可能不完全均勻。

比例式 Nutrigration™

用於砂質土壤

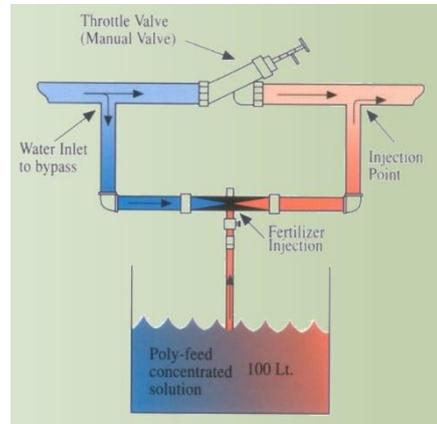
- 灌溉水中的肥料濃度固定

- 設備：

a. 文氏管

優點：

- 相對低成本及維護簡單
- 利用節流孔控制注肥濃度



缺點：

- 如果直接安裝於主管路會產生高壓力損失
- 相對低施肥率

b. 肥料泵(定比稀釋器或定量泵浦)

優點：

- 彈性施肥率
- 低壓力損失
- 精確控制養液濃度

缺點：

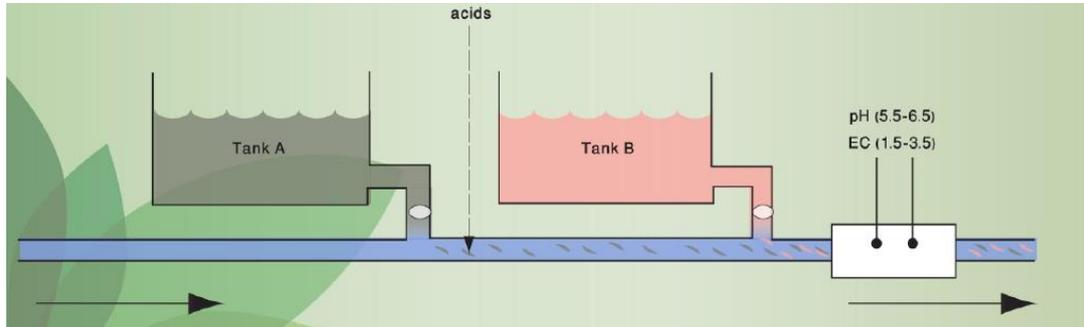
- 價格高
- 維護較複雜



介質栽培的 Nutrigation™

系統特點：

- 介質體積小 - 頻繁灌溉
- 非活性介質 - 每次灌溉都施肥
- 根圈限制 - 對水分及養分缺乏敏感度高
- 精密管理
- 肥料必須是最高品質和最高純度
- 營養成分必須準確
- 必須監測和調整 EC 和 pH 值以確保適當的生長條件
- 採用 A、B 桶以防止養液拮抗



總結

- 依據作物需求提供最適營養
 - 以精確的成分和比例提供植物營養
 - 持續供應植物營養，不會產生短暫性營養缺乏
 - 營養直接供應於根域
- 營養使用效率最大、損失最小
- 對土壤和地下水的污染降到最低
- 節省機器/人工施用
- 施肥靈活性高(時間、天氣、土壤)